



(51) МПК
H02K 31/02 (2006.01)
H02K 55/04 (2006.01)
H02K 3/04 (2006.01)
H02K 7/116 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013153743/07, 05.04.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
17.05.2011 AU 2011901892;
17.02.2012 AU 2012900594

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2015 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 20.07.2016 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 1255838 A, 05.02.1918. GB 1181821 A, 18.02.1970. US 2005077795 A1, 14.04.2005. WO 9519063 A1, 13.07.1995. RU 2160493 C1, 10.12.2000.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 17.12.2013

(86) Заявка РСТ:
AU 2012/000346 (05.04.2012)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/155175 (22.11.2012)Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, BOX-1125,
ПАТЕНТИКА

(72) Автор(ы):

ГУИНА Анте (AU),
 КЕЛЛС Джон (AU),
 ЛЭЙБС Курт (AU),
 ГОЛТ Стюарт (AU),
 ДЕ БИР Йоханнес С. (AU),
 СЕРКОМБ Дэвид Б.Т. (AU),
 ФУГЕР Рене (AU)

(73) Патентообладатель(и):

ХЕРОН ЭНЕРДЖИ ПТЕ ЛТД (SG)

R U 2 5 9 1 8 4 2 C 2

(54) ТИХОХОДНАЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТУРБИНА

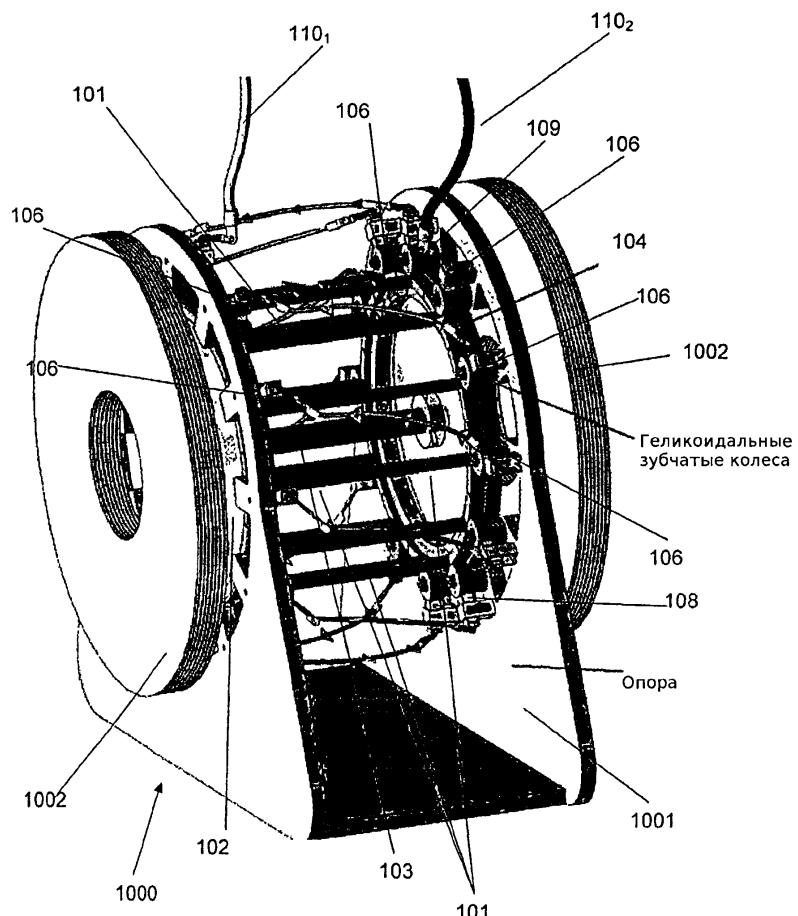
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству для производства электромеханической работы, в частности к электромагнитным турбинам. Технический результат - осуществление турбины, выполненной с возможностью функционирования в условиях относительно сильных магнитных полей. Турбина содержит по меньшей мере одну пару разнесенных в продольном направлении магнитных компонентов; барабанный узел, размещенный между магнитными компонентами и содержащий по меньшей мере один проводящий компонент; токопередающее устройство, сопряженное с указанным по меньшей мере одним

проводящим компонентом. Указанная по меньшей мере одна пара разнесенных в продольном направлении магнитных компонентов расположена с возможностью обеспечения области рабочего магнитного поля и определения области нулевого магнитного поля в пространстве между указанной по меньшей мере одной парой разнесенных магнитных компонентов. Области нулевого магнитного поля расположены вне области рабочего магнитного поля. Пропускание тока через указанный по меньшей мере один проводящий компонент посредством указанного токопередающего

устройства вызывает вращение барабана. 14 з.п.

ф-лы, 52 ил.



Фиг. 11

R U 2 5 9 1 8 4 2 C 2

R U 2 5 9 1 8 4 2 C 2

RU 2591842 C2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU (11) 2 591 842⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.
H02K 31/02 (2006.01)
H02K 55/04 (2006.01)
H02K 3/04 (2006.01)
H02K 7/116 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2013153743/07, 05.04.2012

(24) Effective date for property rights:
05.04.2012

Priority:

(30) Convention priority:
17.05.2011 AU 2011901892;
17.02.2012 AU 2012900594

(43) Application published: 27.06.2015 Bull. № 18

(45) Date of publication: 20.07.2016 Bull. № 20

(85) Commencement of national phase: 17.12.2013

(86) PCT application:
AU 2012/000346 (05.04.2012)

(87) PCT publication:
WO 2012/155175 (22.11.2012)

Mail address:

190000, Sankt-Peterburg, VOKH-1125,
PATENTIKA

(72) Inventor(s):

GUINA Ante (AU),
KELLS Dzhon (AU),
LEJBS Kurt (AU),
GOLT Styuart (AU),
DE BIR Jokhannes S. (AU),
SERKOMB Devid B.T. (AU),
FUGER Rene (AU)

(73) Proprietor(s):

KHERON ENERDZHI PTE LTD (SG)

R U 2 5 9 1 8 4 2 C 2

(54) LOW-SPEED ELECTROMAGNETIC TURBINE

(57) Abstract:

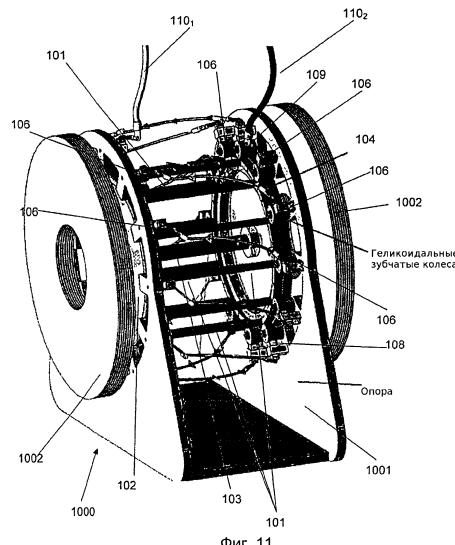
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to device for production of electromechanical operation, in particular to electromagnetic turbines. Turbine comprises at least one pair of spaced apart in lengthwise direction of magnetic components; drum assembly arranged between magnetic components and containing at least one conducting component; current conducting device coupled with said at least one conducting component. Said at least one pair of spaced apart in longitudinal direction of magnetic components is arranged to allow working area of magnetic field and determining zero magnetic field in space between specified at least one pair of spaced apart magnetic components. Areas of zero magnetic field are located outside region of working magnetic field. Passage of current through said at least one conducting component by said current conducting device causes rotation of drum.

EFFECT: technical result is performance of turbine

made with possibility of functioning under conditions of relatively strong magnetic fields.

15 cl, 52 dwg



Область, к которой относится изобретение.

Настоящее изобретение относится к устройству для производства электромеханической работы. В частности, предложенное изобретение относится к электромагнитным турбинам.

⁵ Уровень техники

Хорошо понятен аспект электромагнитной теории, согласно которому электрический ток, протекая по проводнику, наводит электромагнитное поле перпендикулярно направлению прохождения электрического тока. Благодаря наведенному магнитному полю на каждый из движущихся зарядов в электрическом токе воздействует сила. Сила, ¹⁰ действующая на каждый из этих движущихся зарядов, создает крутящий момент. На этом принципе основана работа таких устройств, как электродвигатели и генераторы.

Большинство типичных электродвигателей постоянного тока содержат три основных составляющих, а именно статор, якорь/ротор и коллектор. Обычно статор создает магнитное поле, взаимодействующее с полем, наведенным в якоре для обеспечения ¹⁵ движения. Коллектор обеспечивает переключение тока, протекающего в якоре, каждые пол оборота с переключением таким образом поля на якоре для поддержания его вращения в поле в одном направлении. Электродвигатель постоянного тока в его простейшем виде может быть описан следующими тремя отношениями:

$$e_a = K\Phi\omega$$

$$V = e_a + R_a i_a$$

$$T = K\Phi i_a$$

Где e_a - противодействующая ЭДС, V - напряжение, прикладываемое к двигателю, T - крутящий момент, K - постоянная двигателя, Φ - магнитный поток, ω - скорость ²⁵ вращения двигателя, R_a - сопротивление на якоре и i_a - ток на якоре.

Магнитное поле в типичном электродвигателе является постоянным (на статоре) и создается постоянными магнитами или катушками. По мере подведения тока к якорю/ротору происходит приложение силы $F = i_a B$ к каждому проводнику в якоре. Наведение противодействующей ЭДС происходит за счет относительной скорости изменения магнитного потока благодаря вращению проводников якоря в постоянном поле. ³⁰ Напряжение на обходе контура в якоре содержит противодействующую ЭДС, включая потери на сопротивление в обмотках. Таким образом, регулирование скорости вращения электродвигателя постоянного тока преимущественно осуществляют путем приложения напряжения V к якорю, в то время как крутящий момент пропорционален произведению ³⁵ магнитного потока и тока.

Таким образом, допустимо предположить, что для максимального увеличения крутящего момента электродвигателя постоянного тока достаточно увеличить магнитное поле, либо подаваемый ток. Однако фактически существуют ограничения. Например, величина магнитного поля, которое может быть создано посредством ⁴⁰ постоянных магнитов, ограничена рядом факторов. Для получения значительно более сильного поля от постоянного магнита физический размер магнита должен быть относительно большим (например, магнит 230 мм с градацией N35 обеспечивает создание поля нескольких килогауссов (кГс)). Значительно более сильные поля можно создать с применением множества магнитов, причем размеры и количество магнитов ⁴⁵ дополнительно увеличивает общий размер и вес системы. Как размер, так и вес двигателя являются критическими конструктивными аспектами в таких устройствах как системы электрических двигательных установок. Создание больших магнитных полей может быть реализовано путем использования обычных проволочных катушек, но их размер,

вес и влияние нагрева указывают на непрактичность использования обычных катушек.

Другим влияющим на крутящий момент фактором, который необходимо учитывать, является возникновение торможения, вызванное вихревыми токами в якоре/роторе. Вихревые токи возникают там, где есть временные изменения в магнитном поле,

- 5 изменение магнитного поля через проводник или изменения за счет относительного перемещения источника магнитного поля и проводящего материала. Вихревые токи наводят магнитные поля, противодействующие изменению первичного магнитного поля согласно правилу Ленца и вызывающие силы отталкивания или тормозящие силы между проводником и магнитом. Потери (Р) энергии, вызванные вихревыми токами в
- 10 случае простого проводника при условии равномерного материала и поля и при пренебрежении поверхностным эффектом, могут быть вычислены следующим образом:

$$P = \frac{\pi^2 B_P^2 d^2 f^2}{12 \rho D}$$

- 15 Где B_P - пиковая плотность магнитного поля, d - толщина или диаметр провода, ρ - сопротивление, σ - электрическая проводимость, μ - магнитная проницаемость, f - частота (изменения поля) и D - глубина проникновения.

Как видно из указанного уравнения по мере увеличения магнитного поля увеличиваются величина и воздействие вихревых токов, т.е. величина магнитного поля 20 пропорциональна торможению, возникающему вследствие вихревых токов. Кроме того, влияние оказывают напряженность поля, сопротивление и толщина проводящих компонентов в якоре. Выбор материала проводящих компонентов якоря в значительной степени может влиять на величину тока, прикладываемую к якорю.

В свете упомянутого согласно изобретению предложены устройство и система для 25 совершения электро-механической работы, выполненные с возможностью функционирования в условиях относительно сильных магнитных полей и преодолевающие по меньшей мере некоторые недостатки уровня техники.

Сущность изобретения

Для ясности целесообразно отметить, что в рамках описания изобретения термин 30 «турбина» относится к структуре, включающей по меньшей мере один ротор, производящий механическую работу в ответ на воздействие по существу равномерного поля.

Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения предложена турбина, содержащая:

- 35 пару магнитных компонентов, размещенных с возможностью отталкивания; барабанный узел, размещенный между магнитными компонентами и содержащий множество проводящих компонентов, размещенных по окружности барабана, причем проводящие компоненты соединены с образованием электрической цепи в барабане; а

40 пропускание тока через указанную электрическую цепь вызывает вращение барабана.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения предложена турбина, содержащая:

- пару магнитных компонентов, размещенных с возможностью отталкивания;
- множество барабанных узлов, размещенных между магнитными компонентами, 45 причем каждый барабанный узел включает множество проводящих компонентов, размещенных вокруг барабана, при этом проводящие компоненты соединены с образованием электрической цепи в каждом барабане, а барабаны электрически соединены друг с другом с образованием траектории протекания тока через турбину;

при этом

пропускание тока по указанной траектории протекания тока вызывает синхронное вращение барабанных узлов.

Предпочтительно, барабан(ы) установлены в опорах, смежных с магнитными

5 компонентами. Целесообразна установка барабана в опорах на валу. Вал выполнен с возможностью установки внутри барабана по существу соосно с продольной осью барабана(ов).

Целесообразно электрически изолировать проводящие компоненты, а также отделить их друг от друга с целью предотвращения короткого замыкания или прямотока.

10 Изоляция между проводящими компонентами может быть обеспечена множеством непроводящих разделительных компонентов. Целесообразно обеспечить размещение разделительных компонентов между каждым проводящим компонентом вокруг наружной окружности и периферией центрального отверстия кольцевого диска.

Проводящие компоненты могут быть по существу «I»-образными. «I»-образные 15 проводящие компоненты могут быть расположены на наружной периферии барабана с электрической изоляцией друг от друга. Предпочтительно, «I»-образные проводящие компоненты имеют верхнюю часть, нижнюю часть и удлиненное тело. Верхняя и нижняя части, как правило, дугообразные, при этом верхняя и нижняя части соответствующих проводящих компонентов образуют по существу кольцевую втулку. Вытянутое тело 20 каждого проводящего компонента, как правило, проходит параллельно оси вращения с формированием таким образом барабана.

Как таковая длина проводящих компонентов менее существенна, чем ее достаточность для взаимодействия с частью поля, проходящего перпендикулярно оси вращения.

25 Проводящие компоненты могут иметь поперечное сечение любой формы.

Электрическая цепь в барабане может быть образована путем соединения смежных проводящих компонентов посредством множества токопередающих компонентов, размещенных вокруг наружной периферии относительно периферии барабана.

Токопередающие компоненты могут быть соединены друг с другом последовательно 30 с обеспечением протекания тока в каждом из проводящих компонентов в одном направлении по каждому проводящему компоненту в барабане.

Каждый токопередающий компонент может содержать щеточный узел, присоединенный к зубчатой передачи. Целесообразно обеспечение взаимодействия зубчатой передачи с одним или несколькими зубчатыми колесами, размещенными на

35 противоположных концах барабана. Целесообразно обеспечение электрической изоляции зубчатых колес от проводящих компонентов. Зубчатая передача может содержать вал с установленным на нем зубчатым колесом, входящим в зацепление по меньшей мере с одним зубчатым колесом, размещенным на барабане. Вал также может быть соединен с роликом так, что в начале вращения барабана вращение, вызванное

40 зацеплением зубчатых колес, передается посредством вала на ролик, вызывая вращение ролика синхронно с барабаном. Альтернативно, зубчатое колесо может быть соединено с роликом, при этом ролик и зубчатое колесо, оба, поддерживаются на валу подшипниками так, что движение зубчатого колеса напрямую приводит во вращение ролик.

45 Щеточный узел может включать проводящую щетку, присоединенную к щетке предыдущего токопередающего компонента в электрической цепи, обычно по всей длине барабана с целью обеспечения протекания тока в одном направлении через соответствующие проводящие компоненты. Щетка может представлять собой щетку

с непрерывным металлическим волокном, обеспечивающую постоянную плотность тока более 310 A/cm^2 и функционирующую на скорости 70-100 м/с, которая имеет 5 см длины износа на более $2,5 \times 10^9$ метров траектории скольжения.

⁵ Щеточный узел может дополнительно содержать проводящий ролик, находящийся в сопряжении между щеткой и проводящими компонентами. Щеточный узел может также быть снабжен крепежным зажимом, прикрепленными к щетке, с возможностью присоединения к подходящей крепежной конструкции для поддержания положения щетки при работе ротора.

¹⁰ Магнитные компоненты представляют собой постоянные магниты. Постоянные магниты могут иметь диаметр 230 мм и градацию N35 с обеспечением максимального поля 3-5 кГс. Магнит осесимметрично намагничен с роторным узлом, установленным смежно с северным полюсом магнита.

¹⁵ Альтернативно, магнитные компоненты могут быть созданы из катушек, выполненных с использованием высокотемпературной сверхпроводящей (ВТСП) ленты. Катушки выполнены с возможностью создания магнитного поля в диапазоне от 1 до 2 Тл при силе питающего тока от 160 до 174 А. Целесообразно выполнение катушек с возможностью создания магнитного поля в диапазоне от 2 до 5.1 Тл при силе питающего тока от 180 до 500 А. Предпочтительно, катушки создают магнитное поле в диапазоне ²⁰ от 3 до 5 Тл при силе тока от 300 до 500 А.

²⁵ Магнитные компоненты могут иметь любую конфигурацию и быть размещены с возможностью похождения полярных осей по существу параллельно и, предпочтительно, соосно оси вращения барабана. Поэтому магнитные компоненты предпочтительно кольцевые, благодаря чему установочный вал (при наличии такового) может проходить через оба магнитных компонента и выступать из другого конца турбины, однако, такая конфигурация не обязательна.

Согласно еще одному аспекту настоящего изобретения предложена турбина, содержащая:

пару магнитных компонентов, размещенных с возможностью отталкивания;

³⁰ по меньшей мере пару барабанных узлов, размещенных между магнитными компонентами с возможностью вращения вокруг общей оси, причем первый барабанный узел содержит множество проводящих компонентов, размещенных по окружности барабана, а второй барабанный узел содержит множество проводящих компонентов, размещенных радиально от указанной оси, при этом проводящие компоненты второго барабанного узла размещены ближе к магнитным компонентам, чем проводящие ³⁵ компоненты первого барабанного узла;

причем проводящие компоненты соединены с образованием электрической схемы в барабане, а барабаны электрически соединены друг с другом с образованием траектории протекания тока через турбину; при этом

⁴⁰ пропускание тока по траектории протекания тока вызывает вращение барабанов.

Краткое описание чертежей.

