

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2667880

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ИНОРОДНОГО ТЕЛА ВНУТРИ ПАЦИЕНТА ВНЕШНИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"Фармаг" (ООО "Фармаг") (RU)*

Авторы: *Демеш Дарья Николаевна (RU), Крицкий Александр
Александрович (RU), Долгов Леонид Викторович (RU),
Копелиович Дмитрий Бенедиктович (RU), Тишин Александр
Металлинович (RU)*

Заявка № 2017118208

Приоритет изобретения 25 мая 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 24 сентября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 25 мая 2037 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев


 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(52) СПК

A61B 1/00 (2006.01); A61B 34/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017118208, 25.05.2017

 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 25.05.2017

 Дата регистрации:
 24.09.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.05.2017

(45) Опубликовано: 24.09.2018 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

 143026, Москва, ул. территория
 инновационного центра "Сколково", 4, ООО
 "ЦИС "Сколково"

(72) Автор(ы):

 Демеш Дарья Николаевна (RU),
 Крицкий Александр Александрович (RU),
 Долгов Леонид Викторович (RU),
 Копелиович Дмитрий Бенедиктович (RU),
 Тишин Александр Металлинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

 Общество с ограниченной ответственностью
 "Фармаг" (ООО "Фармаг") (RU)

 (56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: KR 100540758 B1, 10.01.2006. US
 2007221233 A1, 27.09.2007. US 2015192241 A1,
 09.07.2015. US 2016278662 A1, 29.09.2016.
 СТАРИКОВСКИЙ А.В. и др. Считыватель
 для капсульного эндоскопического
 комплекса, СПЕЦТЕХНИКА И СВЯЗЬ,
 N 3, 2014, сс.52-58. RU 165065 U1, 27.09.2016.

 (54) УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ИНОРОДНОГО ТЕЛА ВНУТРИ ПАЦИЕНТА
 ВНЕШНИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

(57) Формула изобретения

 1. Устройство перемещения расположенного внутри тела пациента намагниченного
 объекта, включающее

 по меньшей мере четыре манипулятора, расположенные на едином основании
 попарно с каждой стороны рабочей области и выполненные с возможностью
 перемещения по линейным координатам X, Y, Z,

 при этом в каждом манипуляторе установлен источник постоянного магнитного
 поля с возможностью поворота по двум взаимно перпендикулярным осям,

 и процессорное устройство, выполненное с возможностью подачи управляющего
 сигнала на каждый манипулятор для согласованного перемещения источников
 постоянного магнитного поля.

 2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что в качестве объекта может выбран один
 из: эндоскопическая капсула, медицинский микроробот, лекарственный раствор с
 магнитными наночастицами, микро- или наноиглы, сенсор и стимулятор.

 3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что источник постоянного магнитного
 поля выполнен в виде по меньшей мере одного постоянного магнита.

4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что источник постоянного магнитного поля выполнен в виде электромагнита или электромагнита с сердечником.

5. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что источник постоянного магнитного поля выполнен в виде системы, включающей электромагнит и по меньшей мере один постоянный магнит.

6. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что манипулятор выполнен на основе пространственного механизма параллельной структуры.

7. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что манипулятор выполнен в виде манипулятора-трипода, который состоит из трех линейных приводов и привода вращения, который установлен в конечной точке линейных приводов, при этом привода вращения скомпонован для закрепления источника постоянного магнитного поля.

Сведения об изменениях или дополнениях
отражаются в документе об изменениях

ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ (дата регистрации) оригиналов документов заявки 25.05.2017г.	(21) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № 2017118208	ВХОДЯЩИЙ № 031445
(85) ДАТА ПЕРЕВОДА международной заявки на национальную фазу		
☐ (86) (регистрационный номер международной заявки и дата международной подачи, установленные получающим ведомством) ☐ (87) (номер и дата международной публикации международной заявки) ☐ (96) (номер евразийской заявки и дата ее подачи) ☐ (97) (номер и дата публикации евразийской заявки)	АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ <i>(полный почтовый адрес, имя или наименование адресата)</i> Российская Федерация, 143026 , Москва, ул. территория инновационного центра «Сколково», 4, ООО «ЦИС «Сколково» Телефон: +7(495)9560033 Факс: E-mail: patent@sk.ru	
ЗАЯВЛЕНИЕ о выдаче патента Российской Федерации на изобретение	В Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам Бережковская наб., д. 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993, Российская Федерация	
(54) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ИНОРОДНОГО ТЕЛА ВНУТРИ ПАЦИЕНТА ВНЕШНИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ		
(71) ЗАЯВИТЕЛЬ (фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии) физического лица или наименование юридического лица (согласно учредительному документу), место жительства или место нахождения, название страны и почтовый индекс)		
Общество с ограниченной ответственностью «Фармаг» (ООО «Фармаг») Российская Федерация, 142190, г. Троицк, ул. Промышленная, 4 ☐ Изобретение создано за счет средств федерального бюджета Заявитель является: ☐ государственным заказчиком ☐ муниципальным заказчиком исполнитель работ (Указать наименование) ☐ Исполнителем работ по: ☐ государственному контракту ☐ муниципальному контракту Заказчик работ (Указать наименование) Контракт от №		ИДЕНТИФИКАТОРЫ ЗАЯВИТЕЛЯ ОГРН: 1115003008768 КПП: 775101001 ИНН: 5046074798 СНИЛС: ДОКУМЕНТ: КОД СТРАНЫ: :RU
(74) ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ (указываются фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии) лица, назначенного заявителем своим представителем для ведения дел по получению патента от его имени в Федеральной службе по интеллектуальной собственности или являющееся таковым в силу закона)		☒ патентный поверенный ☐ представитель по доверенности ☐ представитель по закону
Фамилия, имя, отчество (последнее – при наличии) Котлов Дмитрий Владимирович Адрес Российская Федерация, 143026, Москва, ул. территория инновационного центра «Сколково», 4, ООО «ЦИС «Сколково» Срок представительства (если к заявлению приложена доверенность представителя заявителя, срок может не указываться):		Телефон: +7(495)9560033 Факс: Адрес электронной почты: dkotlov@sk.ru Регистрационный номер патентного поверенного: 1770
(72) Автор (указывается полное имя)	Адрес места жительства, включающий официальное наименование страны и ее код	
Тишин Александр Металлинович	Российская Федерация, 119415, Москва, пр-кт Вернадского, 37, корп. 1а, кв. 78 (RU)	
Копелиович Дмитрий Бенедиктович	Российская Федерация, 108840, г. Троицк, ул. Лесная,	

	5, кв. 5 (RU)
Долгов Леонид Викторович	Российская Федерация, 195197, Санкт-Петербург, пр-кт Маршала Блюхера, 8, корп. 1, кв. 176 (RU)
Крицкий Александр Александрович	Российская Федерация, 119313, Москва, ул. Гарибальди, 3, кв. 75 (RU)
Демеш Дарья Николаевна	Российская Федерация, 119415, Москва, ул. Удальцова, 7, корп. 2, кв. 162 (RU)

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛАГАЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ:	Кол-во л. в 1 экз	Кол-во экз.
☒ Описание изобретения	9	
☐ Перечень последовательностей		
☒ Формула изобретения	1	
☒ чертеж (и) и иные материалы фигуры чертежей, предлагаемые для публикации с рефератом	7	
☒ Реферат	1	
☒ копия документа, подтверждающего уплату патентной пошлины (пошлин) <i>(представляется по собственной инициативе заявителя)</i>	2	
☐ ходатайство о предоставлении права на освобождение от уплаты патентной пошлины или на уплату этой пошлины в уменьшенном размере		
☐ Копия первой заявки <i>(при испрашивании конвенционного приоритета)</i>		
☐ Перевод заявки на русский язык		
☐ Доверенность		
☐ согласие представителя заявителя на обработку его персональных данных		
☐ просьба автора(ов) не упоминать его (их) при публикации		
☐ Другой документ (указать наименование документа)		
☐ дополнительные листы к настоящему заявлению		
☐ копия документов заявки (описание, формула изобретения, чертежи (если имеются) и реферат) на машиночитаемом носителе <i>(указать вид носителя)</i> Подтверждаю, что копия документов заявки на машиночитаемом носителе является точной копией документов, представленных на бумажном носителе.		
☐ копия перечня последовательностей на машиночитаемом носителе <i>(указать вид носителя)</i> Подтверждаю, что копия перечня последовательностей на машиночитаемом носителе является точной копией перечня последовательностей, представленного на бумажном носителе.		
ЗАЯВЛЕНИЕ НА ПРИОРИТЕТ <i>(Заполняется только при испрашивании приоритета более раннего, чем дата подачи заявки)</i>		

Прошу установить приоритет изобретения по дате

1 ☐ подачи первой заявки в государстве - участнике Парижской конвенции по охране промышленной собственности (п. 1 ст. 1382 Гражданского кодекса Российской Федерации) (далее - Кодекс)

2 ☐ поступления дополнительных материалов к более ранней заявке (п. 2 ст. 1381 Кодекса)

3 ☐ подачи более ранней заявки (п. 3 ст. 1381 Кодекса) (более ранняя заявка считается отозванной на дату подачи настоящей заявки)

4 ☐ подачи/приоритета первоначальной заявки (п. 4 ст. 1381 Кодекса), из которой выделена настоящая заявка

№ первой (более ранней, первоначальной) заявки	Дата испрашиваемого приоритета на основании указанной заявки	Код страны подачи (при испрашивании конвенционного приоритета)

☐ Ссылка на вышеуказанную заявку № _____ приведена в качестве замены представления ☐ описания ☐ чертежей изобретения для установления даты подачи заявки

ХОДАТАЙСТВО ЗАЯВИТЕЛЯ:

☐ осуществить публикацию сведений о заявке ранее установленного срока (п. 1 ст. 1385 Кодекса)

☐ начать рассмотрение международной заявки ранее установленного срока (п. 1 ст. 1396 Кодекса)

☒ провести экспертизу заявки на изобретение по существу (п. 1 ст. 1386 Кодекса)

☐ Уплачена пошлина

☐ по п. ____ приложения к Положению о пошлинах.

☐ по п. ____ приложения к Положению о пошлинах.

Сведения о плательщике:

☐ Для физического лица:	☐ Для юридических лиц:
ИНН	ИНН
СНИЛС	КПП
Серия, номер документа,	КИО

удостоверяющего личность плательщика

(заполняется, если копия документа, подтверждающего уплату патентной пошлины, не прилагается к настоящему ходатайству)

Заявителю известно о том, что в соответствии с подпунктом 4 пункта 1 статьи 6 Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ "О персональных данных" Федеральная служба по интеллектуальной собственности осуществляет обработку персональных данных субъектов персональных данных, указанных в заявлении, в целях и объеме, необходимых для предоставления государственной услуги.

Настоящим подтверждаю, что у заявителя имеются согласия авторов и других субъектов персональных данных, указанных в заявлении, на обработку их персональных данных, приведенных в настоящем заявлении, в Федеральной службе по интеллектуальной собственности в связи с предоставлением государственной услуги. Согласия оформлены в соответствии со статьей 9 Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ "О персональных данных".

(Заполняется только заявителями по российским заявкам).

Заявителю известно, что с информацией о состоянии делопроизводства, в том числе о направленных заявителю документах, можно ознакомиться на сайтах Роспатента (www.rupto.ru) и ФИПС (www.fips.ru) в сети Интернет.

Подтверждаю достоверность информации, приведенной в настоящем заявлении.

Подпись

Подпись, фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии) заявителя или представителя заявителя, или иного уполномоченного лица, дата подписи (при подписании от имени юридического лица подпись руководителя или иного уполномоченного на это лица удостоверяется печатью при ее наличии).

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ИНОРОДНОГО ТЕЛА ВНУТРИ ПАЦИЕНТА ВНЕШНИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к медицинской технике, в целом к медицинской системе для дистанционного беспроводного управления движением инородного тела, расположенного внутри пациента, а конкретнее, к магнитной системе управления перемещением в пространстве и угловой ориентацией объекта, находящегося в теле человека, посредством внешнего магнитного поля.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Так как любое намагниченное тело или магнитная неоднородность может рассматриваться как магнитный диполь или их совокупность и испытывать силовое воздействие за счет приложенного внешнего магнитного поля, то имеет важное практическое значение возможность использования магнитных полей в качестве инструмента для управления перемещением и ориентацией указанных объектов, в частности, для медицинских применений.

В организм человека преднамеренно вводятся инородные тела, имеющие намагниченность, для выполнения различных задач. Управление ими с помощью внешнего магнитного поля позволяет безболезненно для пациента проводить различные диагностические и/или терапевтические процедуры.

Известны технические решения для создания управляемых магнитным полем эндоскопических капсул, когда магнитное управление осуществляется с помощью внешнего магнитного поля, создаваемого как электромагнитами, так и системами на основе постоянных магнитов. Например, подобные комплексы для проведения полностью управляемого капсульного эндоскопического обследования раскрыты в US20070221233 A1, опубл. 27.09.2007, US20100268026 A1, опубл. 21.10.2010, US20110054255 A1, опубл. 03.03.2011, US20110184235 A1, опубл. 28.07.2011.

Основными недостатками существующих систем являются невозможность манипулировать эндоскопической капсулой в ЖКТ с 6 степенями свободы, включая перемещение по всему желудочно-кишечному тракту, значительные габариты и масса установки.

Известна конфигурация магнитной системы управления с использованием одного постоянного магнита, позволяющая переориентировать капсулу в желудке (Arthur W Mahoney and Jake J Abbott: 5-DOF Manipulation of a Magnetic Capsule in Fluid using a Single Permanent Magnet: Proof-of- Concept for Stomach Endoscopy. In Hamlyn Symp. Med. Robot., pages 114- 115, 2013).

В известном решении применяется роботизированная «рука» - манипулятор, перемещающая один магнит. Как линейные перемещения, так и вращение магнита реализуются за счет вращений в суставах «руки». Использование одного магнита позволяет управлять ориентацией магнита эндоскопической капсулы, однако магнитная сила всегда направлена в сторону магнита манипулятора. Более того, присутствуют «мертвые зоны» и неудобные направления в рабочем пространстве.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения является манипулятор эндоскопической магнитоуправляемой капсулы (KR100540758 B1, опубл. 10.01. 2006), позволяющий перемещать и останавливать эндоскопическую капсулу в теле пациента. Манипулятор имеет 5 степеней свободы, две вращательные из которых реализуются за счет

двух узлов поворота, а три линейные (поперечное, продольное и вертикальное направление) – за счет узлов линейных перемещений. Устройство имеет два постоянных магнита, каждый из которых закреплен в струбине по обе стороны от пациента, выполненной с возможностью поворота и перемещения в вертикальной и продольной плоскостях. Струбина закреплена на рейке, установленной на вертикальной станине, при этом линейное перемещение постоянного магнита в поперечной плоскости происходит за счет перемещения станины вдоль основания.

Недостатками известного манипулятора является то, что расстояние между эндоскопической капсулой и внешним постоянным магнитом управляется вручную, поэтому возникает риск из-за ошибки оператора повредить стенки организма, когда капсула и магнит находятся на небольшом расстоянии друг от друга. Кроме того, использование двух магнитов, расположенных с противоположных сторон от пациента, не позволяет создать все возможные конфигурации поля, необходимые для эффективного управления капсулой. Несмотря на низкую стоимость и интуитивность этого подхода, данный манипулятор обладает низкой точностью и плохой воспроизводимостью.

Задачей, стоящей в данной области медицинской техники, на решение которой направлено предлагаемое техническое решение, является устранение указанных недостатков.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Технические проблемы, решаемые созданием изобретения, состоят в том, что существующие магнитные системы, осуществляющие управление движением инородного объекта с намагниченностью в теле пациента, обладают недостаточной точностью движения инструмента и манипуляционными возможностями в ограниченном пространстве, в связи с чем возникают «мертвые зоны» и невозможно создание в любой точке рабочего пространства системы любой наперед заданной конфигурации магнитного поля, включая величину и направление поля, значения всех компонентов градиента магнитного поля.