Для лучшего понимания настоящего изобретения и его осуществления приведены ссылки на чертежи, иллюстрирующие предпочтительные варианты реализации изобретения, где:

⁴⁵ на фиг. 1 представлен схематический чертеж, изображающий магнитное поле между парой магнитных компонентов;

на фиг. 2 представлен схематический чертеж, изображающий действие магнитного поля между парой магнитных компонентов и положение проводящих компонентов;

на фиг. 3 представлен схематический чертеж, изображающий положение проводников

в магнитном поле, созданном магнитными компонентами, показанными на фиг. 1 и фиг. 2;

на фиг. 4 представлен схематический чертеж, изображающий конструкцию барабанного узла согласно одному варианту реализации изобретения;

5 на фиг. 5 представлен схематический чертеж, изображающий расположение проводников в барабанном узле в соответствии с фиг. 4;

на фиг. 6 схематично изображен барабанный узел с установленными на нем токопередающими узлами;

10 на фиг. 7 представлен схематический чертеж, иллюстрирующий траекторию передачи тока в барабанном узле в соответствии с фиг. 6;

на фиг. 8 схематично изображен барабанный узел согласно еще одному варианту реализации изобретения;

на фиг. 9 показан подробный вид барабанного узла, изображенного на фиг. 8;

15 на фиг. 10 схематично изображена турбина согласно одному варианту реализации настоящего изобретения;

на фиг. 11 показан подробный вид турбины, изображенной на фиг. 10;

на фиг. 12 схематично изображена турбина согласно еще одному варианту реализации настоящего изобретения;

20 на фиг. 13 представлен схематический чертеж, изображающий одну конфигурацию последовательностей турбин согласно одному варианту реализации настоящего изобретения;

на фиг. 14 изображен график различных масштабных отношений при различных температурах для ВТСП ленты, подвергающейся воздействию различных параллельных магнитных полей;

25 на фиг. 15 изображен график различных масштабных отношений при различных температурах для ВТСП ленты, подвергающейся воздействию различных перпендикулярных магнитных полей;

на фиг. 16 изображен изометрический вид альтернативного варианта реализации настоящего изобретения с двумя противоположно вращающимися барабанами;

30 на фиг. 17 представлено поперечное сечение варианта реализации согласно фиг. 16 по линии А-А, где показана траектория протекания тока через барабан;

на фиг. 18 изображен изометрический вид второго или наружного барабана согласно варианту реализации, проиллюстрированному на фиг. 16;

на фиг. 19 изображен изометрический вид первого или внутреннего барабана согласно 35 варианту реализации, проиллюстрированному на фиг. 16;

на фиг. 20 изображен изометрический вид альтернативного варианта реализации настоящего изобретения, в котором два противоположно вращающихся барабана содержат неподвижные щеткодержатели;

на фиг. 21 представлено поперечное сечение варианта реализации согласно фиг. 20 40 по линии В-В;

на фиг. 22 представлено поперечное сечение варианта реализации согласно фиг. 20 по линии В-В, где показана траектория протекания тока через барабан;

на фиг. 23 изображен изометрический вид альтернативного варианта реализации настоящего изобретения с двумя противоположно вращающимися барабанами и с 45 неподвижными щеткодержателями в альтернативной конфигурации;

на фиг. 24 представлено поперечное сечение варианта реализации согласно фиг. 23 по линии С-С;

на фиг. 25 объемное изображение варианта реализации согласно фиг. 16 с

пространственным разделением деталей;

на фиг. 26 изображено поперечное сечение одной конфигурации магнитных компонентов турбины, обеспечивающей оптимизацию поля между компонентами;

на фиг. 27 изображена модель распределения поля для конфигурации магнитных

5 компонентов согласно фиг. 26;

на фиг. 28A-29F изображены графики, отображающие зависимость напряженности поля от различных параметров турбины;

на фиг. 29A-29F изображены графики, отображающие зависимость напряженности поля от установочных параметров турбины;

10 на фиг. 30 изображена модель распределения поля для магнитных компонентов, содержащих компенсационные катушки согласно фиг. 26;

на фиг. 31A-31D изображены графики, отображающие зависимость напряженности поля от различных параметров турбины;

на фиг. 32 изображено поперечное сечение одной конфигурации магнитных

15 компонентов турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

на фиг. 33 изображена модель распределения поля для конфигурации согласно фиг. 32;

на фиг. 34 изображено поперечное сечение одной конфигурации турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

20 на фиг. 35 изображена модель распределения поля для конфигурации согласно фиг. 34;

на фиг. 36 приведена модель распределения поля согласно фиг. 35, подробно изображающая область нулевого поля;

на фиг. 37А и 37В изображены графики, отображающие воздействие различных

25 параметров турбины на область нулевого поля;

на фиг. 38 изображена турбина в поперечном сечении с указанием расположения щеток;

на фиг. 39 изображено поперечное сечение конфигурации турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

30 на фиг. 40 представлено поперечное сечение турбины согласно фиг. 39, показывающее жидкостное токопередающее устройство;

на фиг. 41 изображено поперечное сечение конфигурации турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

на фиг. 42 приведено поперечное сечение турбины согласно фиг. 41 для

35 конфигурации с противоположным направлением вращения;

на фиг. 43 приведено поперечное сечение турбины согласно фиг. 41 для конфигурации с одинаковым направлением вращения;

на фиг. 44 и фиг. 45 изображено поперечное сечение конфигурации турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

40 на фиг. 46 приведена модель распределения поля для конфигурации согласно фиг. 44 и фиг. 45;

на фиг. 47 и фиг. 48 изображено поперечное сечение конфигурации турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

на фиг. 49 приведена модель распределения поля для конфигурации согласно фиг.

45 47 и фиг. 48;

на фиг. 50 и фиг. 51 изображено поперечное сечение конфигурации турбины согласно одному варианту реализации изобретения;

на фиг. 52 приведена модель распределения поля для конфигурации согласно фиг.

50 и фиг. 51.

Подробное описание вариантов реализации изобретения

При сближении двух почти одинаковых магнитных полей с возможностью

5 отталкивания силовые линии сжимают и изгибают друг друга таким образом, что многие силовые линии становятся параллельными поверхности источника. Например, когда два магнитных компонента размещены рядом и отталкиваются, магнитное поле схоже с изображением, показанным на фиг. 1.

Если имеется внешнее магнитное поле такое, что его собственные силовые линии перпендикулярны силовым линиям магнитного поля от отталкивающихся магнитов, 10 возникает противодействие или вытеснение. Согласно упомянутому силовые линии, проходящие параллельно или по существу параллельно поверхности электромагнита/ магнита, являются существенными участками поля. Возникновение противодействия простейшим образом обеспечивают путем размещения проводящих стержней между магнитами или электромагнитами и перпендикулярно их соответствующим 15 поверхностям. На фиг. 2 изображено, что поле, созданное токонесущим проводником, имеет перпендикулярную плоскость сечения. Допустим, бесконечное число плоскостей магнитного потока центрированы радиально относительно центра электромагнита/ магнита. На чертеже изображена одна двумерная плоскость. В действительности магнитный поток имеет три измерения. При наблюдении плоскостей из положения 20 лицевой плоскости электромагнита/магнита видно, что плоскости потока центрированы относительно центра электромагнита/магнита.

На фиг. 3 изображены четыре проводящих стержня, размещенных перпендикулярно поверхности магнитных компонентов. Плоскости магнитного потока, образованные проводящими стержнями перпендикулярны образованным магнитными компонентами. 25 С целью использования упомянутого поля для получения электромеханической работы согласно изобретению предложено некоторое количество проводящих структур.

Примеры таких структур изображены на фиг. 4-9 с последующим подробным раскрытием в описании настоящей заявки.

В соответствии с фиг. 4 проиллюстрирована одна из возможных конфигураций

30 барабанного узла 100 для использования в турбине согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. Согласно чертежу барабан 100 содержит множество проводящих компонентов 101, расположенных между торцевыми крышками 102 и по окружности барабана 100. Барабан может быть также снабжен валом 103, соосным с 35 центральной осью барабана. В настоящем примере концевые пластины включают косозубые колеса 104 выполненные с возможностью входа в зацепление по меньшей мере с одним зубчатым колесом токопередающих узлов согласно настоящему изобретению, подробно раскрытых в описании настоящей заявки.

Проводящие стержни в этом случае электрически изолированы и отделены друг от друга с целью предотвращения короткого замыкания или параллельного протекания 40 тока. В этом конкретном примере проводящие компоненты имеют по существу «I»-образную форму с верхними частями «I», примыкающими к торцевым крышкам 102. Каждый проводящий стержень может быть выполнен из нескольких полос ВТСП-ленты, расположенных вплотную и параллельно (для «I»-образных компонентов лента может быть уложена с образованием удлиненного тела «I»-образной формы). 45 Поверхность ленты предпочтительно ориентирована параллельно магнитному полю, созданному отталкивающимися компонентами турбины. Таким образом, лента будет ориентирована как будто проходящей радиально от оси вращения барабана. Благодаря такой конструкции ВТСП-ленты обеспечено ее размещение в высокопроводящей раме,

выполненной из чистой меди или сплава с соответствующим низким электрическим сопротивлением.

Согласно упомянутому проводящие компоненты 101, предпочтительно, должны быть электрически изолированы и отделены друг от друга, что в приведенном примере 5 достигнуто благодаря воздушному зазору 105 между элементами. Специалисту в данной области очевидно, что расстояние между элементами в этом случае должно быть достаточно большим, чтобы предотвратить образование дуги в зазоре. Также специалисту в данной области очевидно использование в указанном случае воздушного зазора с целью обеспечения необходимой изоляции и электрической изоляции, а также 10 возможность расположения изоляционного материала между каждым компонентом.

На фиг. 5 подробно представлен вид, изображающий расположение проводящего компонента 101 в барабане 100. Из чертежа видно, что каждая верхняя часть «I»-образных пучков, образующих проводящие компоненты отделена от другой воздушным зазором 105. Верхние части в этом случае присоединены к торцевой крышке 102, 15 прилегающей к зубчатому колесу 104. Удлиненное «I»-образное тело в этом конкретном варианте образовано уложенными полосами ВТСП-ленты, расположенными параллельно.

Специалистам в данной области техники очевидно, что для использования барабанного узла в соответствии с фиг. 4 и 5 в электромагнитной турбине согласно 20 настоящему изобретению необходимо соединить их с образованием электрической цепи для обеспечения прохождения тока через турбину и возникновения крутящего момента, реагирующего на магнитное поле, создаваемое магнитными компонентами турбины. На фиг. 6 изображена одна конфигурация электрического соединения соседних проводящих компонентов с образованием электрической цепи через барабанный узел 25 100.

По мере вращения проводящих компонентов с барабаном под действием результирующего крутящего момента, требуется перемещение или скольжение электрического контакта. Один из возможных вариантов заключается в подводе тока к концам проводящих стержней через зубья роликовых зубчатых колес или через 30 гладкую площадь контакта. Последнее использовано в устройстве согласно фиг. 6. Согласно чертежу вокруг периферии торцевых крышек 102 расположено множество токопередающих узлов 106. Каждый токопередающий узел содержит зубчатое колесо 107, сопрягающееся с зубчатым колесом 104 торцевой крышки 102. В этом примере токопередающие узлы содержат щетку 108, контактирующую с роликом 109, 35 соединенным с зубчатым колесом 107. Щетка 108 может представлять собой щетку с непрерывным металлическим волокном, например, раскрытую в патенте США №6245440, которая обеспечивает постоянную плотность тока более 310 A/cm^2 , функционирует на скорости 70-100 м/с и имеет 5 см длины износа на более $2,5 \times 10^9$ 40 метров траектории скольжения.

Каждый из токопередающих узлов 106 соединен с токопередающим узлом на противоположной части барабана, или непосредственно через проводящие компоненты или посредством соединительных кабелей 110. В настоящем примере токопередающие узлы соединены с образованием последовательной цепи. По мере подачи тока через 45 главный подающий кабель 1101 к токопередающему узлу 106, ток проходит через проводящий компонент 101 к следующему токопередающему узлу 106 в цепи. Далее ток проходит от токопередающего узла 106 к следующему токопередающему узлу 106 через кабель 110. Такая непрерывная передача тока между противоположными токопередающими узлами 106 обеспечена через мосты, образованные проводящими

компонентами 101 и обратными кабельными соединениями 110 и через кабель 1102, с замыканием таким образом последовательной цепи в барабане 100.

По мере подведения тока через ролик 109 к проводящему компоненту 101 барабан начинает вращаться вызывая вращение зубчатого колеса 104, которое передается 5 посредством зубчатого колеса 107 на ролик 109 с обеспечением вращения роликов 109 синхронно с ротором.

Несмотря на то, что в описании подробно изложено использование последовательной цепи в барабане, специалистам в данной области техники совершенно очевидно, что возможно использование параллельной цепи в барабане. Такое расположение потребует 10 только изменения конфигурации соединительного кабеля между токопередающими узлами.

Более подробная иллюстрация траектории протекания через барабан 100 представлена на фиг. 7. При подведении тока к первому токопередающему узлу 106₁ 15 через концы 111 кабеля ток поступает через щетки 108₁ на ролик 109₁ и на проводящий компонент 101, находящийся уже в контакте стоком, протекающим через проводящий компонент 101 на ролик 109₂ оттокопередающего узла 106₂. Ток от ролика 109₂ попадает на щетку 108₂ и выходит из концов 111 кабеля через кабель 110 (на чертежах не показан) на токопередающий узел 106₃, откуда он поступает на щетку 108₃ через концы 111 20 кабеля. Щетка 108₃ в свою очередь передает ток на ролик 109₃, откуда он течет через проводящий компонент 101, находящийся в контакте с токопередающим узлом 106₄. Затем этот процесс повторяется в отношении всех оставшиеся токопередающих узлов в цепи до ее полного прохождения.

Согласно упомянутому каждый из токопередающих узлов содержит зубчатое колесо 107, входящее в зацепление с зубчатым колесом 104, находящимся на торцевой крышке 102. В этом случае благодаря зубчатому колесу 107 обеспечено вращение 25 взаимодействующего с ним ролика 108 на одной окружной скорости с вращением барабана во время работы. Согласование вращения ролика 108 с вращением барабана 100 является важным, поскольку любое рассогласование во вращении может уменьшить токопередающую способность. Кроме того, согласование окружной скорости ролика 30 и барабана дополнительно может уменьшить возможность неравномерного износа, приводящего к разбалансировке системы.

На фиг. 8 изображена другая возможная конфигурация барабанного узла 100 для использования в турбине согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. 35 В этом конкретном примере барабанный узел содержит множество барабанов 801, 802, 803, расположенных концентрично. Согласно чертежу каждый токопроводящий участок 801, 802, 803 содержит множество проводящих компонентов 101 (обозначенных черными пятнами), расположенных на расстоянии по периферии каждого проводящего участка.

На фиг. 9 более подробно изображена конфигурация барабанного узла согласно 40 фиг. 8. Согласно чертежу барабаны 801, 802, 803 расположены между торцевыми крышками 102 и концентрично вокруг вала 103. Как и в случае барабана, изображенного на фиг. 1, каждый барабан содержит множество проводящих компонентов 101, размещенных между торцевыми крышками 102 и по окружности барабана 100. Каждый проводящий компонент электрически изолирован и отделен один от другого 45 посредством воздушного зазора 105, обеспеченному между каждым компонентом. Согласно приведенным примерам проводящие компоненты могут быть выполнены из нескольких полос ВТСП-ленты, расположенных вплотную параллельно (для «I»-образных компонентов лента может быть уложена с образованием удлиненного тела

«І»-образной формы). Поверхность ленты предпочтительно ориентирована параллельно магнитному полю, созданному отталкивающимися компонентами турбины.

Токопередача через каждый проводящий компонент и барабан и между ними также обеспечена благодаря использованию токопередающих узлов 106 как было уже

упомянуто в описании. В этом случае токопередача между барабанами 801, 802, 803 обеспечена путем соединения последнего токопередающего компонента 106 одного барабана с первым токопередающим компонентом следующего барабана.

На фиг. 10 изображена компоновка турбины согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. Согласно чертежу турбина содержит опору 1001 для барабана

100 и магнитных компонентов 1002. Магнитные компоненты 1002 размещены с возможностью отталкивания с обеспечением по существу линейного поля, изображенного силовыми линиями 1003 поля, проходящими через опору, так что поле по существу перпендикулярно проводящим компонентам 101.

На фиг. 11 более подробно изображена компоновка опоры, барабана и магнитных

15 компонентов турбины согласно фиг. 10. Согласно чертежу барабан 100 подведен в опоре 1001 на валу 103 с торцевыми крышками 102 и зубчатыми колесами 104, расположеннымными с прилеганием к внутренней части опоры 1001. В этом случае токопередающие узлы 106 соединены с опорой 1001. При этом ролики 109 соединены с опорой посредством валов, прикрепленных к опоре. Кроме того, щетки 108

20 присоединены к опоре посредством зажимов, установленных на щетке 108.

На фиг. 12 изображен еще один вариант реализации турбины согласно настоящему изобретению. Общая конструкция турбины в данном случае аналогична показанной на фиг 10 и 11. В частности, турбина содержит барабан 100, подвешенный в опоре 1001 между магнитными компонентами 1002. Различие между расположением турбины согласно фиг. 12 и ее расположением согласно фиг. 10 и фиг. 11 заключается в том, что токопередающие компоненты не содержат ролик и зубчатое колеса, а токопередача на проводящие компоненты 101 происходит напрямую посредством контакта с щеткой 108.

Преимущество рассмотренных конфигураций заключается в возможности соединения 30 вместе нескольких турбин на центральном валу. Комплект этих турбин может быть электрически последовательно соединен, или возможно индивидуальное подключение каждого электродвигателя к источнику питания, или даже параллельно к одному источнику питания.

При соединении электродвигателей в комплект требуется прохождение внешнего 35 поля таким образом, что поля внутри каждого соответствующего двигателя являются отталкивающими. Ток, как таковой, пропускаемый через проводящие стержни каждого второго электродвигателя необходимо переключить таким образом, чтобы обеспечить создание одинаково направленного крутящего момента всеми двигателями, как показано на фиг. 13.

Магнитные компоненты в каждом из упомянутых случаев могут представлять собой 40 постоянные магниты или электромагниты. В настоящее время постоянные магниты имеют ограничение на размер, составляющее около 230 мм для магнитов цилиндрических форм. Однако, достижение больших толщин возможно путем соединения нескольких магнитов в комплект. При таком размере высшей градацией магнитного материала,

45 который допустимо использовать, будет N35. Предстоящие достижения производственных мощностей возможно снимут эти ограничения. Наличие нескольких частей нежелательно ввиду возникновения неравномерного распределения радиального поля. Кроме того, постоянные магниты имеют конечное максимальное поле 3-5 кГс.

В приведенном примере магнитные компоненты представляют собой электромагниты, образованные из высокотемпературной сверхпроводящей (ВТСП) ленты. Такой электромагнит может быть составлен до достижения любого размера и при криогенном охлаждении способен производить очень большое поле.

5 Размеры моделей, использующихся в настоящее время, указаны только для справки. Согласно вышеупомянутому постоянные магниты или сверхпроводящие электромагниты могут быть использованы для получения статического внешнего поля. Предполагается, что более крупные устройства имеют большую плотность энергии.

Изменение текущей производительности зависит от того, используют

10 предпочтительный вариант с ВТСП-электрическими шинами, или они выполнены из меди или другого нормального проводящего материала. В случае меди плотность тока определяется комбинацией проводимости используемого класса меди, количеством доступной площади (определение площади поперечного сечения медных ведущих электрических шин) и интенсивностью отвода тепла в результате потерь на

15 сопротивление.

В предпочтительном варианте с ВТСП-электрическими шинами, текущая производительность менее зависит от доступного пространства, но более зависит от класса используемого ВТСП-провода, рабочей температуры (ниже 77К) и возможности тщательно ориентировать ВТСП-провод так, чтобы не подвергать его разрушительному 20 воздействию перпендикулярного магнитного поля. Различные эффекты параллельного и перпендикулярного поля в свете снижения номинального тока ВТСП (высокотемпературного сверхпроводника) обсуждаются более подробно далее в описании. На фиг. 14 изображен график различных масштабных коэффициентов при различных температурах для ВТСП-ленты, подвергающейся воздействию различных 25 параллельных магнитных полей.

Для определения 1 с ленты шириной 12 мм при температуре 64 К, когда она подвергается воздействию параллельного собственного поля с индукцией 1,4 Тл, график следует использовать следующим образом. Во-первых, предполагаем, что 1 с при индукции 0 Тл внешнего поля и температуре 77 К составляет 100 А. Поле 1,4 Тл на 64 30 К дает масштабное отношение на ось Y примерно 0,9. Отсюда $0,9 \times 100 = 90$ А. Это для ленты шириной 4 мм, а для ленты шириной 12 мм критический ток 1 с в 3 раза больше, поэтому 1 с составляет 270 А. Это означает, что на турбину можно подавать ток до 270 А для создания поля намного больше 1,4 Тл. В комплекте из 42 турбин при 160 А максимальное поле незначительно превышает 1,45 Тл.

35 К сожалению, ВТСП-ленты не имеют такие же рабочие характеристики при воздействии перпендикулярных полей, как это следует из графика на фиг. 15. Например, если внешнее или собственное поле перпендикулярно при температуре 64 К масштабное отношение 0,9 ограничивает допустимое собственное или внешнее поле примерно на 0,2 Тл, или на 0,6 Тл для ленты шириной 12 мм.