Технический результат, обеспечиваемый изобретением, заключается в повышении эффективности позиционирования объекта, обладающего намагниченностью, за счет реализуемости всех возможных направлений магнитной силы при произвольной ориентации объекта с достаточно большими по величине магнитными силами.

Технический результат достигается за счет того, что устройство управления движением объекта, имеющего намагниченность и находящегося внутри тела пациента, содержит по меньшей мере четыре источника постоянного магнитного поля, расположенных в области пространства, окружающей тело пациента, при этом каждый из источников обладает пятью степенями свободы и выполнен с возможностью автоматизированного управления его пространственным положением и угловой ориентацией с использованием обратной связи и учетом положения и ориентации объекта внутри пациента.

В различных вариантах воплощения изобретения в качестве объекта может быть использован(а) эндоскопическая капсула, медицинский микроробот, лекарственный раствор с магнитными наночастицами, микро или наноиглы, сенсор или стимулятор.

Кроме того, источник постоянного магнитного поля может быть выполнен в виде по меньшей мере одного постоянного магнита.

Кроме того, источник постоянного магнитного поля может быть выполнен в виде электромагнита или электромагнита с сердечником.

Кроме того, источник постоянного магнитного поля выполнен в виде системы, включающей электромагнит и по меньшей мере один постоянный магнит.

Устройство может быть выполнено таким образом, что каждый источник постоянного магнитного поля установлен в манипуляторе, закрепленном на едином общем основании. При этом конфигурация манипулятора может быть выполнена на основе пространственного механизма параллельной структуры.

В одном из вариантов воплощения изобретения манипулятор может быть выполнен в виде манипулятора-трипода, который состоит из трех линейных приводов и обеспечивает три степени свободы для управляемого координатного перемещения привода вращения, который установлен в конечной точке линейных приводов, при этом привод вращения скомпонован для закрепления источника постоянного магнитного поля и обеспечивает две угловые степени свободы для управляемой настройки углов поворота источника постоянного магнитного поля.

В одном из вариантов воплощения по меньшей мере четыре манипулятора-трипода установлены на едином общем основании попарно симметрично друг относительно друга.

Наличие по меньшей мере четырех источников постоянного магнитного поля с пятью степенями свободы каждый с возможностью работать попарно и сверху, и снизу от пациента (в случае если пациент находится в горизонтальном положении) при произвольных взаимных положениях и ориентациях обеспечивает возможность создания всех возможных конфигураций магнитного поля и возможность независимого задания направления и величины силы, действующей на объект, и направления поля, задающего угловую ориентацию объекта

Использование, например, с каждой противоположной стороны пациента двух и более источников магнитного поля на основе постоянных магнитов, в том числе, с 5 степенями свободы каждый, закрепленных в механической конструкции, обеспечивает возможность создания силы, направленной вдоль оси вдоль тела пациента, чего в принципе нельзя добиться с помощью одного источника магнитного поля.

Использование обратной связи для перемещения источников постоянного магнитного поля с учетом положения и ориентации объекта, определяемой с помощью одной из известных методик отслеживания положения объекта и его ориентации в режиме реального времени, позволят увеличить точность управления и позиционирования объектом заявляемым устройством (манипулятором).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Прилагаемые чертежи, которые включены в состав настоящего описания и являются его частью, иллюстрируют варианты осуществления изобретения и совместно с вышеприведенным общим описанием изобретения и нижеприведенным подробным описанием вариантов осуществления служат для пояснения принципов настоящего изобретения. На чертежах одинаковые позиции применяются для обозначения одинаковых частей.

На фиг. 1 представлен общий вид устройства с рабочей зоной, в качестве которой схематически принята область в виде цилиндра, с неподвижным основанием в одном из вариантов осуществления.

На фиг. 2 изображен эскиз заявляемого устройства, вид спереди и вид сзади.

На фиг. 3 представлен общий вид устройства с рабочей зоной, в качестве которой схематически принята область в виде цилиндра, с неподвижным основанием в одном из вариантов осуществления.

На фиг. 4 изображен эскиз заявляемого устройства.

На фиг. 5 изображен внешний вид механизмов перемещения источников магнитного поля.

На фиг. 6 представлен общий вид устройства с рабочей зоной, в качестве которой схематически принята область в виде цилиндра, с неподвижным основанием в одном из вариантов осуществления.

На фиг. 7 изображен механизм линейного перемещения с кронштейнами.

На фиг. 8 изображен механизм вращения источника магнитного поля.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ТЕРМИНЫ)

Термин «объект, имеющий намагниченность и находящий внутри тела пациента», в указанной заявке включает любой инородный объект, преднамеренно вводимый в пациента для различных целей, выполненный с возможностью управления внешним постоянным магнитным полем согласно изобретению. Неограничивающие примеры объекта включают эндоскопическую капсулу для диагностики пищевого тракта, медицинский микроробот, лекарственный раствор с магнитными наночастицами, используемыми для адресной доставки к нужной точке организма, для лечения различных заболеваний, микро или наноиглы, сенсор или стимулятор и другие.

Магнитные наночастицы, используемые в терапевтических целях, могут состоять, например, из ферромагнитных, ферримагнитных или суперпарамагнитных материалов, в частности, на основе оксидов железа со структурой шпинели (магнетит, маггемит). Магнитные наночастицы могут применяться для точечной доставки лекарственного препарата при использовании градиента магнитного поля, фокусирующего и притягивающего магнитные наночастицы к нужной точке организма человека.

Медицинские микророботы, функционирующие под управлением внешнего магнитного поля, способны выполнять ряд достаточно сложных работ, включая доставку лекарственных препаратов к месту назначения, проведение микрохирургических операций и выполнение других манипуляций с отдельными клетками организма.

Микро или наноиглы или другие хирургические инструменты по типу лапороскопии, используемые хирургом на микроуровне, могут быть использованы в качестве «объекта» для реализации функции управления движения ими посредством внешнего постоянного магнитного поля.

Сенсоры или стимуляторы, используемые для диагностических и/или терапевтических целях, обладающие намагниченностью, могут быть использованы в качестве «объекта» для реализации функции управления движения ими посредством внешнего постоянного магнитного поля.

Под признаком «постоянный магнит» в настоящем документе понимают постоянные магниты, выполненные из материалов, обладающих магнитными свойствами, на основе металлов, входящих в группу лантаноидов: Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Sm, Eu и других, обычно называемых редкоземельными. Предпочтительно использование неодимовых магнитов NdFeB и самарий-кобальт SmCo5, Sm2Co17, как наиболее высоко энергетичных.

Используемый в документе термин «пациент» охватывает все виды млекопитающих, предпочтительно человека.

Объект данного изобретения в зависимости от его функционального назначения и выполнения может быть введен в организм пациента перорально, ректально, парентерально, через небольшие (обычно 0,5–1,5 см) отверстия в теле пациента.

Под «областью пространства, окружающей тело пациента» в данной заявке понимают область, размеры которой ограничены масштабом силы источников постоянного магнитного поля для создания требуемой конфигурации магнитного поля в заданной точке.

В качестве «рабочей области» в данной заявке схематически принята область в виде цилиндра диаметром примерно 500 мм.

Под «эффективным управлением объекта» в данной заявке понимают управление, при котором существует возможность, во-первых, создания силы от нуля до определенной величины (это зависит от конкретного применения, но для примера можно говорить о силе порядка веса объекта) в произвольном направлении, и во-вторых, возможность независимо от направления силы произвольно ориентировать направление силовых линий поля, что задает угловую ориентацию объекта. При этом масштаб силы определяется размером источников постоянной магнитного поля в системе, а произвольность направления силы и произвольность направления поля – количеством источников постоянного магнитного поля и возможностью их согласованно перемещать.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В общем, настоящее изобретение предлагает устройство для генерации магнитного поля, вектор которого имеет произвольные контролируемые величину и направление в заранее заданной области пространства, и может быть использовано, в частности, для управления объектом, имеющим намагниченность, в том числе, для изменения его пространственного положения и угловой ориентации.

Управление движением объекта осуществляется внешним магнитным полем, которое создается по меньшей мере четырьмя источниками постоянного магнитного поля, обладающими пятью степенями свободы и расположенных в области пространства, окружающей тело пациента.

Для реализации устройства управления движением объекта, имеющим намагниченность и находящимся внутри тела пациента и имитации его работы, была разработана структурная схема макета (фиг.1, 2, 6). Схема содержит исследуемый объект (на фигурах условно показана рабочая область 400 в виде цилиндра, в которой находится объект), источники постоянного магнитного поля 300, установленные в по меньшей мере четырех манипуляторах 100, закрепленных на едином общем основании 200 симметрично друг относительно друга, а также не показанные на фигурах датчики для определения положения и ориентации объекта, блок предварительной обработки сигналов с датчиков и процессорное устройство, выполненное с возможностью управления перемещением в пространстве и угловой ориентацией объекта за счет изменения положения источников постоянного магнитного поля 300 путем подачи управляющих сигналов для манипуляторов 100, генерации траектории движения объекта, определения показания датчиков на каждом шаге траектории (прямая задача магнитной локации) и по этим показаниям вычисления теоретического положения и ориентации объекта (обратная задача).

В качестве манипуляторов 100 предпочтительно использовать манипуляторы, выполненные на основе пространственного механизма параллельной структуры, более предпочтительно манипуляторы-триподы.

Кинематическая схема механической конструкции для закрепления источников постоянного магнитного поля обеспечивает значительную жесткость, и, следовательно, точность перемещений при условии большой массы источника и значительных сил взаимодействия между близко расположенными источниками магнитного поля. Конструкция позволяет исключить неконтролируемое сближение источников магнитного поля со «схлопыванием» магнитной системы и непроизвольного нанесения вреда пациенту (защемления отдельных участков тела). Одновременно кинематическая схема обеспечивает большой диапазон перемещений по каждой степени свободы каждого источника магнитного поля.

Конструкция устройства управления объектом упрощает доступ пациента (врача) в рабочую область за счет возможности удобного помещения пациента в систему сбоку (исключения психологического дискомфорта при обследовании и лучший визуальный доступ врача к обследуемой области).

На фигурах 1, 2, 6 представлены варианты воплощения механической конструкции согласно изобретению, которые различаются как геометрией неподвижного основания 200, так и механизмом манипулятора-трипода 100.

Механизм манипулятора-трипода 100 имеет 5 степеней свободы.

Манипулятор-трипод 100 (фиг. 2) представляет собой три звена 101 переменной длины, одни концы которых закрепляются на опорной раме 201 неподвижного основания 200, а другие концы связаны между собой в конечной точке площадкой выходного звена 102. Таким образом, образуется подвижная структура, позволяющая осуществлять линейные перемещения в пространстве источника магнитного поля 300, который монтируется в указанную конструкцию. Для обеспечения поворота на площадку выходного звена 102 закрепляется механизм поворота источником магнитного поля 103.

Фактически, манипулятор 100 построен в виде пирамиды, ребрами которой являются три электромеханических привода (актуатора), обеспечивающие три степени свободы, соответствующие пространственным координатам, в конечной точке которых установлены два электромеханических привода вращения относительно взаимно перпендикулярных осей, обеспечивающие две вращательные степени свободы.

В качестве электромеханических приводов могут применяться любые приводы на основе синхронной или асинхронной электромашин с аксиальным или радиальным магнитным потоком.

На фиг. 1 показан один из вариантов реализации манипулятора-трипода 100, в котором используется линейный привод с зубчатым ремнем с кареткой. Каждый из трех приводов приводится в движение синхронным сервоприводом (не показан). К кареткам линейных приводов крепятся тяги, например, углепластиковые, на сферических шарнирах. С противоположной стороны тяги соединяются с площадкой выходного звена.

Также одним из вариантов выполнения манипулятора - трипода 100 (на фиг. 3) является использование шагового двигателя.

Механизм линейного перемещения (фиг. 8) состоит из двух рельсов и двух кареток, одного винта с гайкой, установленного на подшипниковых опорах. Шаговый двигатель соединен с винтом посредством шкивов и зубчатого ремня. В качестве основания может быть применен алюминиевый профиль. В крайних положениях каретки применены бесконтактные концевые выключатели.

Управляя взаимосвязано всеми тремя приводами по определенному закону, возможно осуществлять перемещения выходной площадки 102 в пространстве. Жесткая конструкция позволяет добиваться высокой точности перемещений, а также оптимально распределять усилия.

Для осуществления поворота источника магнитного поля 300 в рабочем диапазоне углов $\pm 360^\circ$ на выходном звене манипулятора-трипода предусмотрена функция четвертого и пятого приводов (поворотных). Приводы обеспечивают две угловые степени свободы источника магнитного поля, а также высокую динамику и точность поворота.

Основание одного поворотных приводов жестко закреплено на площадке выходного звена. На поворотном траверсе данного привода закреплен второй привод вращения источника магнитного поля относительно оси симметрии источника.

Механизм вращения источника магнитного поля в одном из вариантов выполнения (фиг. 9) состоит из шаговых двигателей, редуктора и зубчатой передачи (может быть применена вместо второго редуктора, для уменьшения габаритов узла). Дополнительно для разгрузки валов редуктора и двигателя могут быть установлены подшипники.

Используя эти две вращательные степени свободы в сочетании с тремя поступательными (X,Y,Z), можно добиться практически любого направления силовых линий магнитного поля в пространстве, предпочтительно, в заранее заданной точке рабочей области, и, следовательно, управлять объектом с высокой эффективностью.

Неподвижное основание 200 заявленного устройства, в общем, представляет собой сборный рамный каркас. Каркас состоит из отдельных функциональных частей, в частности, двух симметричных опорных рам 201 для крепления концов звеньев по меньшей мере двух манипуляторов-триподов 100 на каждом, и опорно-удерживающей части 202.

Опорные рамы 201 и опорно-удерживающая часть 202 могут быть выполнены различной геометрической формы, обеспечивающей возможность манипуляции одним предметом одним устройством в одной перекрещивающейся рабочей области.

Например, в одном из вариантов осуществления (фиг. 1), опорная рама состоит из двух жестко связанных частей. Каждая из частей изготовлена из двух равнобедренных треугольников. Одна из боковых сторон каждого треугольника является длинной стороной прямоугольника, расположенного между ними. Стык между частями рам осуществляется по короткой стороне прямоугольника.

Концы звеньев по меньшей мере двух манипуляторов-триподов 100 закреплены в углах при основании равнобедренных треугольников разных частей рамы.

Опорно-удерживающая 202 часть выполнена в виде одной вертикальной стойки, жестко связанной с обоими опорными рамами, расположенным симметрично.

Схема устройства для генерации магнитного поля с неподвижным основанием подобной конструкции обеспечивает механическую жесткость узлов пространственного перемещения и наличия доступа к пациенту с боковой стороны.

Также возможен схожий с описанным выше вариант выполнения неподвижного основания 200, представленный на фиг.3.

Габаритные размеры каркаса могут составлять, ориентировочно, 1500×1500×2000 мм.

В другом варианте воплощения (фиг.6) опорная рама представляет собой две пересекающиеся рамы прямоугольной формы с перекладинами. Опорно-удерживающая часть 202 выполнена в виде четырех рам прямоугольной формы с перекладинами, жестко связанными с обоими опорными рамами 201. Отдельные части соединяются посредством стандартного крепежа и усиливаются при помощи раскосов.

Конструкция выполнена таким образом, что является универсальной с точки зрения использования источников магнитного поля. Источник магнитного поля 300 может быть выполнен в виде по меньшей мере одного постоянного магнита, электромагнита или электромагнита с сердечником, в виде системы, включающей электромагнит и по меньшей мере один постоянный магнит.

Конкретное исполнение устройства, а именно, расположение, сочетание и форма источников постоянного магнитного поля зависит от особенностей процесса, в котором применяется устройство, в том числе, от введенного в пациента объекта.