40 В предпочтительном варианте реализации изобретения внешние электромагнитные катушки, несущие электрический ток проводящие стержни, а также большая часть вспомогательного токоподающего устройства, включая зубчатые колеса, токопередающие поверхности и промежуточные электрические соединения, либо

45 изготовлены из ВТСП-материала или ленты полностью, либо имеют значительное содержание ВТСП-материала. ВТСП-составляющие нуждаются в системе охлаждения для приведения системы к рабочему диапазону ниже 77 К. Предполагается, что рабочая температура находится в диапазоне 10-77 К, в котором возможны значительные улучшения в поведении поля относительно ВТСП-ленты, однако допустимо применение

более высоко эффективных криогенных систем для поддержания рабочих температур.

Кроме того, предполагается, что большинство (если не все) компонентов(ы) турбины могут быть заключены в криогенную оболочку, при этом рабочие характеристики этих компонентов либо улучшаются при пониженных температурах, что имеет место при любой нормальной траектории протекания тока, либо демонстрируют сохранение производительности.

Проблематична одна область, относящаяся к потерям, а именно, возникновение вихревых токов в частях турбинного узла. Однако ожидается их минимум ввиду равномерного распределения радиального поля.

Предложены три способа противодействия любому возникновению вихревых токов. Первый способ осуществляют благодаря процессу, аналогичному идее электродинамической подвески, используемой в левитирующих поездах. Поскольку сверхпроводники обладают свойствами диамагнетизма они, разумеется, способны ослаблять поле внутри себя. В левитирующих поездах используют это свойство наведения магнитного поля в катушках, противоположного вихревым токам, наведенным в катушках, для предотвращения дополнительного торможения на приводном механизме поезда, возникающем в результате наведения вихревых токов.

Второй способ также включает применение обмотки из ВТСП-провода вокруг внешней планетарной зубчатой передачи, однако в этом способе витые катушки не являются замкнутым контуром, однако, они последовательно подключены к источнику питания. Это обеспечивает протекание тока через обмотки с созданием сильного магнитного поля, ослабляющего большинство или все внешние поля, а следовательно, с уменьшением вихревых токов через материал.

Согласно третьему способу пренебрегают использованием катушки или постоянного магнита с целью ослабления внешних полей и сведения к минимуму вихревых токов благодаря подбору материала. Предпочтительно, использование в конструкции турбинного барабана титана, то есть выполнение из титана рамы, ступицы и зубчатого колеса. Титан, обладающий превосходными механическими свойствами, обеспечивает достижение подобной механической прочности меньшим количеством материала в сравнении с другими материалами.

Путем уменьшения толщины материала вдоль зон, чувствительных к вихревым токам, обеспечено дополнительное затруднение возникновения вихревых токов. Титан имеет электрическое сопротивление, которое в 25 раз больше, чем у меди (Титан 420n Ом/метр в сравнении с 16.78n Ом/метр). Это более высокое сопротивление затрудняет свободное течение вихревых токов и, следовательно, обеспечивает возникновение на поверхности турбины барабана малых вихревых токов. Идеальное решение включает использование сверхпроводящего материала для токопроводящих шин, поскольку сверхпроводящий материал обладает диамагнитными свойствами, ослабляющими вихревые токи.

Титановые компоненты следует снабдить оболочкой или покрытием с проводящей поверхностью, такой как медь или серебро, с целью улучшения проводимости между поверхностями зубьев и другими электромеханическими поверхностями. Возможно использование любого другого материала помимо титана, обладающего соответствующими механическими свойствами и низкой электропроводностью.

Кроме того, использование более тонких секций или ламинированных материалов уменьшает толщину траектории циркуляции вихревых токов. Кроме того, участки, по которым обычно не проходит ток, допустимо изготавливать из материала с более высоким сопротивлением, противодействующим образованию циркулирующего тока

посредством дополнительного сопротивления.

Для сверхпроводящих компонентов проблема, связанная с вихревыми токами, решена благодаря другим полезным явлениям. Интересным свойством сверхпроводников является проявление ими диамагнетизма, то есть, при охлаждении ниже критической температуры поле, проявляющее способность прохождения через материал в своем нормальном проводящем состоянии, вытесняется из материала. Факт, что поле не может пройти через поле, указывает на левитирующее поведение наблюдаемое в сверхпроводящем образце. Кроме того, это указывает на невозможность возникновения вихревых токов внутри сверхпроводящего материала.

Альтернативная конфигурация с парой барабанов изображена на фиг. 16-25, на которой изображена турбина с парой вращающихся в противоположных направлениях барабанов. Как и в описанных вариантах, турбина содержит пару магнитных компонентов 1601, расположенных с возможностью отталкивания. В этом варианте использованы проводящие компоненты 1603, непроводящие компоненты 1604 и проводящие щетки 1605 для формирования траектории протекания тока через турбину от токоподводящего провода 1606 и токоподводящего провода 1607. Соответствующие барабаны вращаются на валах 1608.

Турбина также включает пару барабанных узлов, расположенных между магнитными компонентами с возможностью вращения вокруг общей оси. Первый барабанный узел (внутренний барабан), изображенный наилучшим образом на фиг. 19, содержит множество проводящих компонентов 1602, расположенных вокруг барабана.

Проводящие компоненты 1602 расположены по существу параллельно оси вращения барабана и находятся в центральной области турбины. Проводящие компоненты 1602 этого барабана установлены на обоих концах непроводящего тела 1609 ротора, содержащего кольцевую внешнюю часть 1610, кольцевую установочную втулку 1611 и множество спиц 1612, расположенных радиально между кольцевой установочной втулкой 1611 и кольцевой внешней частью 1610, причем каждое из указанного является непроводящим.

Каждый из проводящих компонентов 1602 установлен на внутренней поверхности (а не на ободе) кольцевой внешней части 1610. Внешняя поверхность кольцевой внешней части снабжена проводящей частью, как правило, проводящей щеткой 1605 или подобной частью, и находится в проводящем контакте с обоими концами проводящих компонентов 1602. Проводящие части каждого проводящего компонента расположены на расстоянии друг от друга.

Предпочтительно внутренний барабан установлен на первом валу 1613.

Второй барабан, изображенный на фиг. 18, содержит множество проводящих компонентов, расположенных отходящими радиально от оси, а проводящие компоненты второго барабана расположены ближе к магнитным компонентам, чем проводящие компоненты первого барабана.

Каждый проводящий компонент второго барабана, как правило, выполнен в виде тела 1614 ротора, содержащего кольцевую внешнюю часть 1615, кольцевую установочную втулку 1616 и множество спиц 1617, расположенных радиально отходящими между кольцевой установочной втулкой 1616 и кольцевой внешней частью 1616. Предпочтительно, каждая из этих частей является проводящей.

Как правило, каждый продольный конец турбины снабжен одной парой проводящих тел 1614 ротора, находящихся на расстоянии от соответствующих магнитных компонентов 1601 и ближе к магнитным компонентам 1601, чем внутренний барабан.

Непроводящий кольцевой обод 1619 радиально размещен на кольцевой внешней

части 1615 каждого из тел 1614 роторов второго барабана. Непроводящие диски 1619, связанные с каждым ротором 1614, как правило, соединены между собой посредством по меньшей мере одной удлиненной непроводящей спицы 1620, установленной на внутренней поверхности (а не на ободе) непроводящего кольцевого обода 1619. Как правило, множество этих удлиненных непроводящих спиц 1620 расположены на расстоянии друг от друга по окружности второго барабана с обеспечением совместного вращения роторов.

Наружный барабан предпочтительно установлен на втором валу 1618 с возможностью вращения. Предпочтительно, второй вал представляет собой полый вал, вращающийся концентрично относительно первого вала 1613. Как правило, ток турбины протекает только через второй вал. Второй вал, как правило, представляет собой пару частей вала, причем одна установлена на кольцевой установочной втулке каждого из проводящих тел ротора, и выступает из второго барабана.

Проводящие элементы соединены с образованием электрической цепи через барабан, а барабаны электрически соединены вместе с формированием траектории течения тока через турбину, при этом приложение тока к барабану через указанную траекторию течения тока вызывает вращение барабанного узла.

Предпочтительно, приложение тока к турбине осуществляют через проводящее соединение одной из частей валов второго вала. Затем ток продолжает течь через радиально направленные спицы проводящего корпуса ротора к кольцевой внешней части. Кольцевая внешняя часть соответствующих роторов второго барабана установлена с обеспечением контакта с проводящими частями, установленными на внешней поверхности первого барабана. Это обеспечивает траекторию протекания тока к проводящим компонентам первого барабана. Ток проходит по длине проводящих элементов первого барабана и выходит из первого барабана по обратной траектории, как описано выше, через другой ротор второго барабана. Эта траектория изображена в частности на фиг. 17.

С целью минимизировать разницу скорости между первым барабаном и вторым барабаном, использован неподвижный щеткодержатель, как показано на фиг. 20. В этом варианте реализации первый барабан на каждом конце может быть снабжен проводящим ободом 1621, на котором установлены проводящие компоненты 1612. Неподвижная кольцевая ступица 1622 может быть размещена между проводящим ободом 1621 первого барабана и проводящим телом 1614 ротора второго барабана с множеством расположенных на расстоянии друг от друга проводящих частей по существу в виде проводящих щеток, установленных на нем с обеих сторон и входящих в контакт с проводящим телом 1614 ротора второго барабана с одной стороны и проводящего обода 1621 первого барабана с другой стороны.

Щетки могут быть установлены по обе стороны с образованием токопроводящей траектории между ними или, альтернативно, одна щетка может быть установлена посредством ступицы с обеспечением контакта обоих концов щетки с соответствующими компонентами проводящей траектории.

Согласно этому варианту реализации неподвижная кольцевая ступица 1622 предпочтительно установлена на полом валу 1623, расположенном между первым и вторым валами турбины. Каждый конец турбины снабжен одной парой частей валов.

Кроме того, втулка может быть установлена снаружи, а не с применением конфигурации с полым валом, изображенной на фиг. 23.

Специалистам в данной области техники очевидно, что достижение увеличения крутящего момента возможно благодаря максимизации напряженности магнитного

поля между магнитными компонентами турбины. Для дальнейшего улучшения крутящего момента желательна максимизация поля с сохранением при этом насколько возможно малой величины и веса магнитных компонентов. Существует ряд факторов, которые воздействуют на оптимизацию напряженности поля, таких как разделительные 5 расстояния для двух компонентов, диаметр катушки и количество витков, количество комплектов катушек для каждого катушечного узла.

Одна конфигурация 1700 для оптимизации магнитного поля между двумя магнитными компонентами изображена на фиг. 26. Согласно чертежу магнитные компоненты 1701₁, 1701₂ в этом случае образованы по меньшей мере из шести катушек 1702₁, 1702₂, 1702₃, 10 1702₄, 1702₅, 1702₆ с ВТСП-лентой. Каждая катушка содержит 100 витков ВТСП-ленты с внутренним радиусом 150 мм. Для ясности изображена только одна половина внешнего стального магнитопровода 1703. Добавление стального магнитопровода обеспечивает местное усиление поля. Однако, добавление стали дает преимущество до определенной 15 степени, но дальнейшие преимущества отсутствуют ввиду перенасыщения стали. Кроме того, предпочтителен легкий вес электродвигателя, поэтому предпочтительно использование небольшого количества стали.

В дополнение к магнитопроводу в этом конкретном примере используются компенсационные катушки 1704₁, 1704₂ для дальнейшего увеличения напряженности 20 поля. Согласно чертежу катушки установлены на противоположных концах магнитных компонентов 1701₁, 1701₂. Ток прикладывают к компенсационным катушкам в направлении обратном направлению тока в катушечных узлах 1701₁, 1701₂. Эффект заключается в управлении полем таким образом, чтобы обеспечить уменьшение 25 параллельного поля (вдоль оси Z, т.е. центральной оси), и увеличение ВY поля (т.е. перпендикулярного). В идеале предпочтительно использование ВТСП-ленты с характеристиками равнонаправленности поля (например, провода MGB2), обеспечивающими получение одинаковых значений перпендикулярного и параллельного поля. ВТСП-лента с зависимостью разнонаправленности поля обеспечит нормализацию при превышении параллельного или перпендикулярного поля.

На фиг. 27 изображена векторная диаграмма магнитного поля между двумя 30 магнитными компонентами. Направление поля показано стрелками, а их размер и окружающий цвет указывает на напряженность поля. Из чертежа ясно, что пики напряженности перпендикулярного и параллельного полей очень близки.

На фиг. 28A-28P изображены графики, отображающие влияние различных параметров 35 турбинного узла на напряженность поля. На фиг. 28A проиллюстрирована зависимость напряженности поля от толщины стального магнитопровода. Согласно фиг. 28A магнитное поле возрастает с увеличением толщины магнитопровода. Две верхние кривые обозначают напряженности перпендикулярного и параллельного полей в катушках. Две нижние кривые указывают на напряженность поля в области 40 расположения роторов (т.е. рабочей области).

На фиг. 28B изображена зависимость напряженности поля от размера внутреннего барабана роторного узла. Верхние кривые обозначают напряженности перпендикулярного и параллельного полей в катушке. Нижние кривые указывают на напряженность поля в рабочей области. Согласно фиг. 28B существуют некоторые 45 преимущества для увеличения радиуса внутреннего барабана. Таким образом достигается небольшое увеличение поля, что, однако, компенсируется увеличением общей массы или роторного узла.

График, изображенный на фиг. 28C, показывает зависимость изменения

напряженности поля от разделительных расстояний между двумя магнитными компонентами. Нижняя кривая показывает быстрое падение среднего поля вокруг ротора при увеличении разделительного расстояния между магнитными компонентами. Верхняя строка просто показывает незначительное изменение максимального поля в катушках при увеличении разделительного расстояния между телами.

На фиг. 28D проиллюстрирован потенциальный крутящий момент, созданный роторной шиной. Здесь показано, что разъединения катушек и увеличение проводящей роторной шины обеспечивает незначительное увеличение крутящего момента. Однако, кривая окончательно выравнивается, что указывает на отсутствие дальнейшего увеличения.

На графике, изображенном на фиг. 28Е показана зависимость напряженности магнитного поля от отношения длины проводящей роторной шины к разделительному расстоянию 400 мм между магнитными компонентами. Нижняя кривая показывает незначительное различие в напряженности поля при длине шины 80% или даже 95% от разделительного расстояния 400 мм. Это неожиданно, но обеспечивает преимущество, поскольку более короткая длина шины обеспечивает больше пространства для щеток и криогенной системы, охватывающей магнитные компоненты. Верхняя кривая снова обозначает максимальное поле в катушке.

На фиг. 28F показана зависимость потенциального крутящего момента от отношения длины проводящей роторной шины к разделительному расстоянию 400 мм между соленоидами. Это показывает, что длина роторной шины, максимально приближенная к величине разделительного расстояния обеспечивает больший крутящий момент. Другими словами, большая длина роторной шины, обеспечивает больший крутящий момент. Как уже упоминалось в предыдущем абзаце, следует отказаться от увеличения длины некоторых частей устройства в пользу пространства для щетки и криогенной мембранны.

На фиг. 29А показана зависимость напряженности магнитного поля от отношения длины проводящей роторной шины к разделительному расстоянию 200 мм между соленоидами. Красная линия означает, что различие в напряженности поля по всей длине еще меньше, чем в случае с упомянутым разделительным расстоянием 400 мм. Например, при длине проводящей шины, составляющей 70% или даже 90% от разделительного расстояния 200 мм, напряженности магнитного поля незначительно отличаются. Это неожиданно, но обеспечивает преимущество, поскольку более короткая длина шины обеспечивает больше пространства для щеток и криогенной системы, охватывающей соленоиды.

На графике, изображенном на фиг. 29В, показана зависимость потенциального крутящего момента от отношения длины проводящей роторной шины к разделительному расстоянию 200 мм между соленоидами. Это показывает, что длина роторной шины, максимально приближенная к величине разделительного расстояния обеспечивает больший крутящий момент. Другими словами, большая длина роторной шины, обеспечивает больший крутящий момент. Согласно вышеупомянутому, следует отказаться от увеличения длины некоторых частей устройства в пользу пространства для щетки и криогенной мембранны.

На фиг. 29С изображено сравнение максимального поля катушки со средним полем проводящей роторной шины при увеличении радиуса ротора и разделительным расстоянием 200 мм между соленоидами.

Важно отметить, что правая часть заштрихованной области соответствует внешнему радиусу тела катушки соленоида, составляющему 350 мм. Видно, что пиковое среднее

поле ротора возникает при радиусе ротора фактически меньшем радиуса тела катушки соленоида, что имеет место именно при 320 мм.

Графики, изображенные на фиг. 29D, показывают потенциальный крутящий момент при увеличении радиуса, на котором расположена проводящая роторная шина, с 300 до 365 мм, в то время как тела соленоида остаются разделенными расстоянием 200 мм. График делает очевидным то, что крутящий момент максимален, когда ротор находится на радиусе от 320 до 340 мм. В целом существует только небольшое изменение крутящего момента по мере изменения радиуса.

На фиг. 29Е проиллюстрировано сравнение зависимости максимального поля катушки

и среднего поля проводящей роторной шины от увеличения радиуса ротора при их разделении расстоянием 300 мм. Важно отметить, что правая часть заштрихованной области соответствует внешнему радиусу тела катушки соленоида, который составляет 350 мм. На графике видно, что пиковое среднее поле ротора возникает при радиусе ротора фактически меньшем радиуса тела катушки соленоида. В данном случае он меньше 290 мм. Следует также отметить, что поле оказывается более сильным, чем в предыдущем случае, когда электромагнитные тела были разделены расстояниями только 200 мм.

График на фиг. 29F иллюстрирует зависимость потенциального крутящего момента по мере увеличения радиуса, на котором расположена проводящая роторная шина, от 280 до 380 мм, когда тела соленоида остаются разделенными расстояниями 300 мм. Из графика видно, что максимальный крутящий момент создается, когда ротор находится на радиусе от 280 до 290 мм. В целом существует только небольшое изменение крутящего момента по мере изменения радиуса, когда тела соленоида разделены расстояниями 300 мм в отличие от предыдущего случая, когда расстояние составляло только 200 мм.

На фиг. 30 изображена векторная диаграмма магнитного поля между двумя магнитными компонентами, содержащими компенсационные катушки.

Направление поля показано стрелками, а их размер и окружающий цвет указывает на напряженность поля. Из чертежа ясно, что пики напряженности перпендикулярного и параллельного полей очень близки.

На фиг. 31А и 31Д изображены участки напряженности поля в катушках при использовании геометрически различных катушек. На фиг. 31А показана зависимость среднего магнитного поля от радиуса основных катушек. На фиг. 31В представлен график зависимости магнитного поля от количества витков в каждой компенсационной катушке. На фиг. 31С представлен график напряженности магнитного поля в компенсационных катушках. На фиг. 31Д представлен график зависимости напряженности поля от количества витков в каждой компенсационной катушке.

Различные графики указывают на возможность уменьшения напряженности максимального параллельного поля посредством компенсационных катушек.

Значительное снижение напряженности поля во внутреннем радиусе первичных катушек сопровождается довольно значительным падением значения напряженности среднего поля в области рабочего радиуса.

Последствие комбинированного подхода с использованием как компенсационной катушки, так и стального магнитопровода, оказалось положительным и вызвало общее увеличение напряженности перпендикулярного поля в рабочей области, но также и уменьшение максимального поля катушках, особенно при увеличении радиуса внутреннего барабана. Наблюдаемые тенденции остаются: по-прежнему существует оптимальное разделительное расстояние, вне которого повышения не наблюдается.

На фиг. 32 изображена расширенная модификация гибридной конфигурации магнитопровод - компенсационная катушка согласно фиг. 26. Согласно чертежу конфигурация, изображенная на фиг. 32, содержит три магнитных компонента 1701₁, 1701₂, 1701₃, которые образованы из множества катушек, выполненных из СТСП-ленты с шириной 12 мм. Каждая катушка содержит 100 витков ВТСП-ленты с внутренним радиусом 150 мм. Для ясности на чертеже показана только одна половина внешнего стального магнитопровода 1703. Добавление стального магнитопровода обеспечивает местное усиление поля. Однако, добавление стали дает преимущество до определенной степени и дальнейшие преимущества отсутствуют ввиду перенасыщения стали.