Форма источников постоянного магнитного поля может быть различной (диски, параллелепипеды, кубы, сегменты, кольца), однако предпочтительно использовать источники в форме параллелепипедов.

Ниже представлено описание структурной схемы (один из вариантов) заявляемого устройства, используемой для проверки работоспособности численного алгоритма нахождения положения и ориентации магнитного диполя.

В качестве объекта использована эндоскопическая капсула. Схема устройства включает четыре манипулятора-трипода для управления в пространстве четырех постоянных магнитов, которые имеют 5 степеней свободы – 3 пространственных и 2 угловых. Использование устройства на основе постоянных магнитов имеет существенное преимущество перед электромагнитными системами в первую очередь по массе (до 3х раз ниже при создании тех же усилий) и по потребляемой мощности (до 2-3 раз).

Подобная конструкция устройства позволяет создать в рабочей области магнитные силы в различных возможных направлениях при произвольном направлении самого вектора поля, что позволит с высокой эффективностью управлять эндоскопической капсулой.

В качестве рабочей области принята область в виде цилиндра диаметром 500 мм.

В данной конструктивной схеме устройства размер магнита составлял $\varnothing 100 \times 180$ мм, намагничен аксиально, марка материала N40, масса 10.6 кг.

В связи с тем, что для достижения управляемости эндоскопической капсулы значение градиента поля рассчитывается исходя из того, что значение магнитной силы должно быть сравнимо со значением веса эндоскопической капсулы, постоянные магниты заявляемого устройства не могут располагаться к оси указанной выше рабочей области ближе, чем 250 мм.

В случаях, когда два манипулятора-трипода располагаются рядом, минимальное расстояние между источниками постоянного магнитного поля составляет около 100 мм.

Устройство работает следующим образом.

Положение капсулы и ее ориентация отслеживаются в реальном времени с помощью одной из нескольких возможных методик

1) измерение поля от постоянного магнита капсулы либо ее магнитного каркаса с помощью системы внешних датчиков магнитного поля, или

2) измерение отклика расположенной в капсуле либо её магнитном каркасе катушки на радиочастотный сигнал внешней излучающей катушки с помощью системы внешних детекторов,

3) методом измерения задержки сигнала от двух радиопередатчиков.

В одном из возможных вариантах реализации схемы для случая ручного управления, в частности, с применением джойстика, оператор получает сигнал видеокамеры эндоскопической капсулы и относительно изображения на экране процессорного устройства с помощью джойстика дает команды переместиться и/или повернуть видеокамеру (то есть, и эндоскопическую капсулу). Одновременно система датчиков устанавливает координаты и углы. Эти значения используются процессорным устройством для пересчета команд джойстика в систему координат, связанную с манипулятором, и вычисления конфигурации источников поля, требуемой для создания нужной силы и ориентации капсулы в данной точке.

Процессорное устройство также учитывает ограничения, связанные с взаимным расположением манипуляторов (непересечение конструктивных элементов в процессе движения), безопасностью (не сводить источники постоянного магнитного поля вплотную, не проникать в зону расположения пациента, не создавать излишнего усилия на стенку ЖКТ, плавностью движения капсулы (при переходе в новое положение манипуляторов возможны разные последовательности движений, и они должны быть проверены на предмет отсутствия нестабильности или, например, резких рывков в положении или ориентации капсулы).

Возможно варианты реализации схемы устройства, основанные на роботизированном управлении манипулятора без участия оператора.

Приведенное описание примерного варианта осуществления дает общее представление о принципах конструирования, функционирования, изготовления и применения устройства, предлагаемого настоящим изобретением. По меньшей мере, один пример из данных вариантов осуществления проиллюстрирован прилагаемыми чертежами. Специалистам в данной области техники очевидно, что конкретные устройства, описанные в настоящем документе и проиллюстрированные на прилагаемых чертежах, представляют собой неограничивающие примерные варианты осуществления, и что объем настоящего изобретения определяется исключительно формулой изобретения. Признаки, проиллюстрированные или описанные в связи с одним примерным вариантом осуществления, можно объединять с признаками других вариантов осуществления. Предполагается, что такие модификации и изменения находятся в пределах объема настоящего изобретения.

1 Устройство управления движением объекта, имеющего намагниченность и находящегося внутри тела пациента, содержащее по меньшей мере четыре источника постоянного магнитного поля, расположенных в области пространства, окружающей тело пациента, при этом каждый из источников обладает пятью степенями свободы и выполнен с возможностью автоматизированного управления его пространственным положением и угловой ориентацией с использованием обратной связи и учетом положения и ориентации объекта внутри пациента.

2 Устройство по п. 1, отличающееся тем, что в качестве объекта может выбран один из: эндоскопическая капсула, медицинский микроробот, лекарственный раствор с магнитными наночастицами, микро или наноиглы, сенсор и стимулятор.

3 Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник постоянного магнитного поля выполнен в виде по меньшей мере одного постоянного магнита.

4 Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник постоянного магнитного поля выполнен в виде электромагнита или электромагнита с сердечником.

5 Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник постоянного магнитного поля выполнен в виде системы, включающей электромагнит и по меньшей мере один постоянный магнит.

6 Устройство по любому из пунктов 1-5, отличающееся тем, что каждый источник постоянного магнитного поля установлен в манипуляторе, закрепленном на едином общем основании.

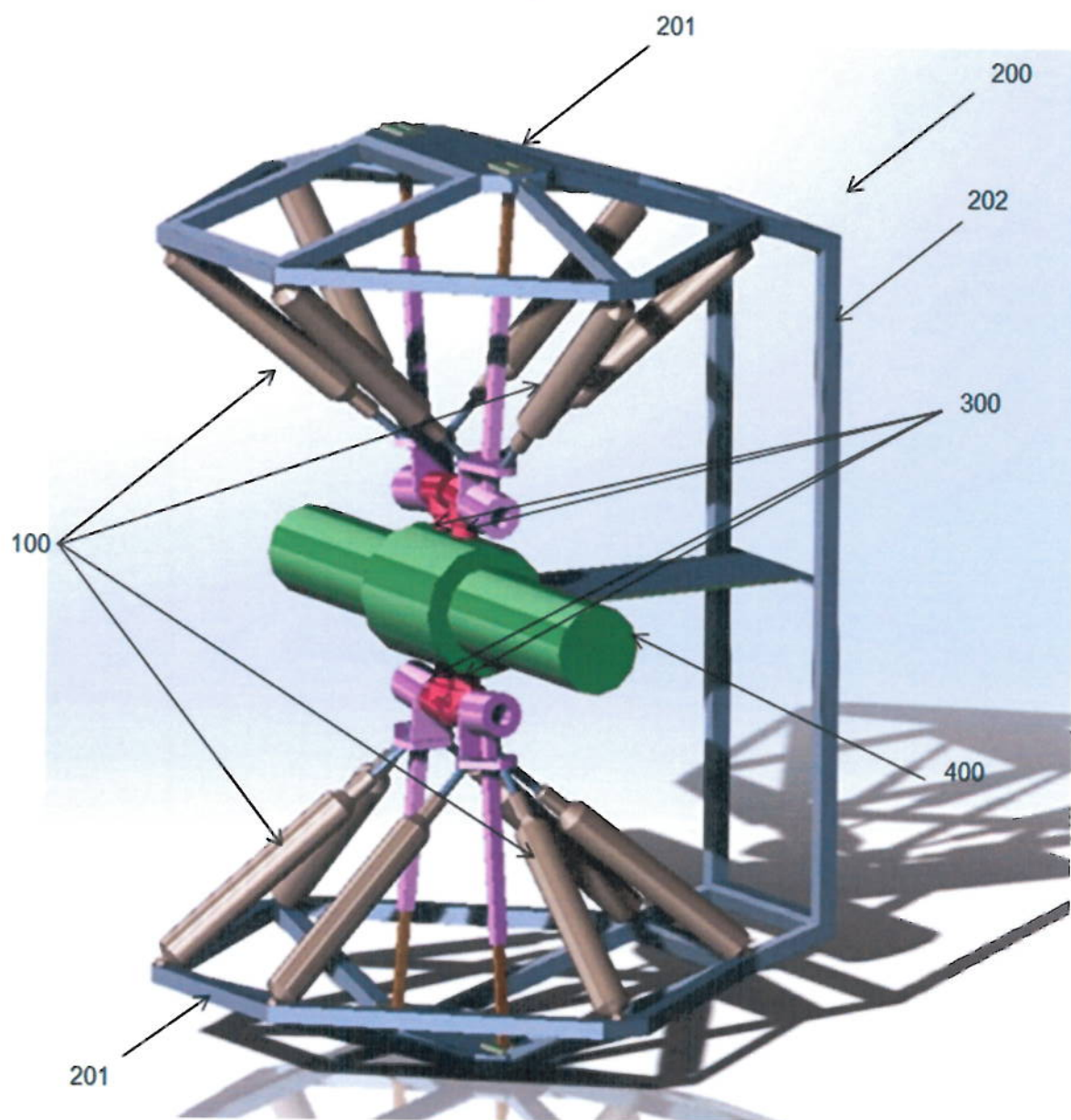
7 Устройство по п. 6, отличающееся тем, что манипулятор выполнен на основе пространственного механизма параллельной структуры.

8 Устройство по п. 7, отличающееся тем, что манипулятор выполнен в виде манипулятора-трипода, который состоит из трех линейных приводов и обеспечивает три степени свободы для управляемого координатного перемещения привода вращения, который установлен в конечной точке линейных приводов, при этом привод вращения скомпонован для закрепления источника постоянного магнитного поля и обеспечивает две угловые степени свободы для управляемой настройки углов поворота источника постоянного магнитного поля.

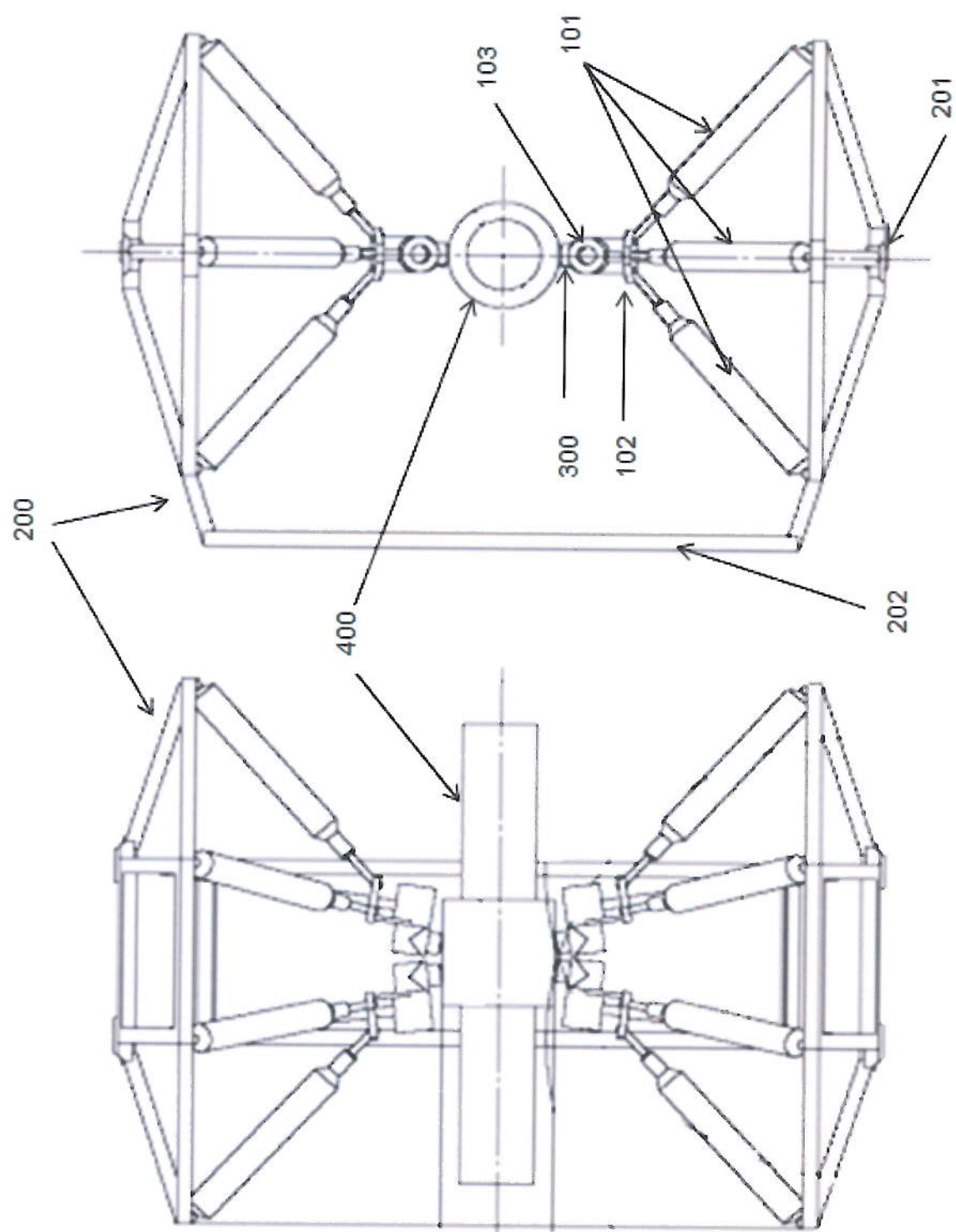
9 Устройство по п. 8, отличающееся тем, что по меньшей мере четыре манипулятора-трипода установлены на едином общем основании попарно симметрично друг относительно друга.

РЕФЕРАТ

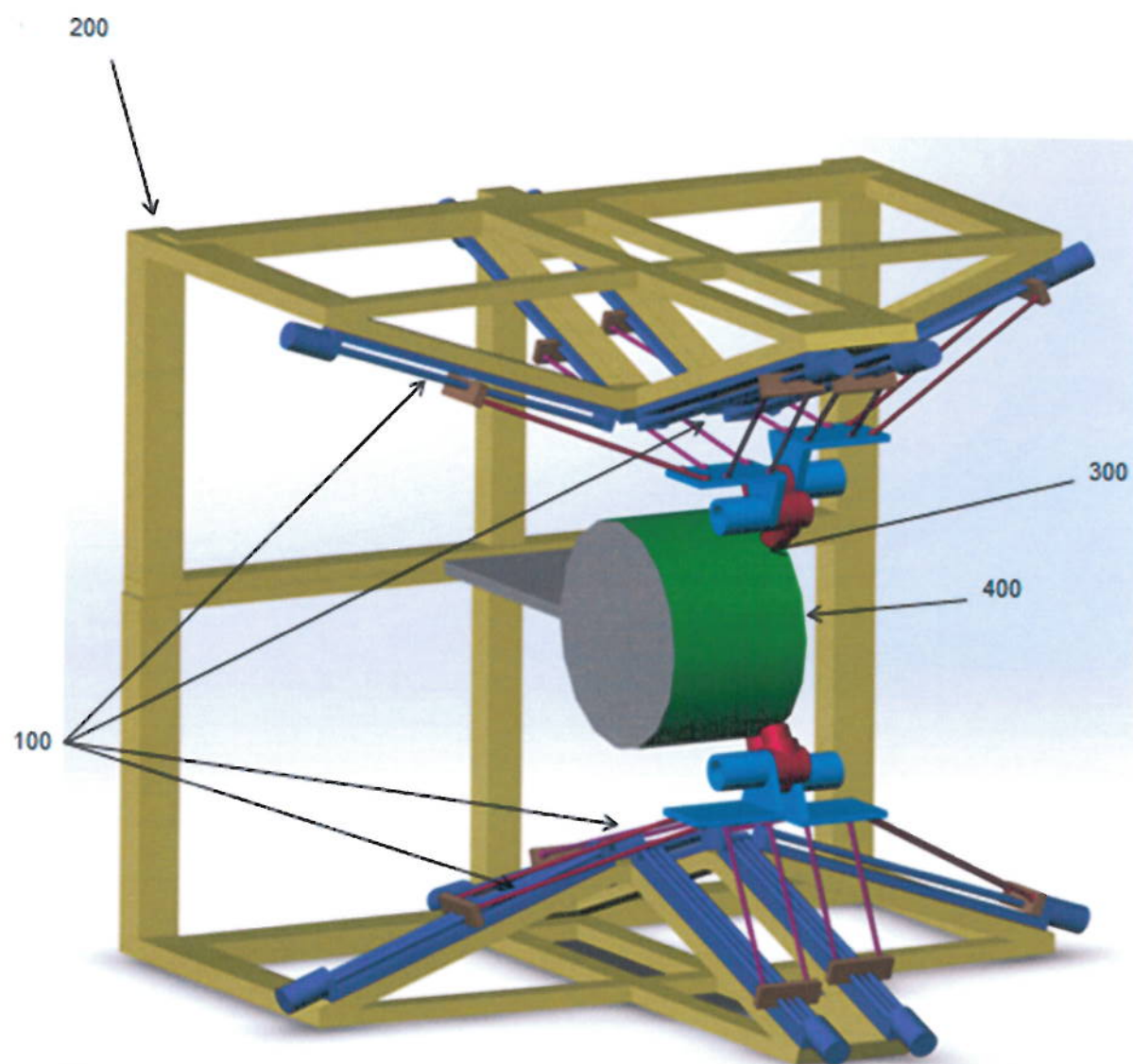
Настоящее изобретение относится к медицинской технике, в целом к медицинской системе для дистанционного беспроводного управления движением инородного тела, расположенного внутри пациента, а конкретнее, к магнитной системе управления перемещением в пространстве и угловой ориентацией объекта, находящегося в теле человека, посредством внешнего магнитного поля. Устройство управления движением объекта, имеющего намагниченность, содержит по меньшей мере четыре источника постоянного магнитного поля, расположенных в области пространства, окружающей тело пациента. При этом каждый из источников обладает пятью степенями свободы и выполнен с возможностью автоматизированного управления его пространственным положением и угловой ориентацией с использованием обратной связи и учетом положения и ориентации объекта внутри пациента. Использование изобретения позволит повысить эффективность позиционирования объектом внутри тела пациента.