В дополнение к магнитопроводу, в этом конкретном примере используются компенсационные катушки 1704₁, 1704₂ для дальнейшего увеличения напряженности поля. Согласно чертежу катушки установлены на противоположных концах магнитных компонентов 1701₁, 1701₂, 1701₃. Ток прикладывают к компенсационным катушкам в направлении, обратном направлению тока в катушечных узлах 1701₁, 1701₂, 1701₃.

Эффект заключается в управлении полем таким образом, чтобы обеспечить уменьшение параллельного поля (вдоль оси X, т.е. центральной оси), и увеличение ВY поля (т.е. перпендикулярного). В идеале предпочтительно использование ВТСП-ленты с характеристиками равнонаправленности поля (например, провода MGB2), обеспечивающими получение одинаковых значений перпендикулярного и параллельного поля. ВТСП-лента с зависимостью разнонаправленности поля обеспечит нормализацию при превышении параллельного или перпендикулярного поля.

В этой модификации увеличено соотношение длины провода сверхпроводящих катушек для сокращения на половину потребления электроэнергии, поскольку средняя катушка эффективно используется для двух двигателей. На фиг. 33 представлен график магнитного поля, полученного при конфигурации согласно фиг. 32. Снова наблюдается, что пики напряженности перпендикулярного и параллельного полей для каждого магнитного компонента очень близки.

Несмотря на достигнутые преимущества, остается ряд проблем, связанных с комбинированной конструкцией согласно фиг. 26. Во-первых, преимущество достигнуто благодаря увеличению количества стали в конструкции, что значительно увеличивает массу конечного продукта. Большие рабочие поля оказываются недостижимыми ввиду ограниченных полезных свойств стали при полях более 2 Тл. В конечном счете, графики полей указанных конструкций означают, что даже с компенсационными катушками со значительной защитой остается значительная величина поля снаружи магнитопровода, где в механической конструкции электромагнитной турбины установлены щетки. Если поле в области щеток равномерное в одном направлении, возможно сведение к минимуму воздействия на металлические волокна щеток. К сожалению, моделирование поля демонстрирует, что компонент магнитного поля, негативно влияющий на эксплуатационные характеристики металлического волокна щетки, превышает практически допустимый предел 0,5 Тл при любой практической применимой ориентации щетки.

Идея создания практически применимой радиальной электромагнитной турбины в сочетании с опасениями относительно свойств металла волокна щеток или любого скользящего контакта для обеспечения надежной работы в полях высокой напряженности в конструкциях согласно вышеописанным фиг. 26 и фиг. 32 привела к созданию следующих конфигураций.

На фиг. 34 изображена одна возможная конфигурация радиальной турбины 1800

барабанного типа согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. Согласно чертежу турбина 1800 содержит пару противоположных магнитных узлов 1801₁, 1801₂, между которыми размещен барабан 1802. Каждый магнитный узел 1801₁, 1801₂ содержит пару внешних катушек, внешнюю катушку 1803₁ и внутреннюю катушку 1803₂. Катушки расположены концентрично относительно оси вращения барабана 1802, т.е. катушки 1803₁, 1803₂ соосны оси вращения барабана 1802. Согласно чертежу каждая катушка 1803₁, 1803₂ заключена в криогенную оболочку 1804, соединенную в свою очередь с криогенной охлаждающей системой.

Из этого примера ясно, что барабан 1802 является твердой конструкцией, содержащей внешний проводящий слой 1805. Участок проводящего слоя проходит в зазоре между катушками 1803₁, 1803₂ и контактными щетками 1806, пропускающими ток через барабан 1802. Несмотря на то, что в настоящем примере барабан изображен в виде сплошной конструкции, специалистам в данной области техники очевидно, что барабан не обязательно имеет сплошную конструкцию, но также может быть образован с использованием сегментных стержней и т.д.

По мере прохождения тока через щетки 1806 по проводящему слою барабана в нем создается крутящий момент. Крутящий момент передается на ведомый вал 1817, проходящий через барабан и магнитные компоненты. Вал установлен с возможностью вращения на паре подшипников 1808.

График поля, создаваемого магнитными узлами, изображен на фиг. 35. На графике видно, что эта конфигурация сверхпроводящих катушек создает поле с нулевым значением или область гашения поля в расстояниях между внутренними и наружными соленоидами. Более подробное изображение области нулевого поля приведено на фиг. 36, показывающей расположение катушек 1803₁, 1803₂ более подробно.

На фиг. 37А и 37В изображены графики, отображающие напряженность поля на основе различных геометрических конфигураций между внутренней катушкой 1803₁ и внешней катушкой 1803₂. На фиг. 37А проиллюстрирована зависимость отношения витков внутренней катушки и витков наружной катушки с их расположением от общей площади области слабого поля. На фиг. 37В проиллюстрирована зависимость увеличения количества катушек или общей длины соленоида от площади области слабого поля. В этой области напряженность поля достаточно низкая (менее 0,5 Тл) с целью обеспечения практической эксплуатации металлических волокнистых щеток. Геометрия катушки оптимизирована таким образом, чтобы создавать прямое управляющее поле между противоположными парами катушек и создавать пространство для криостата вокруг сверхпроводящих катушек.

На фиг. 38 проиллюстрировано расположение щеток в условиях протекания тока в барабане радиальной турбины. Управляющее поле В, перпендикулярное к траектории протекания тока, показано синими стрелками. Дальнейшие уточнения в отношении упомянутого решения включают добавление гасящей катушки для дополнительного улучшения соотношения напряженности поля во внутреннем радиусе внутренней катушки и напряженности поля в рабочем радиусе. Уменьшение или гашение поля до нулевой области обеспечивает возможность использования жидкостных щеток. Поскольку проводящая текучая среда, используемая в жидкостных щетках, не обладают собственным сопротивлением движению текучей среды вследствие взаимодействия траектории протекания тока через текучую среду, и поля, в которое помещают щетку, принципиально важно обеспечить работу жидкостных щеток в условиях очень слабого

поля.

Указанная конструкция двухкатушечной радиальной электромагнитной турбины имеет ряд преимуществ, включающих область низкого или нулевого поля для работы щетки между внутренней и внешней катушками. Кроме того, размещение щеток между 5 внутренним и внешним соленоидами обеспечивают гораздо более полный магнитный поток, использующийся для приведения в действие турбины, по сравнению с галетной конструкцией. Благодаря криостату галетной конструкции предотвращено использование рабочей шиной большой части магнитного потока, создаваемого катушками. В этом случае благодаря криостату остается пространство для щеток между 10 катушками и рабочая шина улавливает почти весь поток. Оптимизированная геометрия катушки обеспечивает большие радиальные поля в рабочейшине. И наконец, область нулевого поля идеальна для жидкостных щеток.

На фиг. 39 показана одна из возможных схем, обеспечивающих возможность использования жидкостных щеток вместо щеток с металлическим волокном. Согласно 15 чертежу турбина аналогична конструкции, показанной на фиг. 34. Турбина тоже содержит пару противоположных магнитных узлов 1901₁, 1901₂, между которыми расположен барабан 1902. Каждый магнитный узел 1901₁, 1901₂ содержит пару катушек, внешнюю катушку 1903₁ и внутреннюю катушку 1903₂. Катушки расположены 20 концентрически относительно оси вращения барабана 1902, т.е. катушки 1903₁, 1903₂ соосны оси вращения барабана 1902. На чертеже показано, что каждая катушка 1903₁, 1903₂ заключена в криогенную оболочку 1904, соединенную в свою очередь с криогенной 25 охлаждающей системой.

Согласно этому примеру барабан 1902 представляет собой твердую конструкцию, 25 содержащую внешний проводящий слой 1905. Часть проводящего слоя проходит в зазор между катушками 1903₁, 1903₂. Как показано на чертеже, проводящий слой в данном случае содержит выступ 1906, взаимодействующий с каналом в проводящем кольце 1907, причем проводящее кольцо содержит текучую среду, передающую ток в проводящем слое барабана.

По мере прохождения тока через проводящий слой барабана, в барабане создается 30 крутящий момент. Крутящий момент передается на ведомый вал 1908, проходящий через барабан и магнитные элементы. Вал установлен с возможностью вращения на паре подшипников 1909.

На фиг. 40 подробно показана взаимосвязь между проводящим кольцом 1907 и 35 проводящим слоем 1905 барабана. Согласно чертежу выступ 1906 проходит наружу из торцевой поверхности проводящего слоя 1905. Выступ 1906 вставлен в канал 1910 проводящего кольца 1907. На чертеже видно, что выступ вставлен в канал 1910 за 40 уплотнениями 1911 с обеспечением таким образом непроницаемого для текучей среды уплотнения. Специалисту в данной области техники очевидно, что на фиг. 39 и фиг. 40 рассмотрена конструкция жидкостного токопроводящего устройства, в котором 45 обеспечена возможность введения текучей среды в жидкостной канал 1910 при нахождении выступа 1906 в канале 1910 и во взаимодействии с уплотнениями 1911. В этом случае проводящее кольцо 1907 может содержать герметичное отверстие для обеспечения введения текучей среды в жидкостной канал 1910. Специалисту в данной области техники очевидно, что проводящая текучая среда может представлять собой любую подходящую стабильную проводящую текучую среду, такую как серная кислота, соляная кислота или другие подходящие кислоты, гидроксид натрия, хлорид натрия, нитрат серебра, гидроксид калия или другую подходящую ионную или

электролитическую текучую среду. В некоторых случаях текучая среда может представлять собой металл в жидкой фазе, такой как ртуть, сплав Вуда, сплав Розе, Bi-Pb-Sn-Cd-In-Tl, галлий, NaK, GalnSn.

На фиг. 41 изображена еще одна возможная конфигурация турбины согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. В этом примере использован дополнительный магнитный узел 1901₃. Каждый магнитный узел 1901₁, 1901₂ и 1901₃ содержит пару катушек, наружную катушку 1903₁ и внутреннюю катушку 1903₂. Каждая турбина включает цельный барабан 1902, содержащий внешний проводящий слой 1905. Часть проводящего слоя проходит в зазор между катушками 1903₁, 1903₂. Проводящий слой в данном случае содержит выступ 1906, взаимодействующий с каналом в проводящем кольце 1907. Согласно чертежу проводящее кольцо содержит текучую среду, передающую ток на проводящий слой барабана.

По мере прохождения тока через проводящий слой барабана, в барабане создается крутящий момент. Крутящий момент передается на ведомый вал 1908, проходящий через барабан и магнитные элементы. Вал установлен с возможностью вращения на паре подшипников 1909. Два вала ротора выполнены с возможностью вращения в одинаковом или противоположном направлении в зависимости от направления тока в роторе. На фиг. 42 изображена полярность щеток/жидкостных токопередающих узлов для конфигурации с противоположным направлением вращения, а на фиг. 43 изображена полярность щеток/жидкостных токопередающих узлов для конфигурации с одинаковым направлением вращения. В случае с турбиной на фиг. 42 использованы два отдельных вала, а в случае с турбиной на фиг. 43 использован единый вал.

Использование дополнительных магнитных компонентов увеличивает выходную мощность электродвигателя и обеспечивает возможность использования валов с противоположно направленным вращением. Еще одно преимущество этой схемы заключается в более эффективном использовании сверхпроводящего провода, поскольку обеспечена возможность увеличения мощности в два раза без удвоения количества используемого сверхпроводящего провода.

Как видно из приведенных выше примеров создание области нулевого поля обеспечивает работу металлической волокнистой щетки без подвергания материала щетки излишней деформации ввиду неблагоприятной нагрузки на металлические волокнистые пряди. А также позволяет использовать жидкостные металлические щетки. Жидкостные металлические щетки, как и металлические волокнистые щетки, имеют подобную нагрузку. Сила Лоренца на траектории протекания тока в жидкостной металлической щетке, работающей в условиях сильного магнитного поля, может привести к образованию вихревых токов в жидком металле. Образование этих вихревых токов соответствует уменьшению токонесущей способности, наблюдавшейся у прототипов щеток, работающих в условиях сильного поля.

Следовательно, при создании и оптимизации нулевого поля важно обеспечить правильное функционирование жидкостных металлических щеток. Заявитель разработал ряд различных конфигураций сверхпроводящих катушек для создания области отсутствия или незначительного магнитного поля, обеспечивающей работу щеток и увеличение напряженности магнитного поля вдоль рабочей длины компонентов барабана, создающих крутящий момент.

На фиг. 44 изображен один вариант реализации турбины 2000 с использованием пары магнитных узлов 2001₁, 2001₂. Каждый магнитный узел 2001₁, 2001₂ содержит пару катушек, наружную катушку 2002₁ и внутреннюю катушку 2002₂. Турбина содержит

роторный узел 2003, который установлен на валу 2004 и который содержит внешний проводящий слой 2005. Часть проводящего слоя 2005 проходит в зазор между катушками 2002₁, 2002₂. Проводящий слой в данном случае содержит выступ 2006, взаимодействующий с каналом 2009 в проводящих кольцах 2007, размещенных в зазоре между катушками 2002₁, 2002₂.

Более подробный вид конфигурации проводящих компонентов изображен на фиг. 45. Согласно чертежу в этом примере проводящие кольца 2007 содержат текучую среду, передающую ток на проводящий слой барабана 2005. Между проводящим слоем и внешним соленоидом установлены подшипники 2008 для обеспечения надлежащего выравнивания и плавного вращения проводящего слоя барабана 2005, поскольку роторный узел 2003 вращается на валу 2004. Специалисту в данной области техники очевидно, что подшипники 2008 в этом случае являются немагнитными ввиду их близости к сильному магнитному полю.

Ток в обеих катушках 2002₁, 2002₂ в турбине, изображенной на фиг. 44 и фиг. 45, течет в одном направлении. Благодаря этому обеспечена область гашения поля между внутренней и наружной катушками. Разумеется, этот конкретный вариант реализации обеспечивает легкое размещение щетки: из металлического волокна или жидкостной металлической щетки с приведением к максимуму рабочей длины компонента барабана и обеспечением достаточного пространства для криогенного конверта.

На фиг. 46 изображен график поля, созданного магнитными узлами турбины на фиг. 44 и фиг. 45. На графике видно, что такая конфигурация сверхпроводящих катушек создает нулевое поле или область гашения поля в пространстве между внутренним и наружным соленоидами.

На фиг. 47 изображена другая возможная конфигурация турбины 2100 согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. В этом конкретном варианте реализации магнитные узлы 2101₁, 2101₂ выполнены из двух сверхпроводящих катушек 2102₁, 2102₂, расположенных рядом для создания нулевого поля между катушками.

Катушки 2102₁ и 2102₂ в этом случае заключены в криогенные оболочки 2108. На чертеже видно, что роторный узел 2103 в данном случае размещен на валу 2104 между внутренними катушками 2102₂ магнитных узлов 2101₁, 2101₂. Роторный узел 2103 содержит внешний проводящий слой 2105, содержащий выступ 2106, взаимодействующий с каналом 2109 в проводящих кольцах 2107, расположенных в зазоре между катушками 2102₁, 2102₂.

Согласно фиг. 48 проводящий слой 2105 имеет форму, обеспечивающую прохождение над криогенной оболочкой 2108 внутренних катушек 2102₂. Выступ 2106 взаимодействует с каналом 2109 в проводящих кольцах 2107. Согласно чертежу канал 2109 заполнен текучей средой, передающей ток через проводящий слой роторного узла 2103.

На фиг. 49 изображен график поля, созданного магнитными узлами турбины на фиг. 47 и фиг. 48. На графике видно, что такая конфигурация сверхпроводящих катушек создает нулевое поле или область гашения поля в пространстве между катушками 2102₁, 2102₂.

На фиг. 50 и фиг. 51 изображена еще одна возможная конфигурации турбины 2200 согласно одному варианту реализации настоящего изобретения. Согласно фиг. 50 турбина содержит пару магнитных узлов 2201₁, 2201₂ с роторным узлом 2202, размещенным на валу 2203, расположенном между ними. В этом случае каждый

магнитный узел 2201₁, 2201₂ содержит внутреннюю катушечную пару 2204₁ и внешнюю катушечную пару 2204₂, расположенные рядом. Катушки 2205₁ и 2205₂ из каждой пары 2204₁, 2204₂ катушек расположены концентрично с зазором между ними.

5 Роторный узел 2202 содержит внешний проводящий слой 2206, содержащий выступ 2207, взаимодействующий с каналом 2208 в проводящих кольцах 2209, расположенных в зазоре между внутренней катушечной парой 2204₁ и внешней катушечной парой 2204₂. Согласно фиг. 51 проводящий слой 2206 проходит через зазор между катушками 2205₁ и 2205₂ внутренней катушечной пары 2204₁ так, что выступ 2207 расположен в канале 10 2208 проводящего кольца 2209. Как и в приведенных выше примерах, канал 2208 заполнен текучей средой, передающей ток по проводящему слою роторного узла 2206.

На фиг. 52 изображен график поля, созданного магнитными узлами турбины на фиг. 50 и фиг. 51. На графике видно, что такая конфигурация сверхпроводящих катушек создает пару областей нулевого поля в области между внутренней катушечной парой 15 2204₁ и внешней катушечной парой 2204₂. Эта конструкция обеспечивает возможность удвоения количества щеток и, следовательно, удвоения тока, поступающего на роторный узел 2202. Однако, сложное расположение катушек существенно усложняет криогенную систему.

20 Следует понимать, что вышеописанные варианты реализации предложенного изобретения представлены только в качестве пояснительных примеров настоящего изобретения, и специалистам в данной области техники очевидны дополнительные модификации и улучшения, которые также попадают в объем настоящего изобретения согласно описанию.

25 Формула изобретения

1. Турбина, содержащая:

по меньшей мере одну пару разнесенных в продольном направлении магнитных компонентов;

30 барабанный узел, размещенный между магнитными компонентами и содержащий по меньшей мере один проводящий компонент;

токопередающее устройство, сопряженное с указанным по меньшей мере одним проводящим компонентом;

35 отличающаяся тем, что указанная по меньшей мере одна пара разнесенных в продольном направлении магнитных компонентов расположена с возможностью (a) обеспечения области рабочего магнитного поля между указанной по меньшей мере одной парой разнесенных магнитных компонентов и (b) определения областей нулевого магнитного поля, расположенных вне области рабочего магнитного поля, причем по меньшей мере в одной из областей нулевого магнитного поля расположена по меньшей мере часть указанного токопередающего устройства, а в области рабочего магнитного поля по меньшей мере частично расположен указанный по меньшей мере один проводящий компонент барабанного узла таким образом, что пропускание тока через указанный по меньшей мере один проводящий компонент посредством указанного токопередающего устройства вызывает вращение барабана.

40 2. Турбина по п. 1, в которой каждый магнитный компонент содержит по меньшей мере одну пару разнесенных сверхпроводящих катушек.

45 3. Турбина по п. 2, в которой по меньшей мере одна пара разнесенных сверхпроводящих катушек разнесена концентрично, причем области нулевого магнитного поля образованы в пространстве между указанной по меньшей мере одной

парой разнесенных сверхпроводящих катушек.

4. Турбина по п. 2, в которой по меньшей мере одна пара разнесенных сверхпроводящих катушек разнесена в продольном направлении, причем области нулевого магнитного поля образованы в пространстве между указанной по меньшей мере одной парой разнесенных сверхпроводящих катушек.

5. Турбина по п. 1, в которой каждый магнитный компонент содержит две пары сверхпроводящих катушек, при этом первая пара сверхпроводящих катушек разнесена концентрично друг от друга и вторая пара сверхпроводящих катушек разнесена концентрично друг от друга, причем вторая пара катушек разнесена в продольном направлении от первой пары, в сторону от барабанного узла, и в которой области нулевого магнитного поля образованы в пространстве между первой парой сверхпроводящих катушек и второй парой сверхпроводящих катушек и между сверхпроводящими катушками каждой из соответствующих первой и второй пар.

6. Турбина по п. 1, в которой по меньшей мере часть указанного токопередающего устройства, расположенная по меньшей мере в одной из областей нулевого магнитного поля, содержит жидкостное металлическое токопередающее устройство для обеспечения передачи тока между вращающимся барабанным узлом и неподвижным токопередающим компонентом.

7. Турбина по п. 1, в которой пара магнитных компонентов размещена с возможностью отталкивания для создания рабочего магнитного поля между ними.

8. Турбина по п. 1, содержащая множество барабанных узлов, размещенных между магнитными компонентами, причем каждый барабанный узел содержит множество проводящих компонентов, размещенных по окружности барабана, при этом проводящие компоненты соединены с образованием электрической цепи через каждый барабан, а барабаны электрически соединены друг с другом с образованием траектории протекания тока через турбину; при этом

пропускание тока по указанной траектории протекания тока вызывает синхронное вращение барабанов вокруг оси вращения.

9. Турбина по п. 1, содержащая множество барабанных узлов, размещенных между магнитными компонентами, причем каждый барабанный узел содержит множество проводящих компонентов, размещенных по окружности барабана, при этом проводящие компоненты соединены с образованием электрической цепи через каждый барабан, а барабаны электрически соединены друг с другом с образованием траектории протекания тока через турбину; при этом

35 пропускание тока по указанной траектории протекания тока вызывает вращение барабанов в противоположных направлениях вокруг оси вращения.

10. Турбина по п. 1, содержащая по меньшей мере пару барабанных узлов, размещенных между магнитными компонентами с возможностью вращения вокруг общей оси, причем первый барабанный узел содержит множество проводящих компонентов, размещенных по окружности барабана, а второй барабанный узел содержит множество проводящих компонентов, размещенных радиально от указанной оси, при этом проводящие компоненты второго барабанного узла размещены ближе к магнитным компонентам, чем проводящие компоненты первого барабанного узла;

45 причем проводящие компоненты соединены с образованием электрической цепи через барабан, а барабаны электрически соединены друг с другом с образованием траектории протекания тока через турбину; при этом

пропускание тока по траектории протекания тока вызывает вращение барабанов вокруг оси вращения;

причем проводящие компоненты первого барабанного узла размещены в части магнитного поля, которая по существу перпендикулярна указанной оси вращения, а проводящие компоненты второго барабанного узла размещены в части магнитного поля, которая по существу параллельна указанной оси вращения.

⁵ 11. Турбина по п. 10, в которой смежные проводящие компоненты электрически изолированы и отделены друг от друга.

12. Турбина по п. 11, в которой смежные проводящие компоненты разделены множеством непроводящих разделительных компонентов.

¹⁰ 13. Турбина по п. 11 или 12, в которой электрическая цепь через барабан образована путем соединения смежных проводящих компонентов посредством множества токопередающих компонентов, размещенных по окружности барабана.

14. Турбина по п. 1, в которой магнитные компоненты представляют собой электромагниты.

¹⁵ 15. Турбина по п. 14, в которой электромагниты образованы из катушек, выполненных с использованием высокотемпературной сверхпроводящей ленты.

20

25

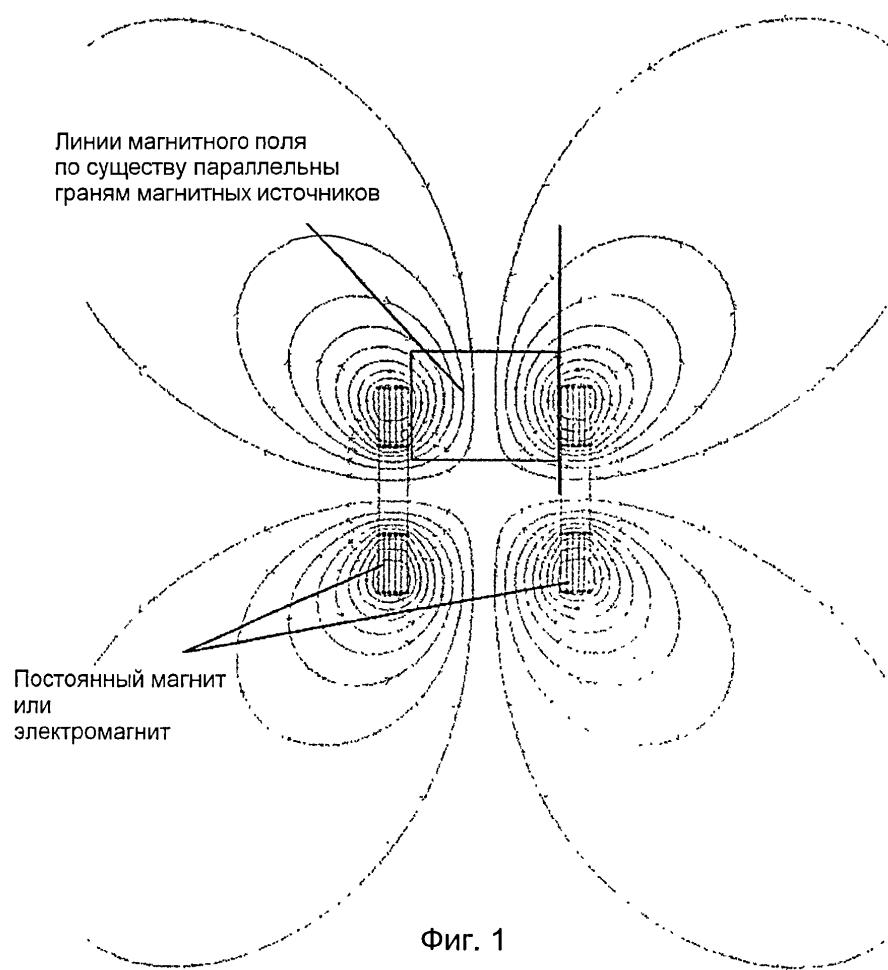
30

35

40

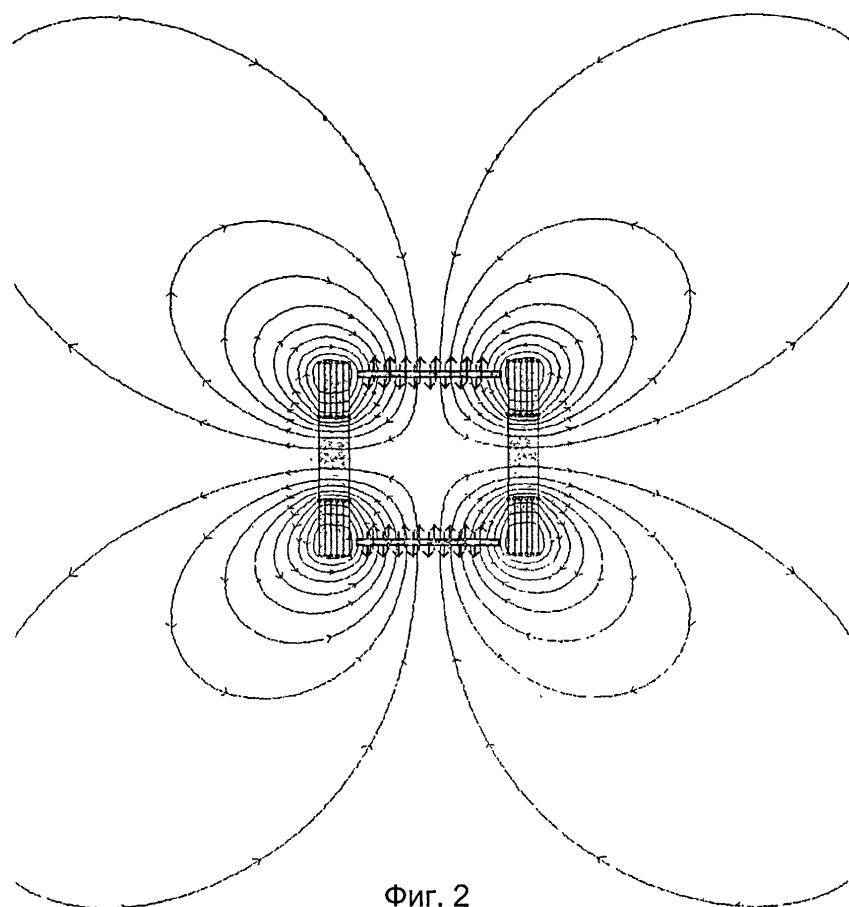
45

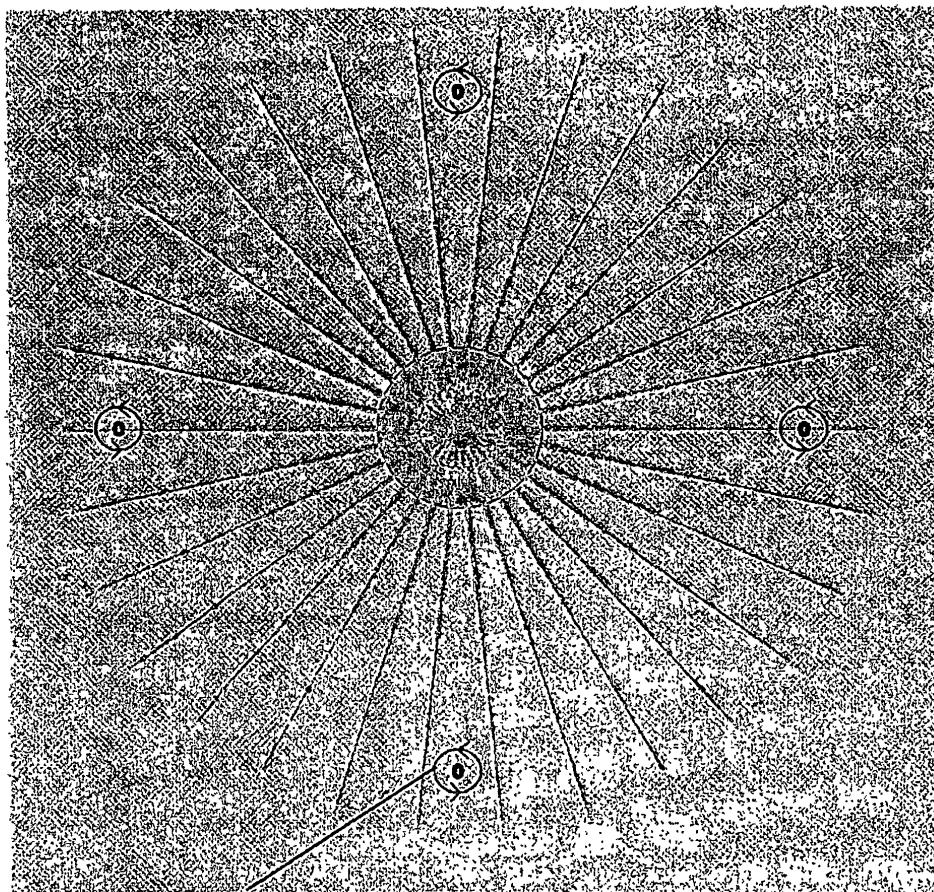
1/47



2/47

Красные линии магнитного потока нейтрализуют или уменьшают линии внешних полей, а синие линии увеличивают их. Следовательно, верхний стержень смещается вверх, а нижний смещается вниз.

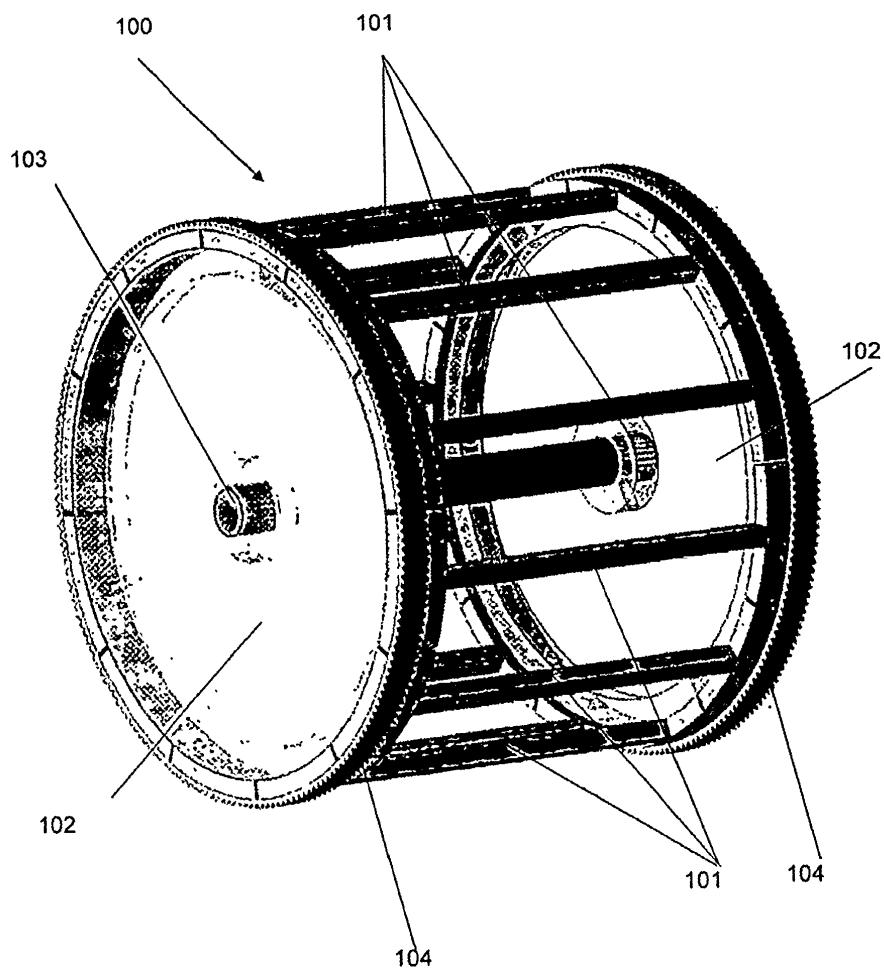




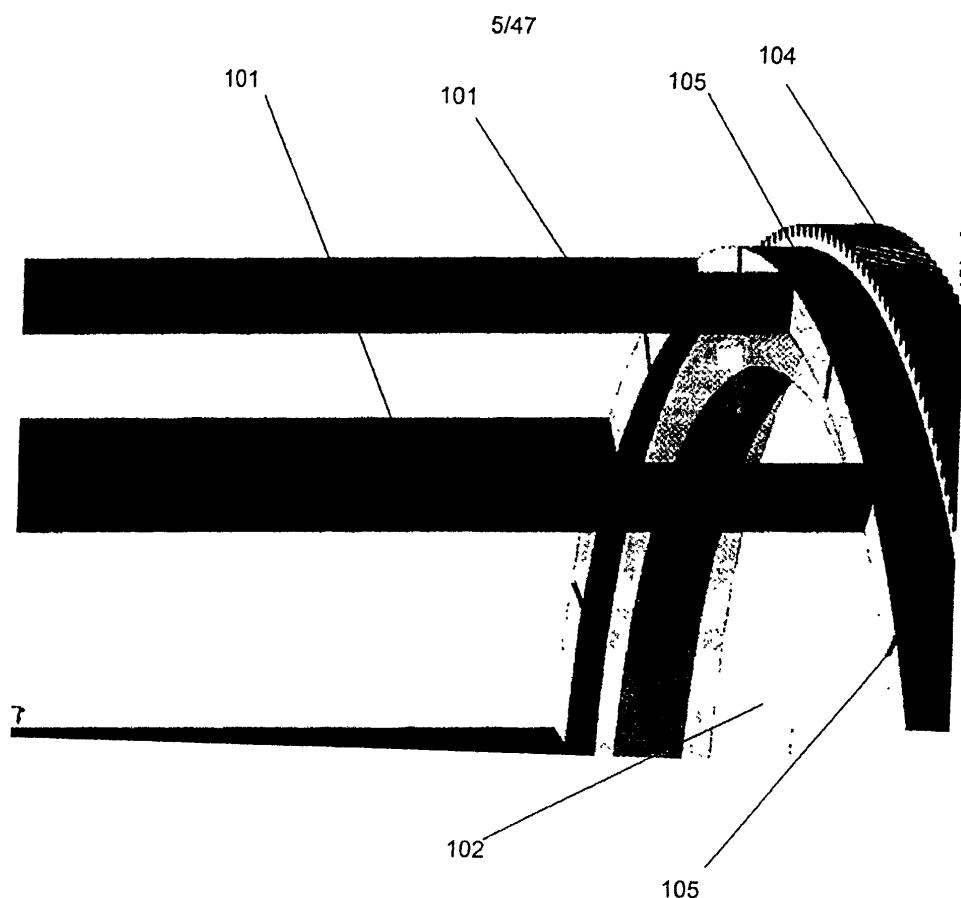
Поле вокруг проводника, взаимодействует с
линиями поля вокруг электромагнита/магнита.