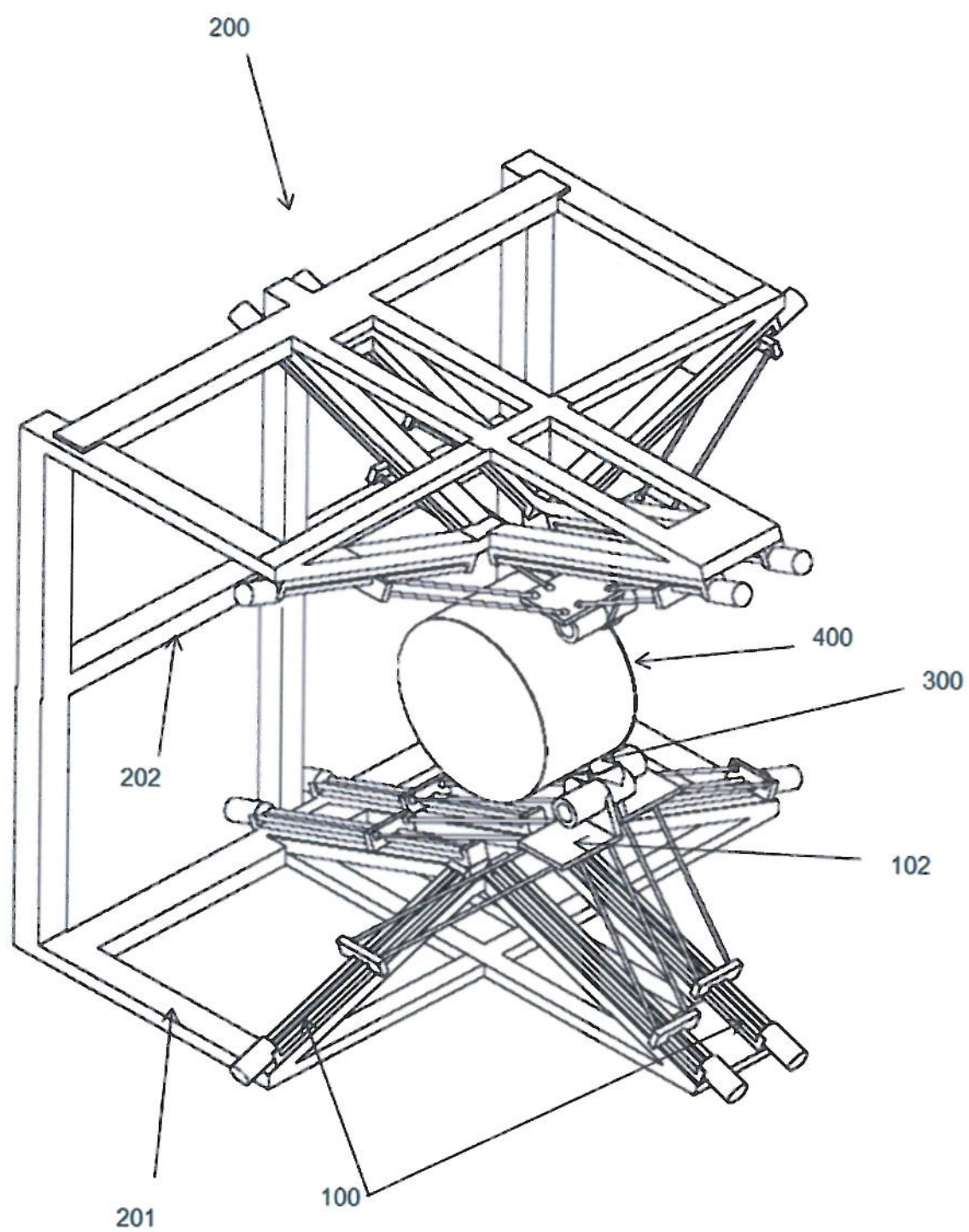
Фиг.1



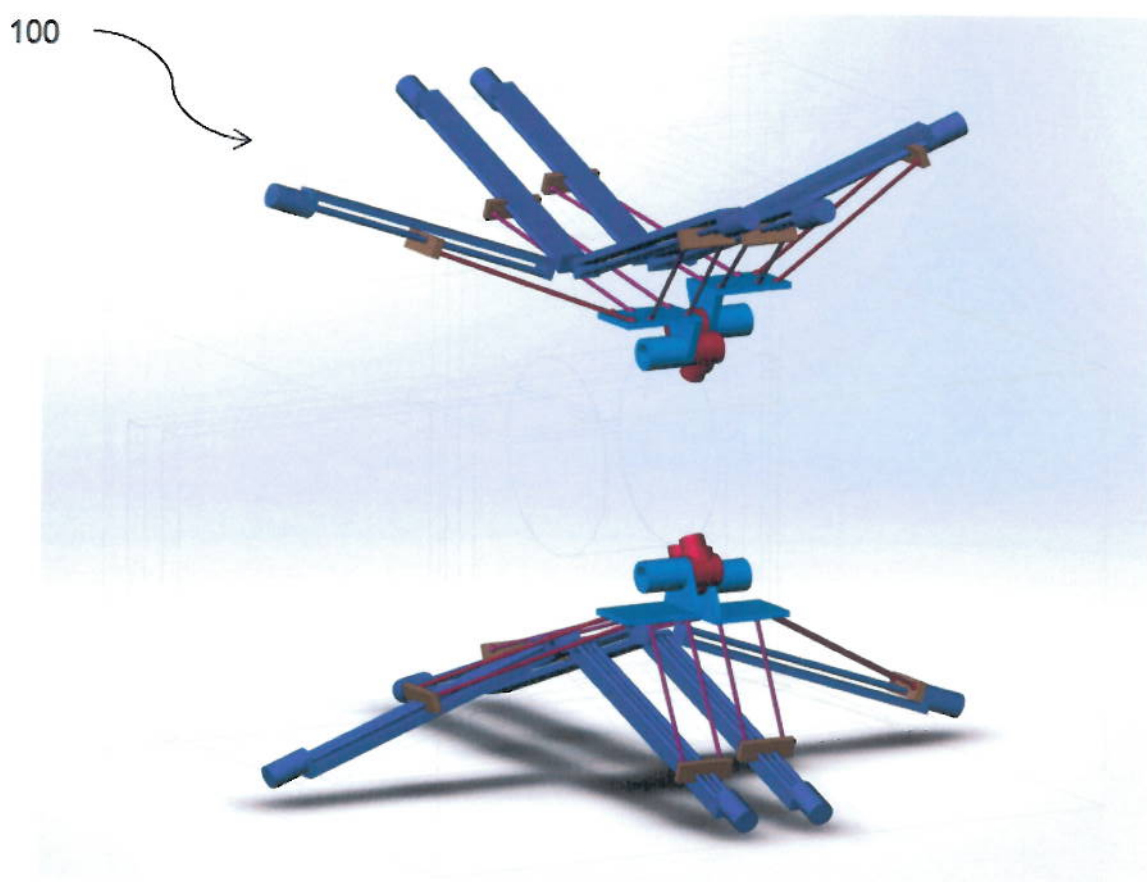
Фиг. 2



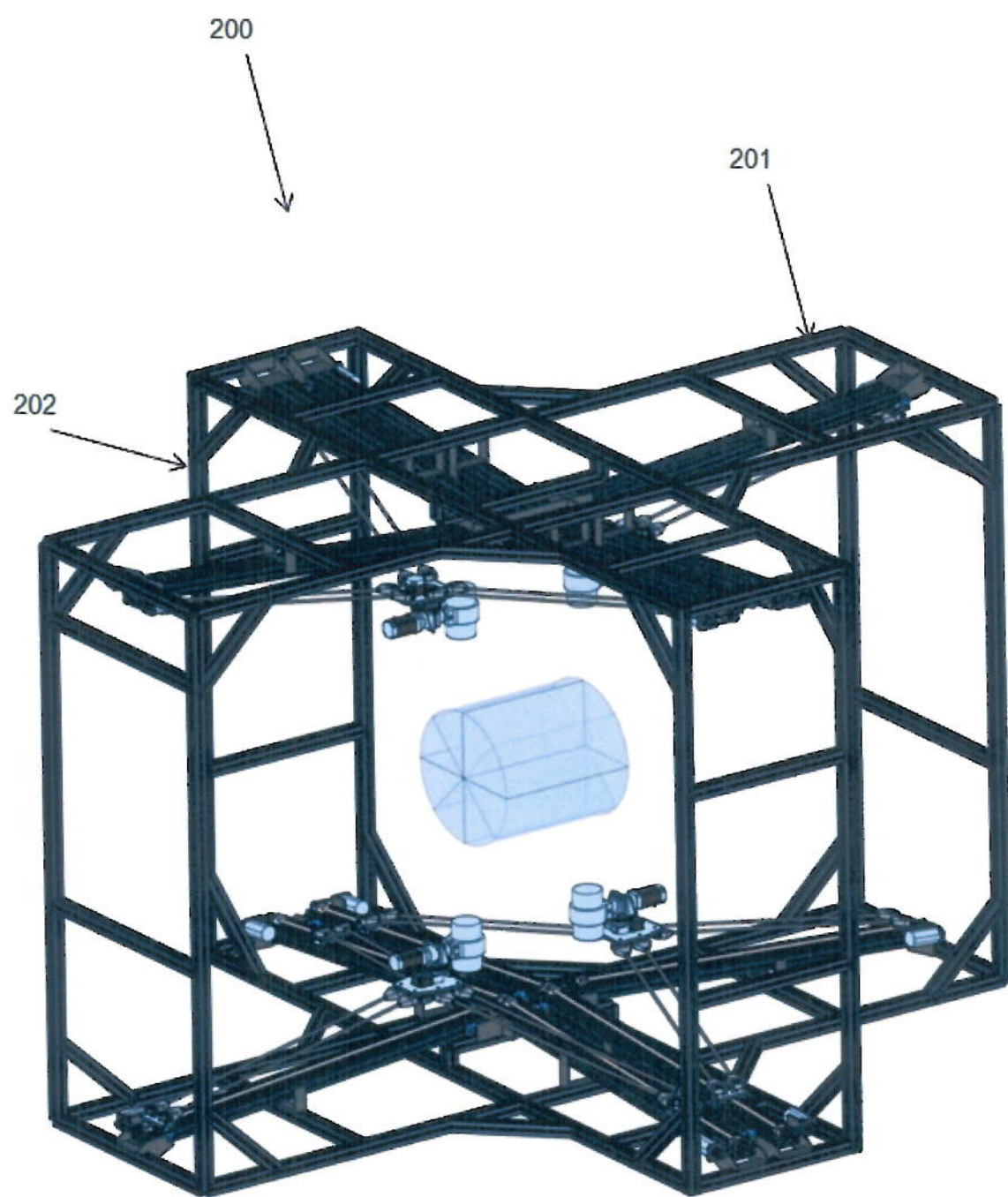
Фиг. 3