ФИГ . 3

4/47

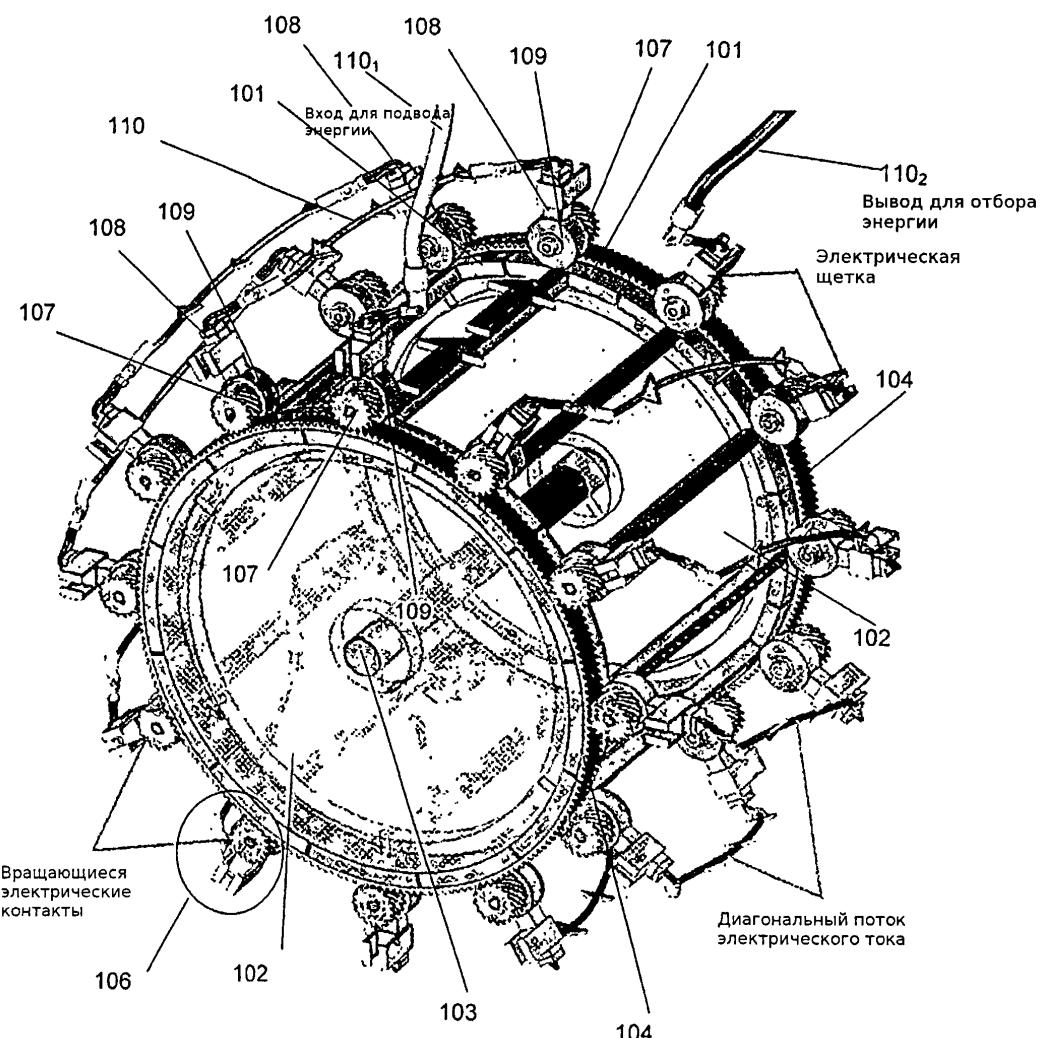


ФИГ. 4

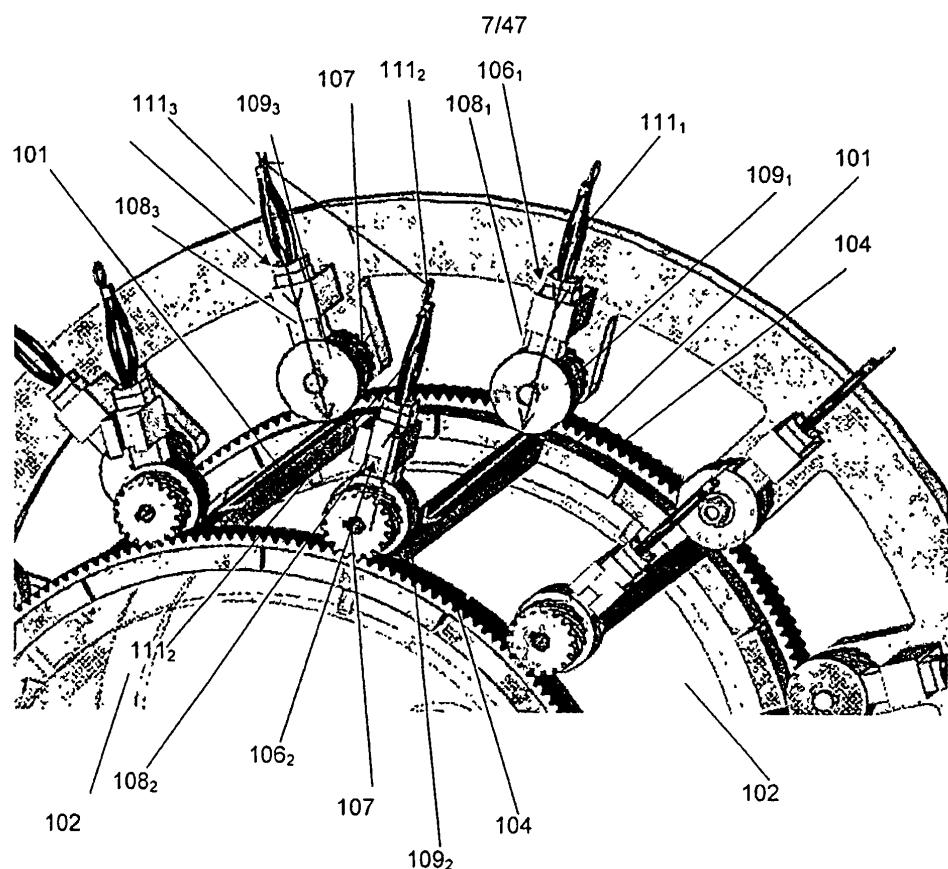


ФИГ. 5

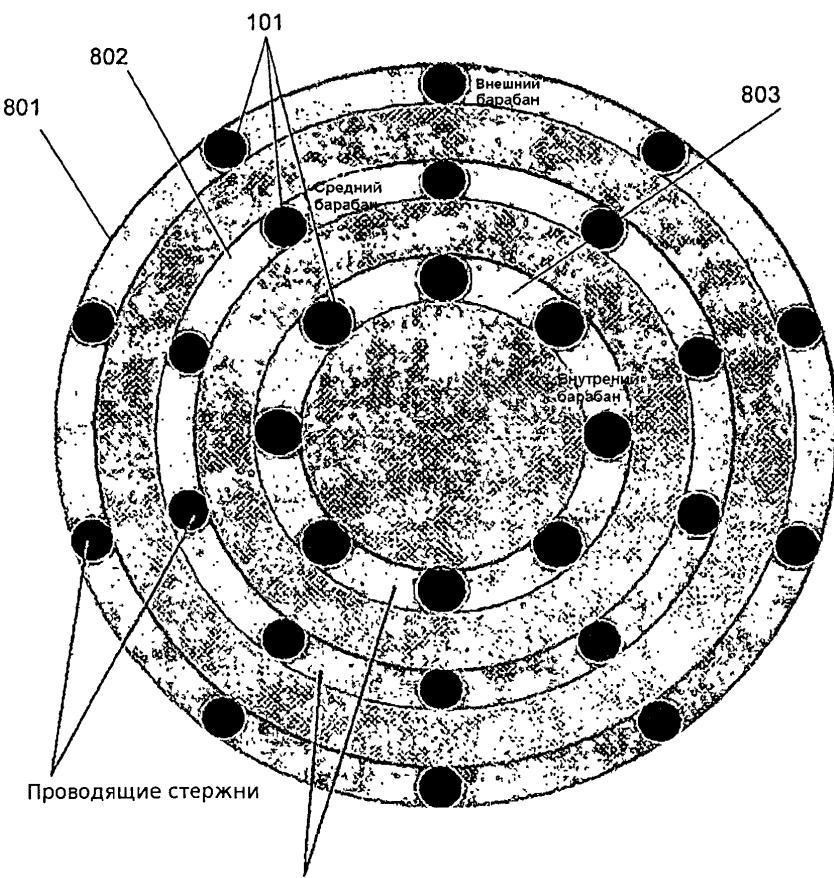
6/47



Фиг. 6



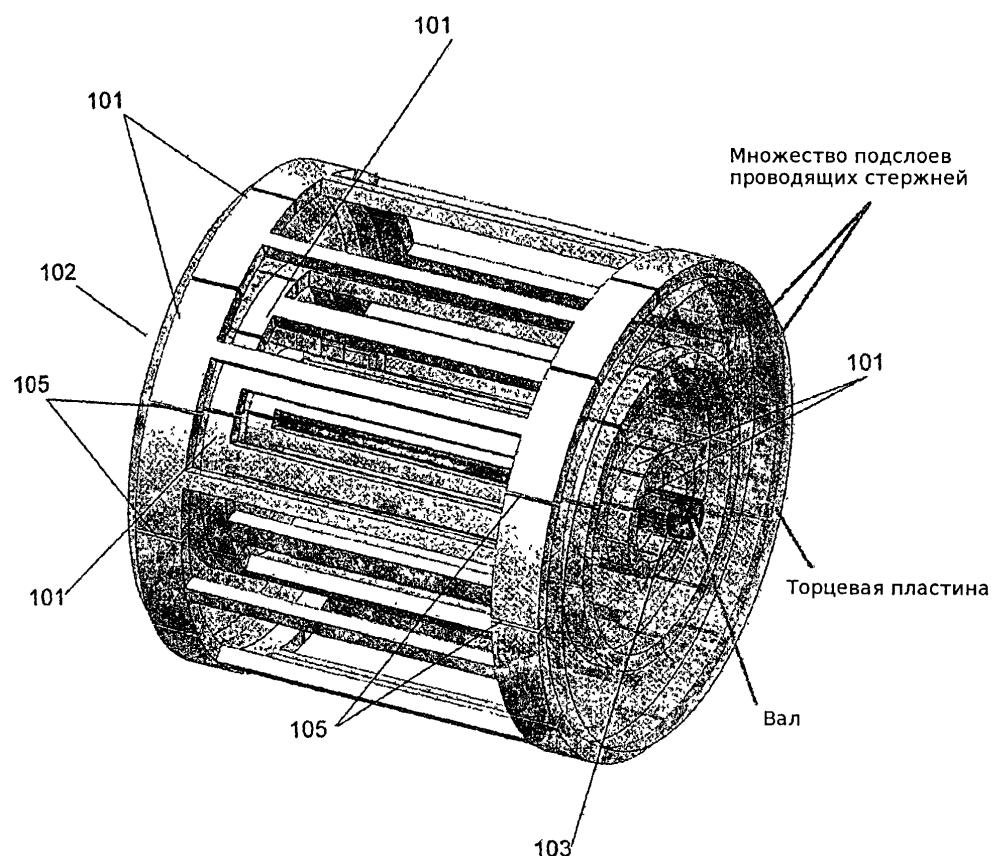
ФИГ. 7



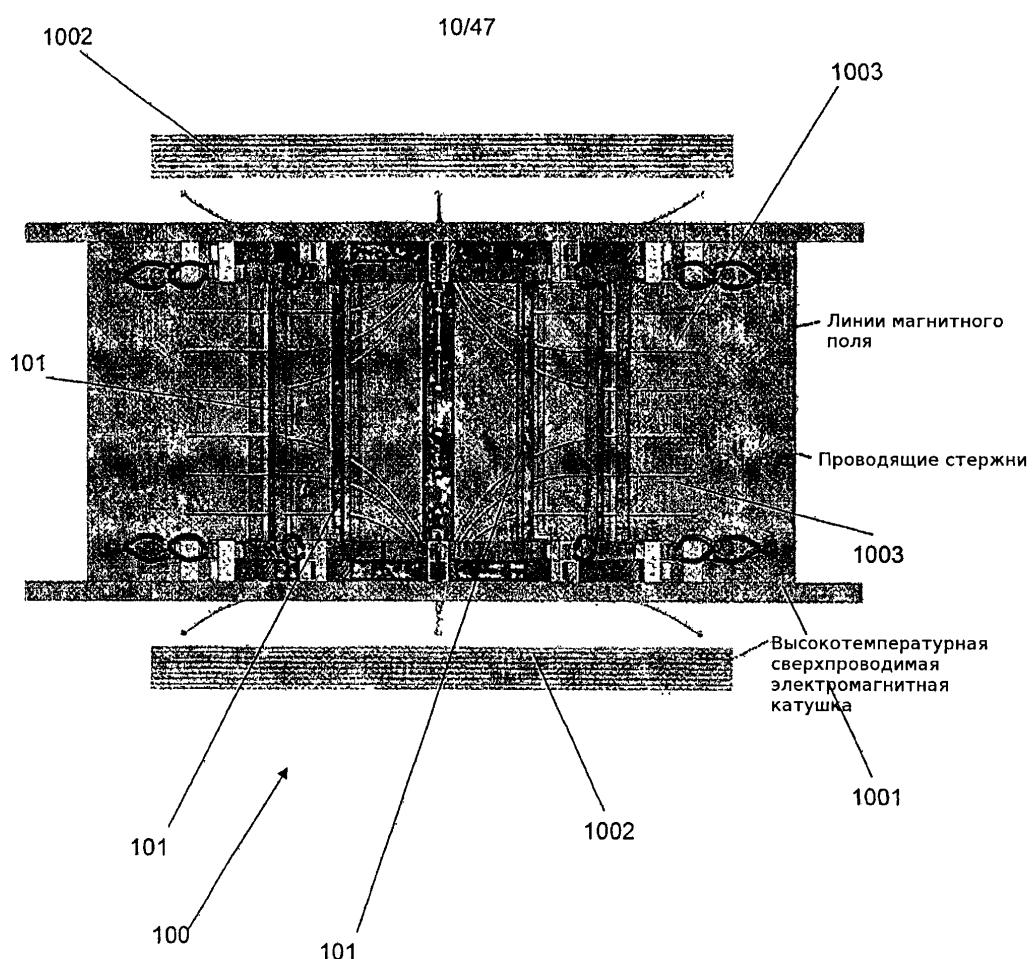
Малые барабаны с проводящими
стержнями в большем барабане из
проводящих стержней

Фиг. 8

9/47

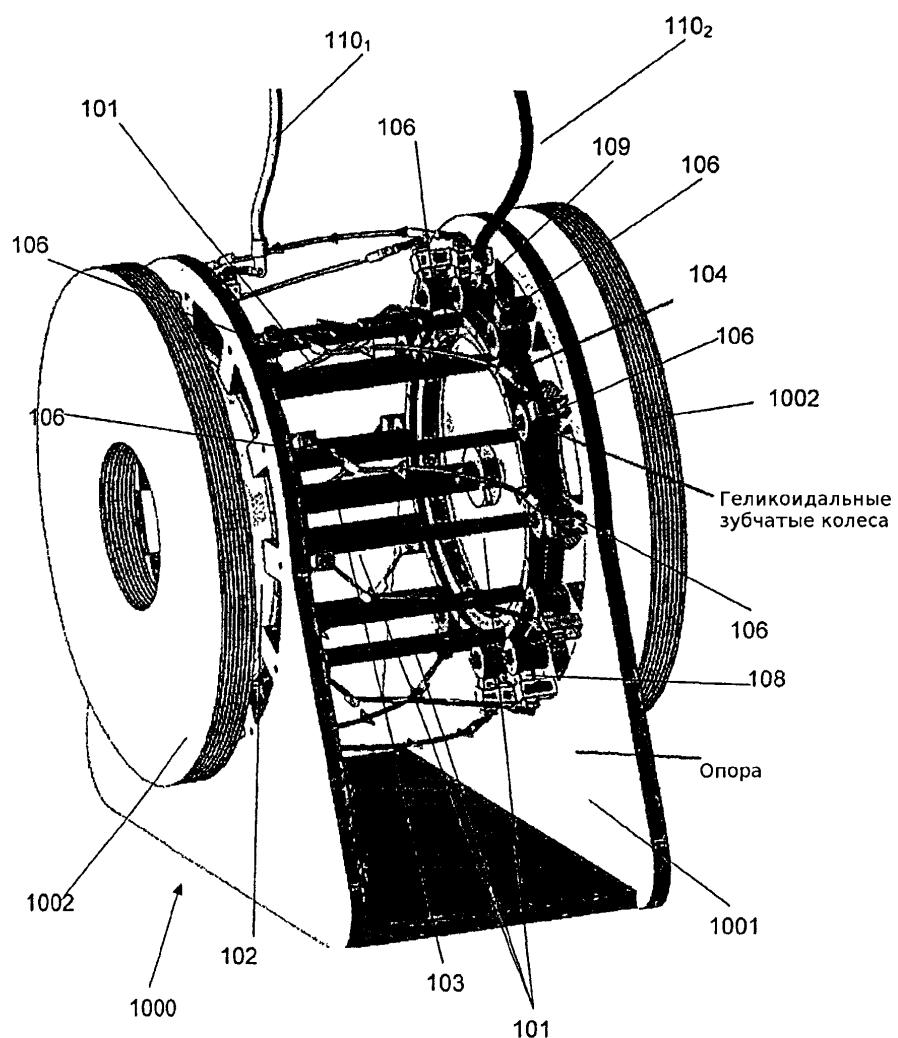


ФИГ. 9



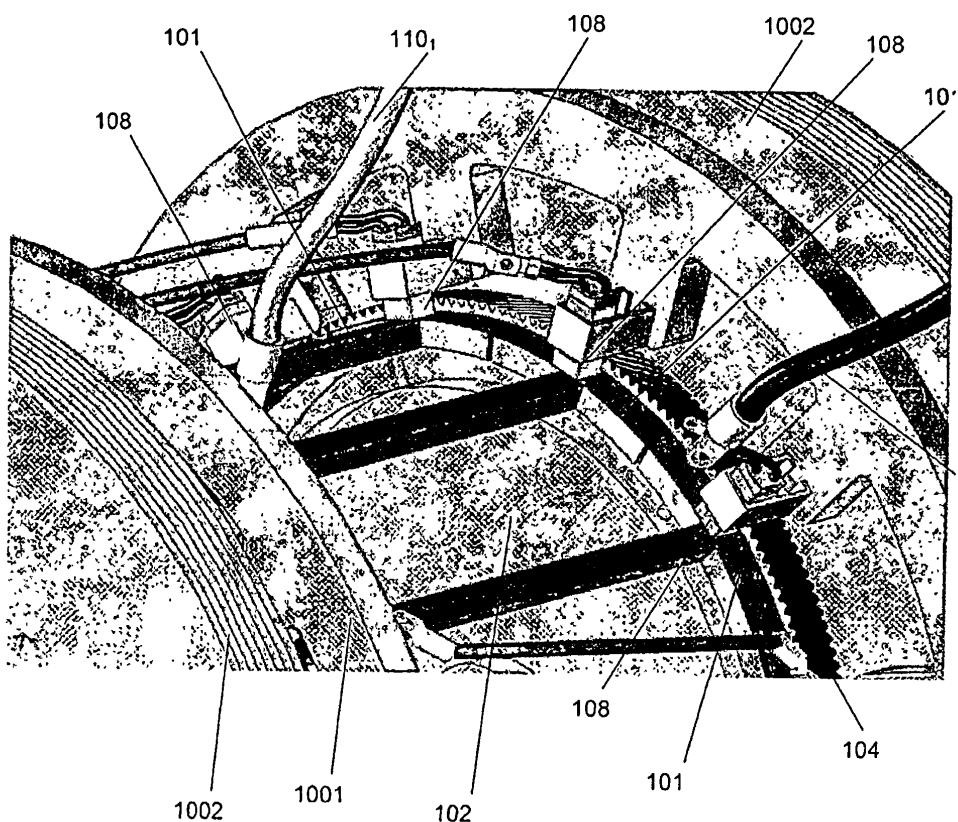
Фиг. 10

11/47



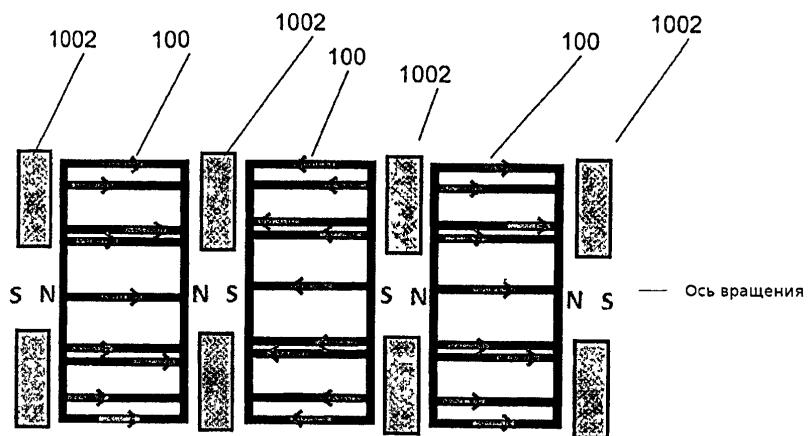
Фиг. 11

12/47



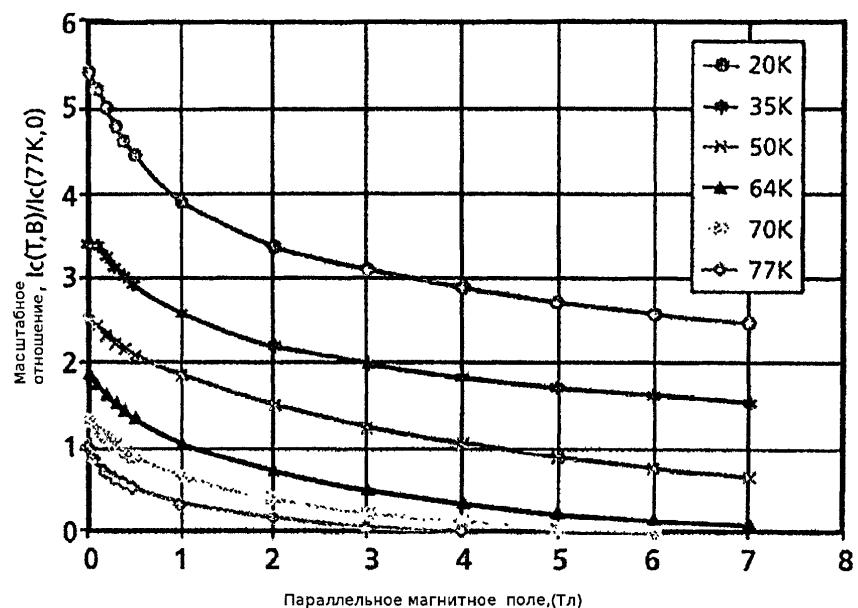
ФИГ. 12

13/47

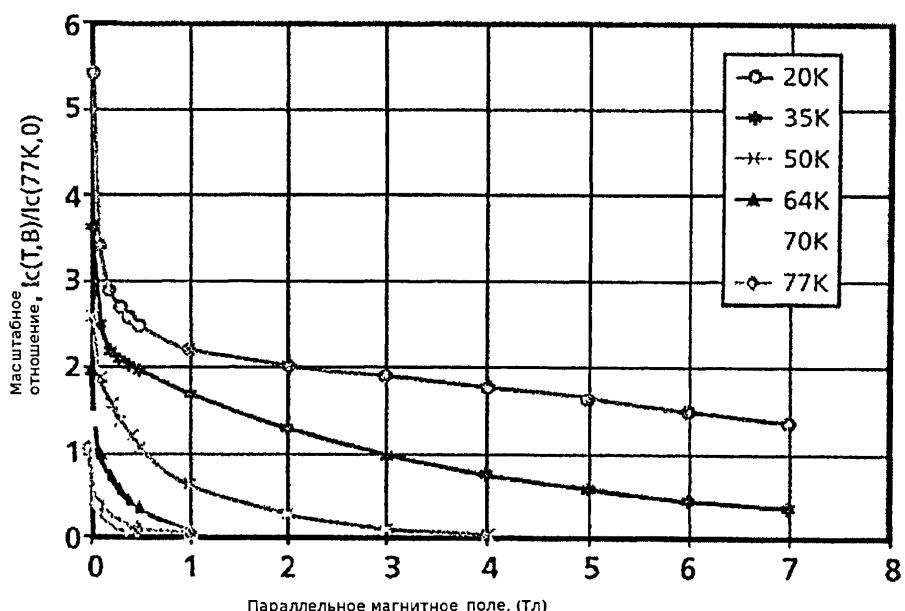


Фиг. 13

14/47

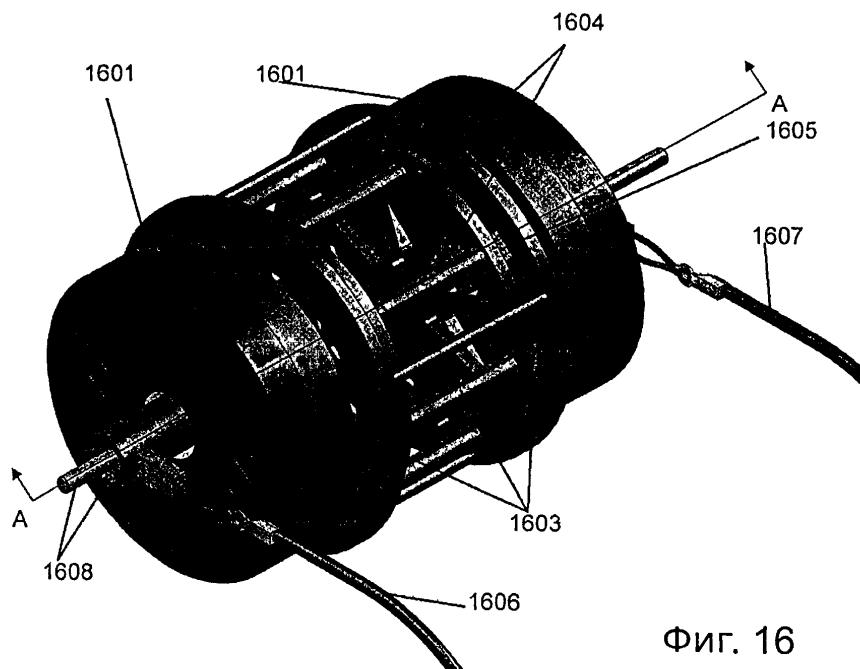


Фиг. 14

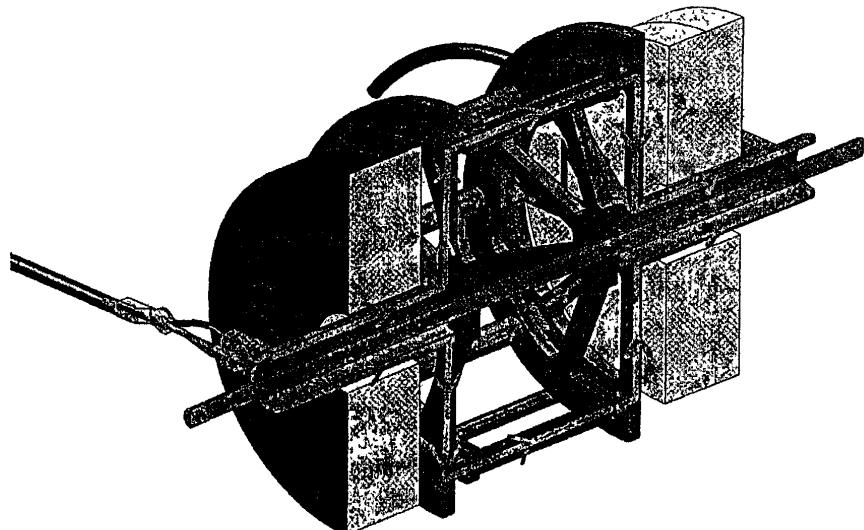


Фиг. 15

15/47

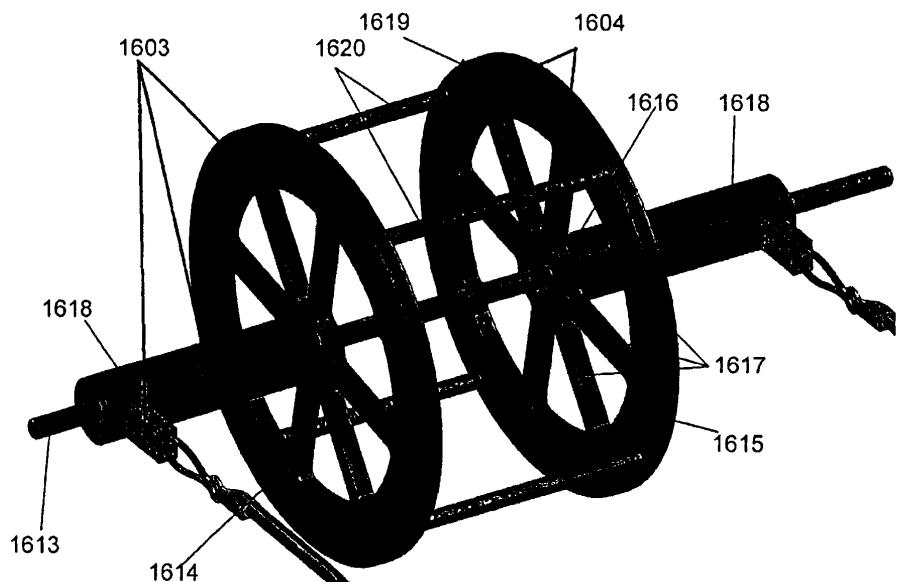


Фиг. 16

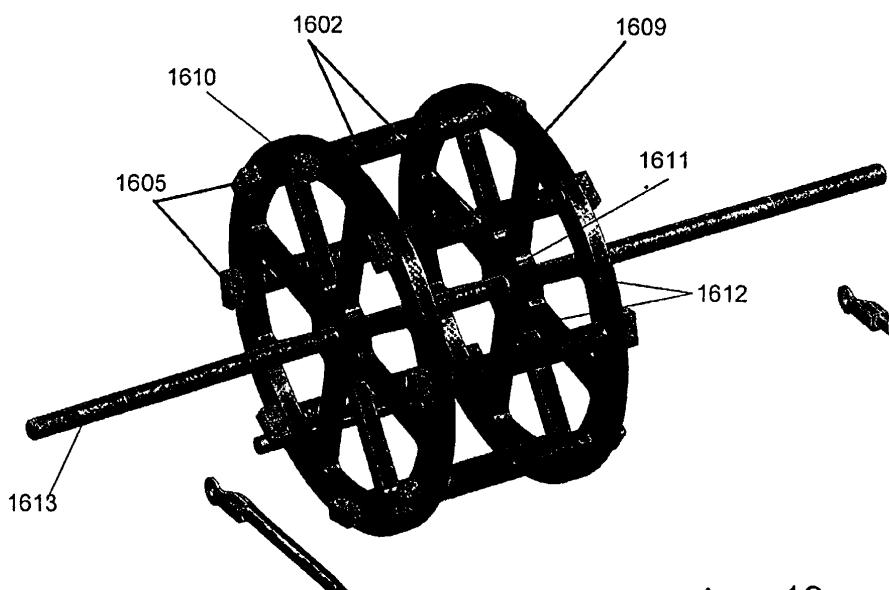


Фиг. 17

16/47

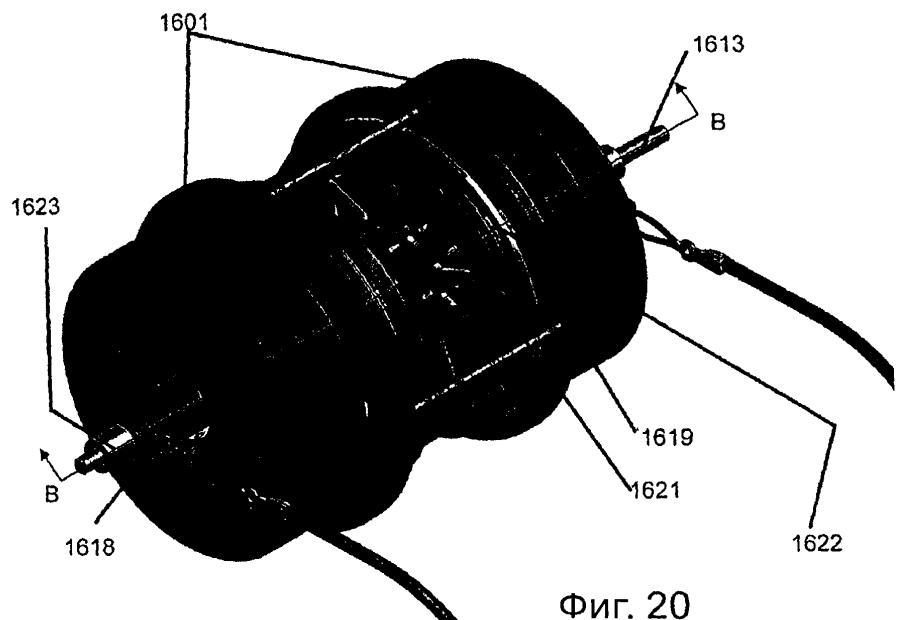


ФИГ. 18

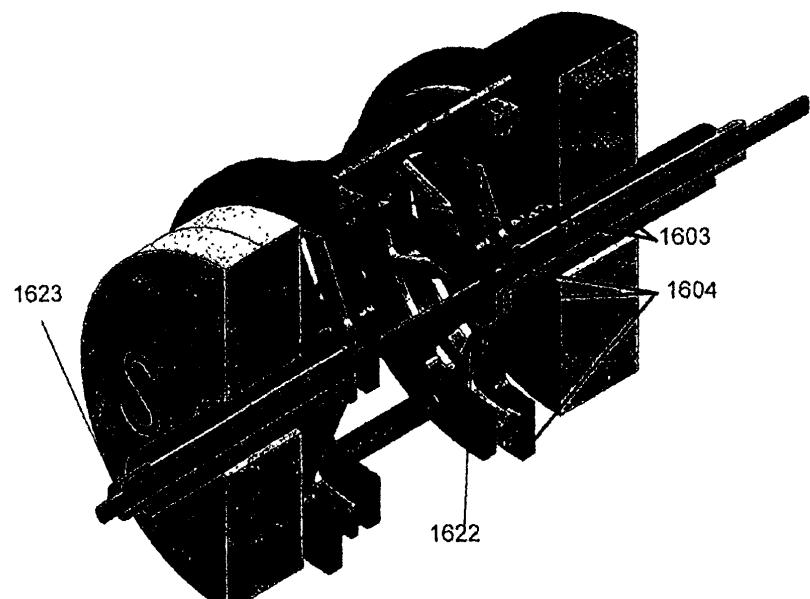


ФИГ. 19

17/47

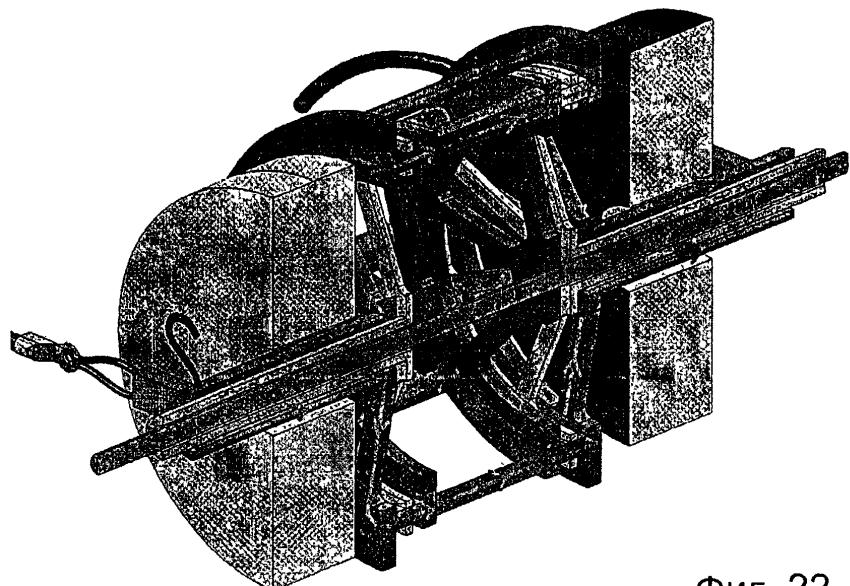


Фиг. 20

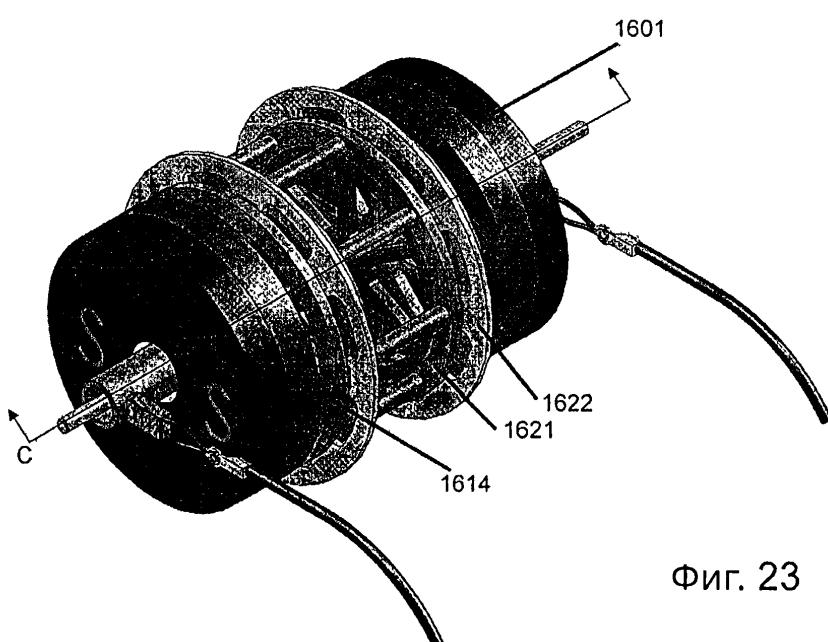


Фиг. 21

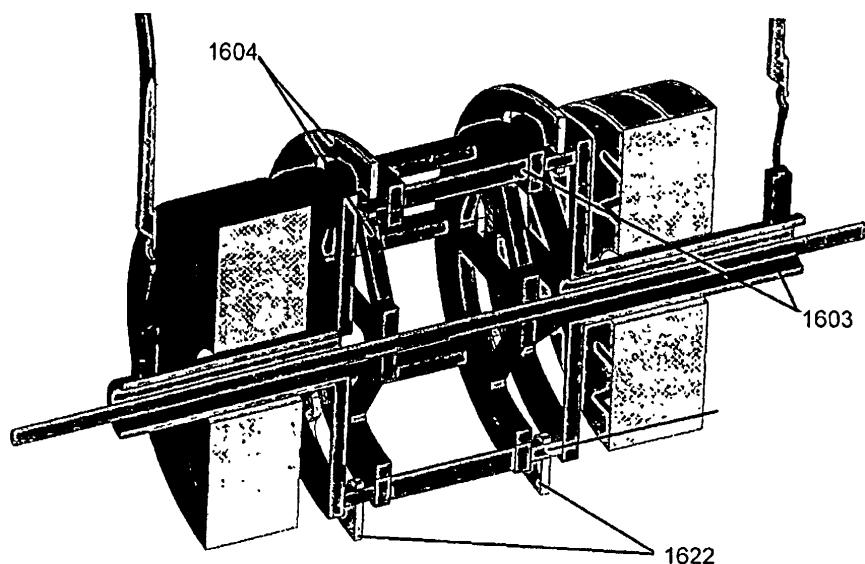
18/47



Фиг. 22