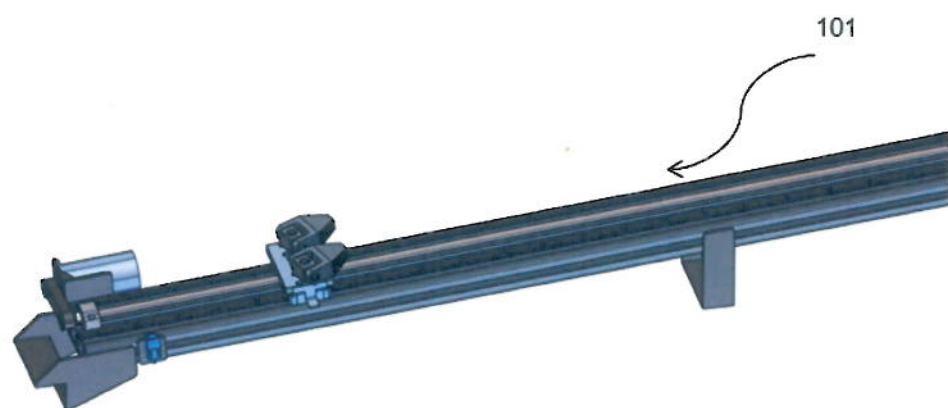
Фиг. 4



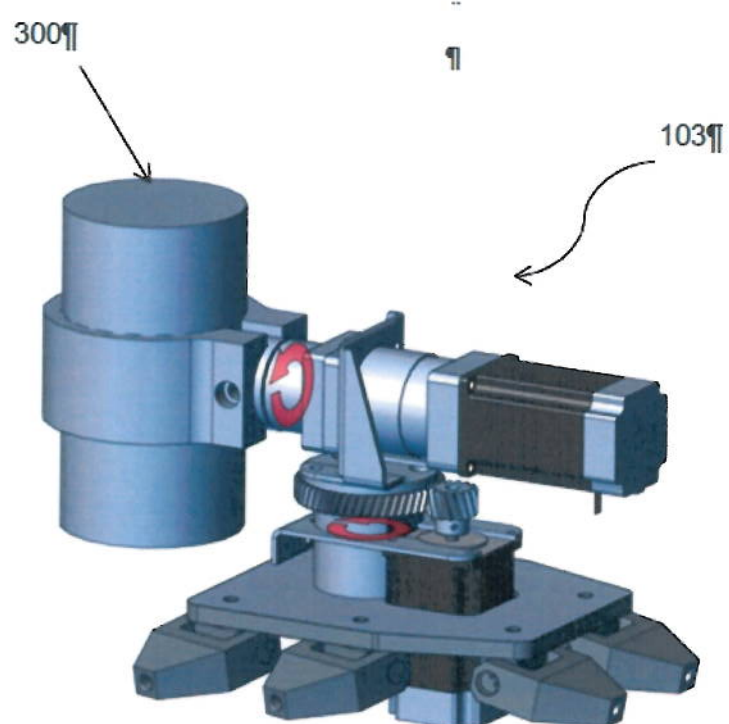
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8