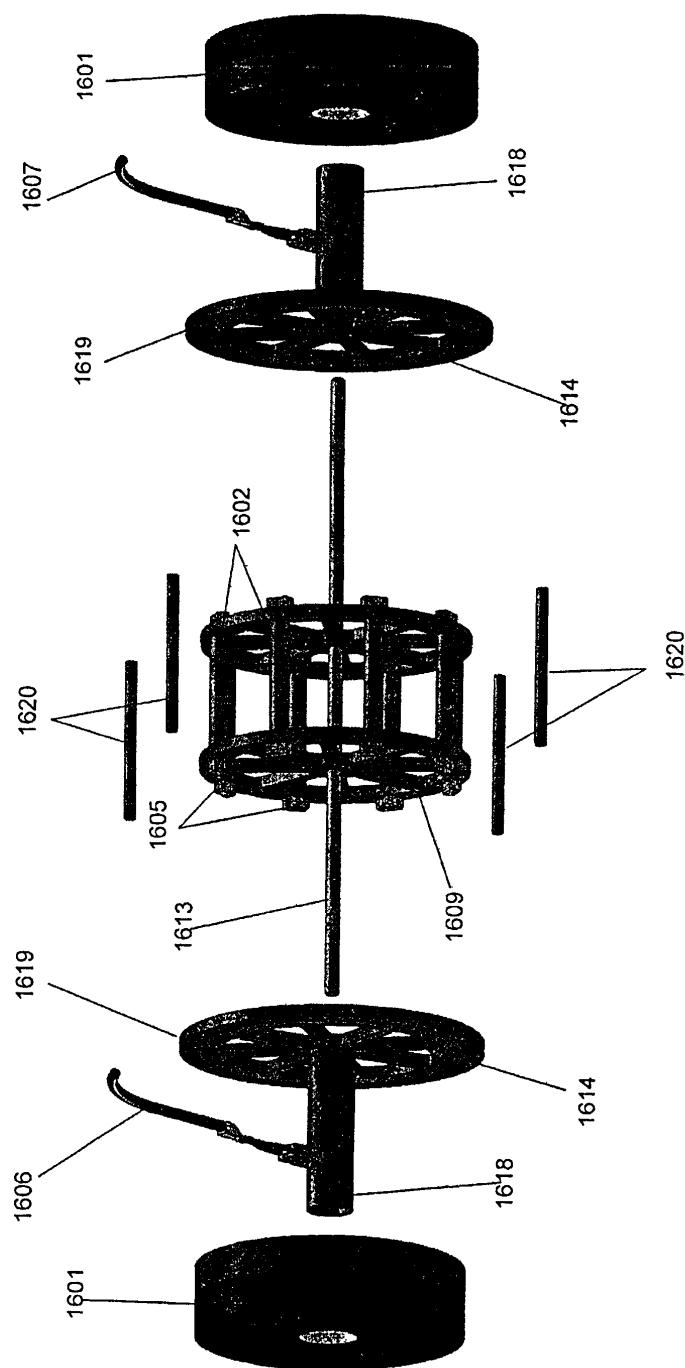


Фиг. 23

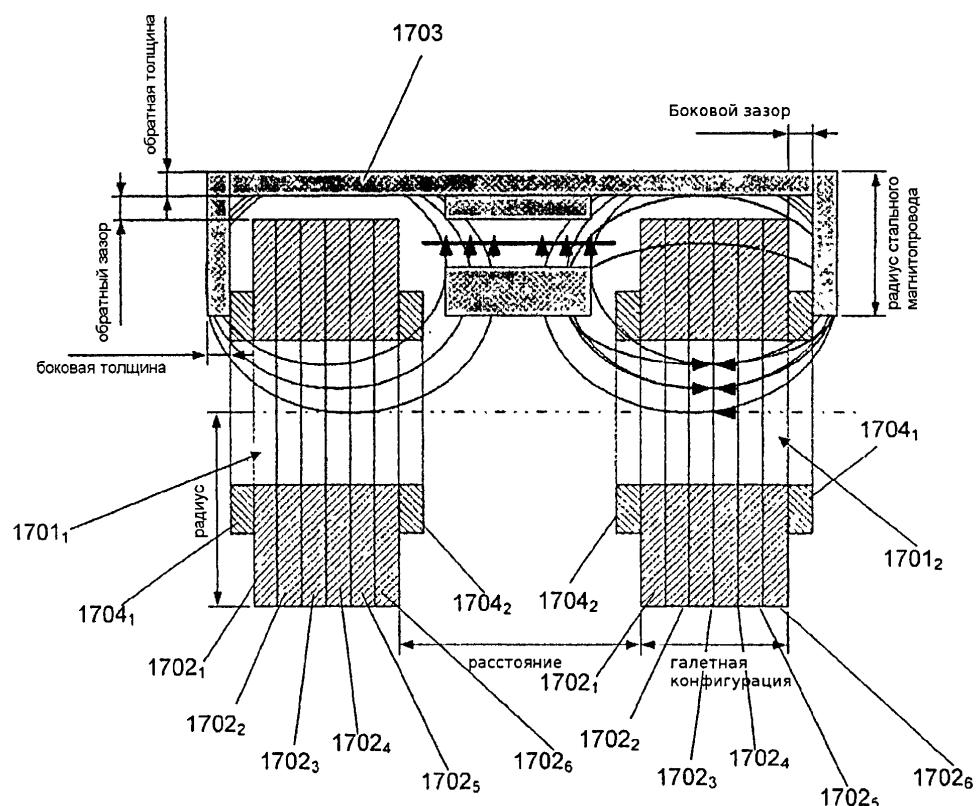


Фиг. 24

20/47

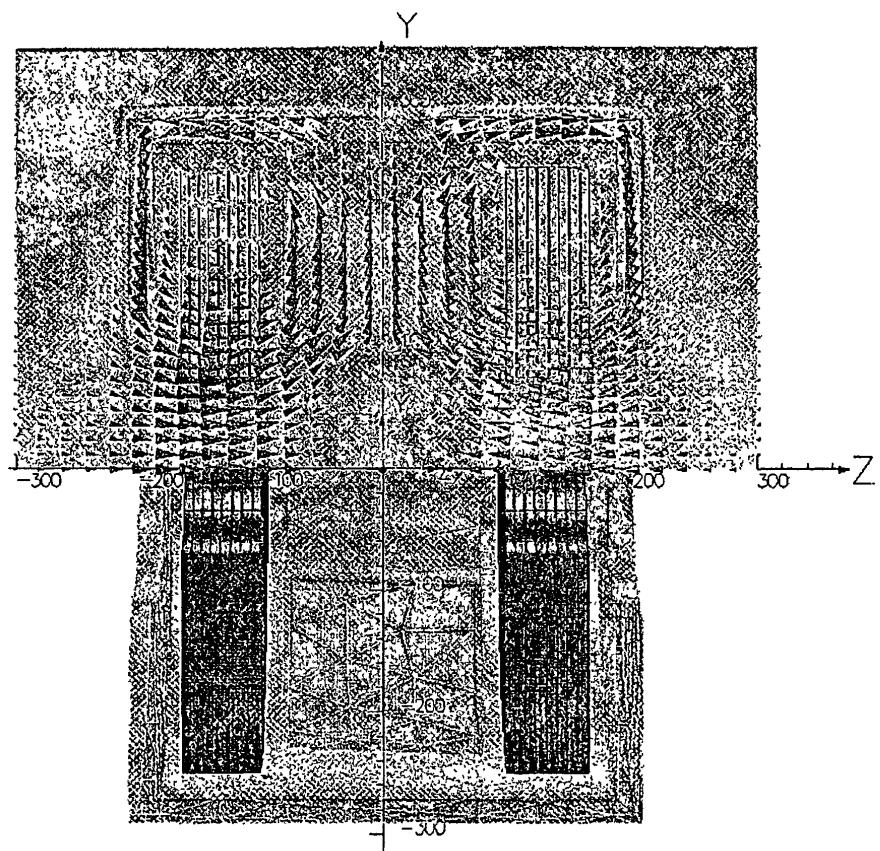


Фиг. 25

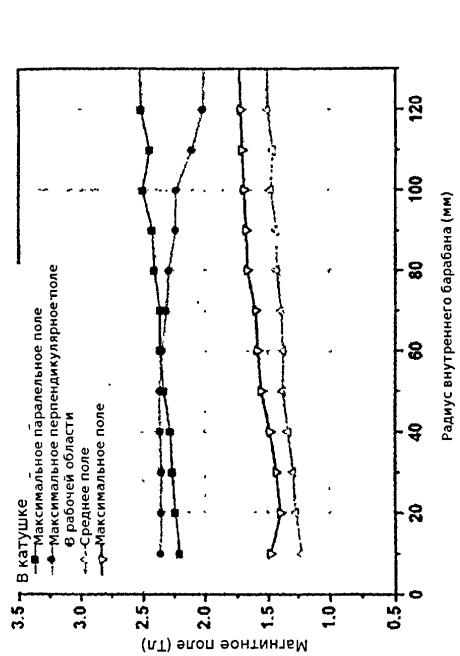


Фиг. 26

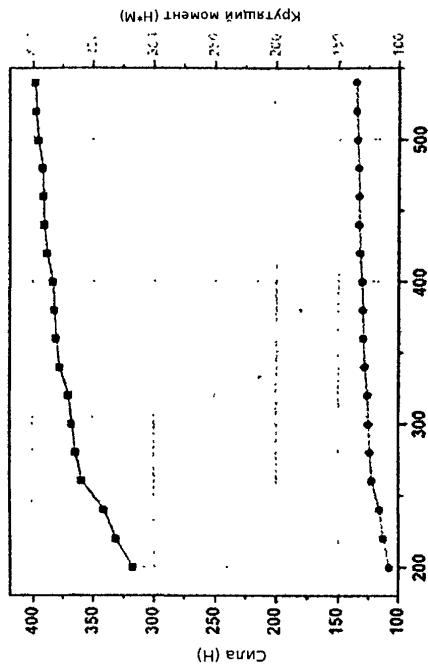
22/47



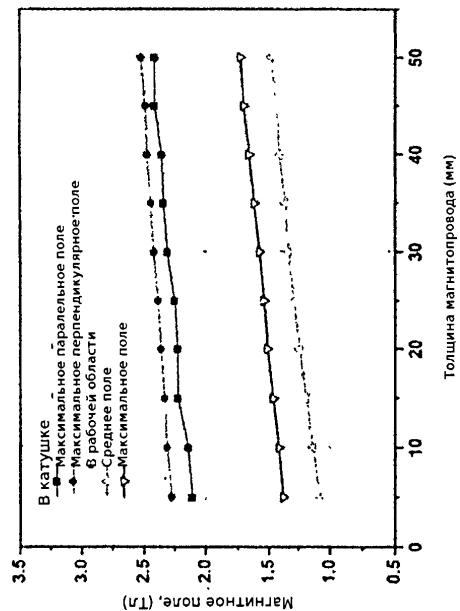
Фиг. 27



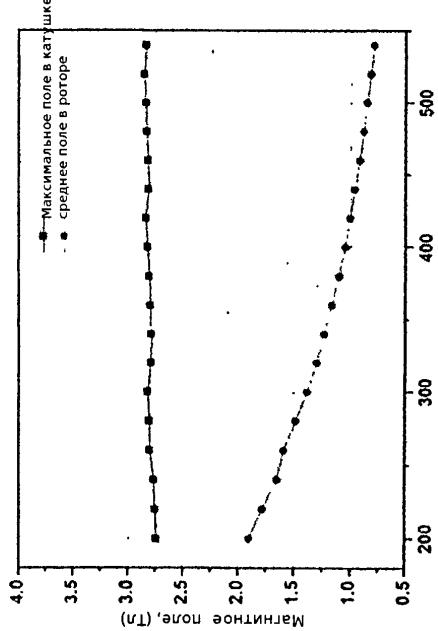
ФИГ. 28В



ФИГ. 28Д

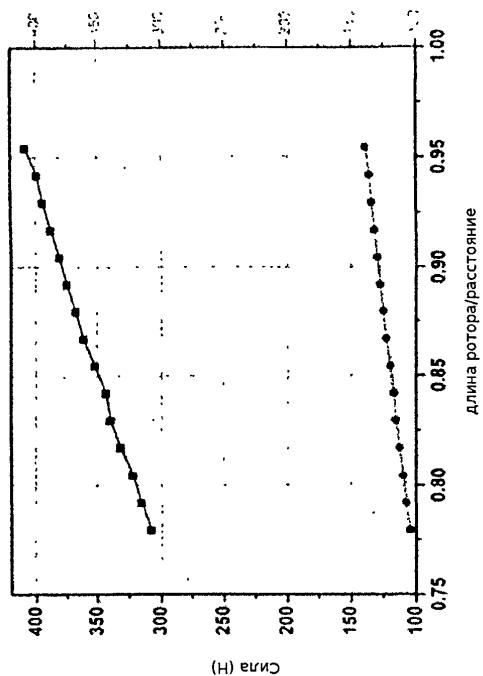


ФИГ. 28А

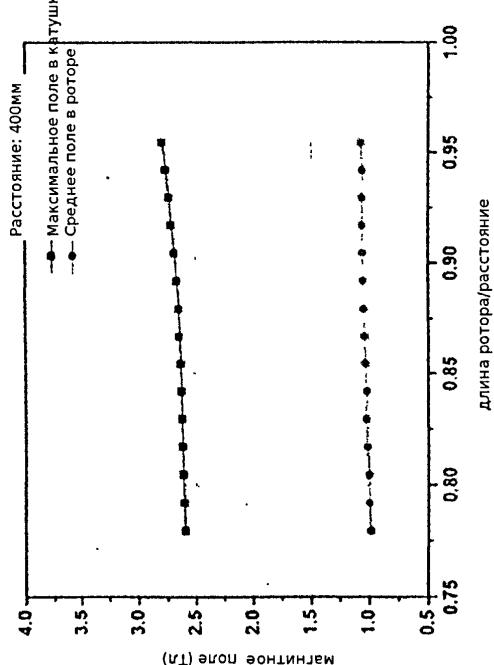


ФИГ. 28С

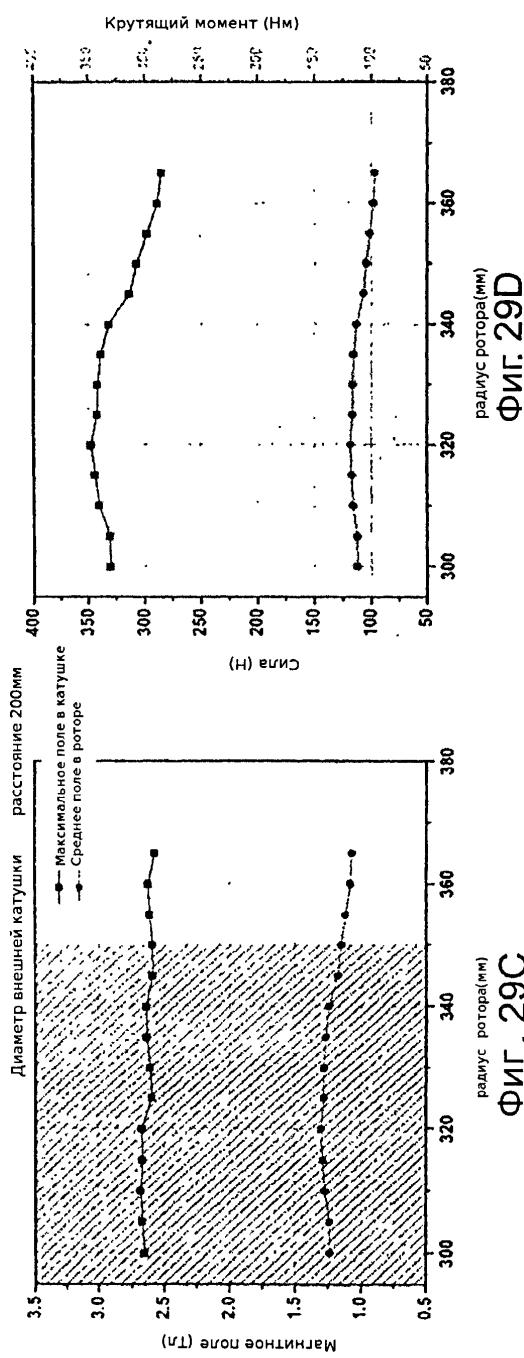
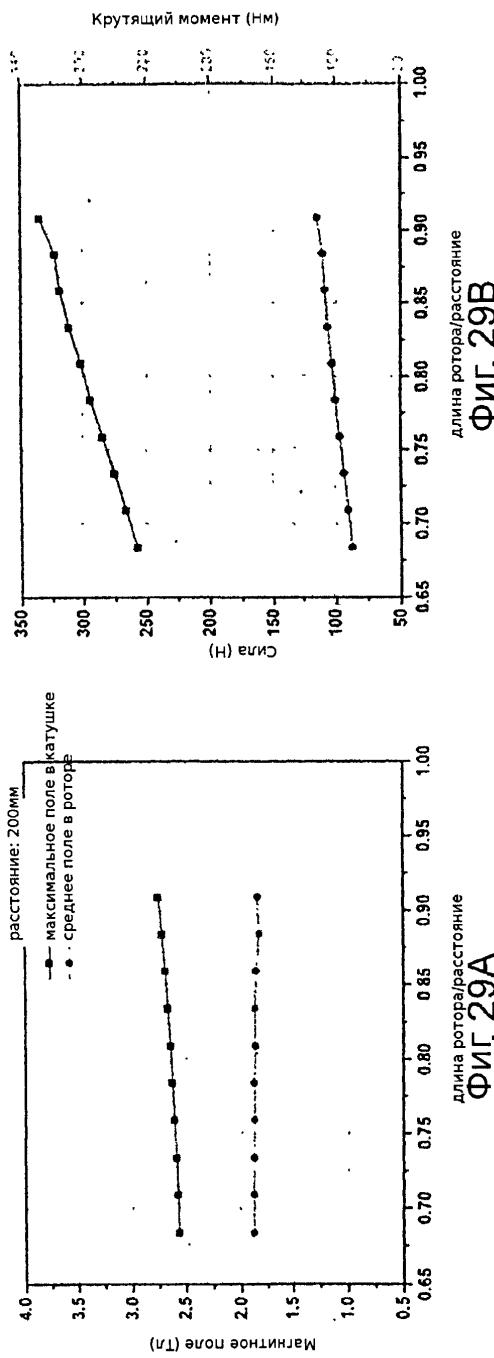
24/47

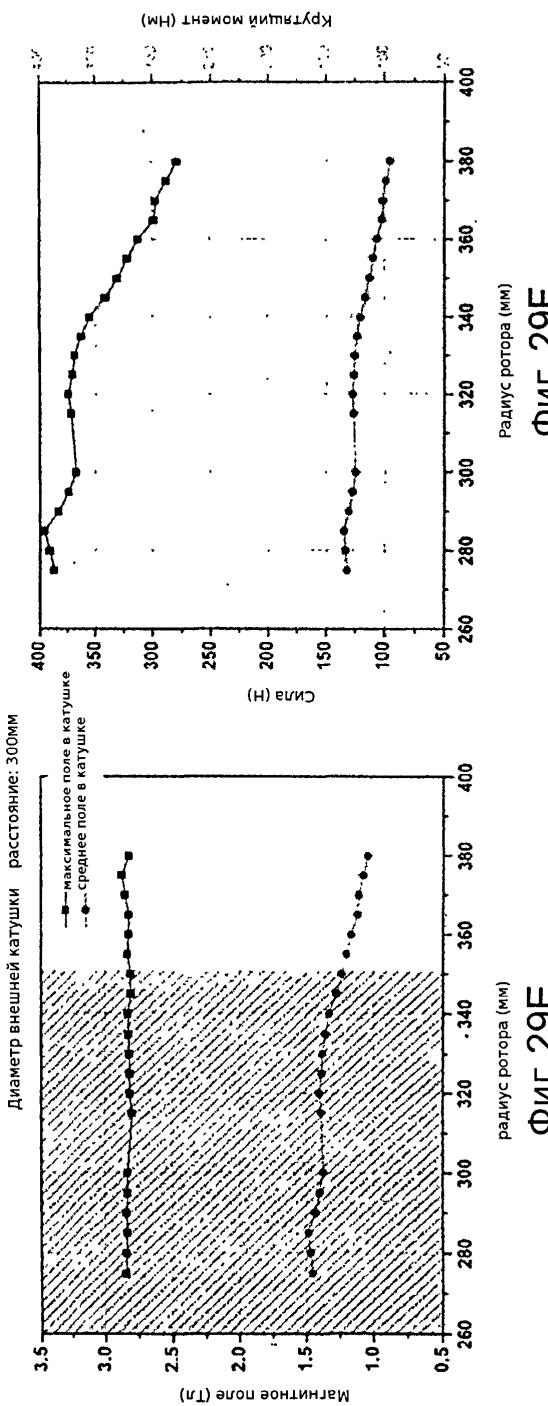
Крутящий момент ($N \cdot M$)

ФИГ. 28F

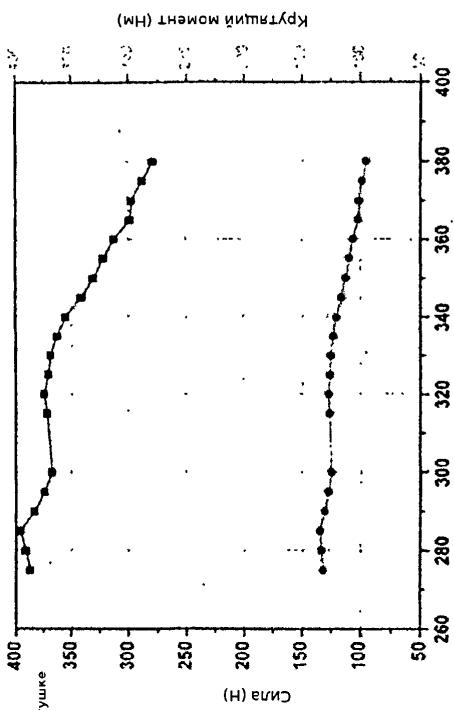


ФИГ. 28E



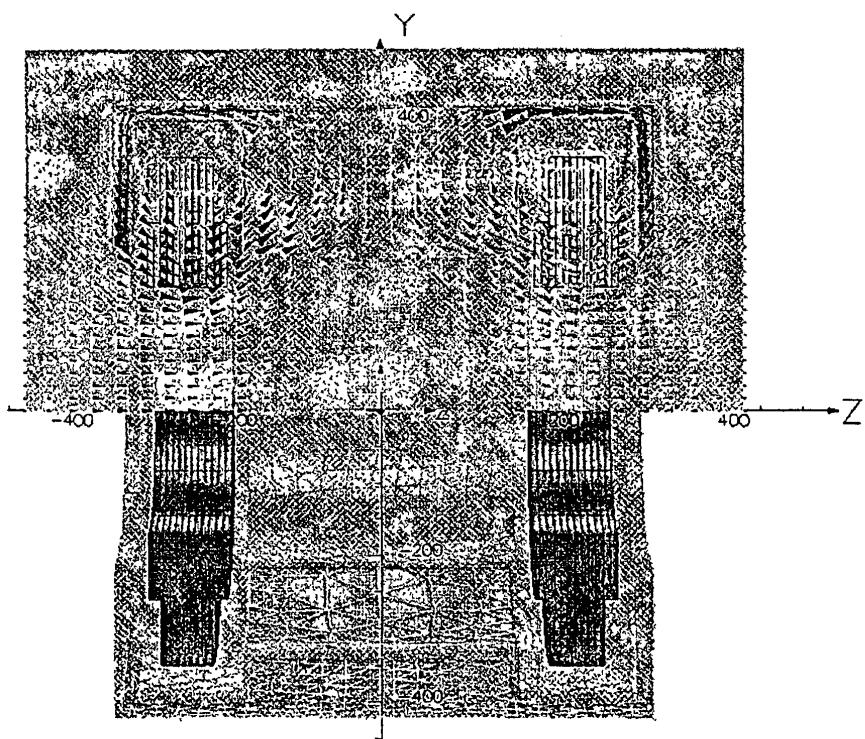


ФИГ. 29F

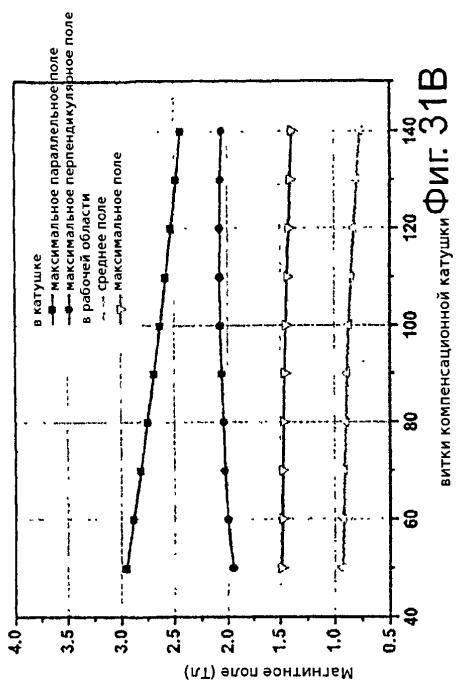


ФИГ. 29F

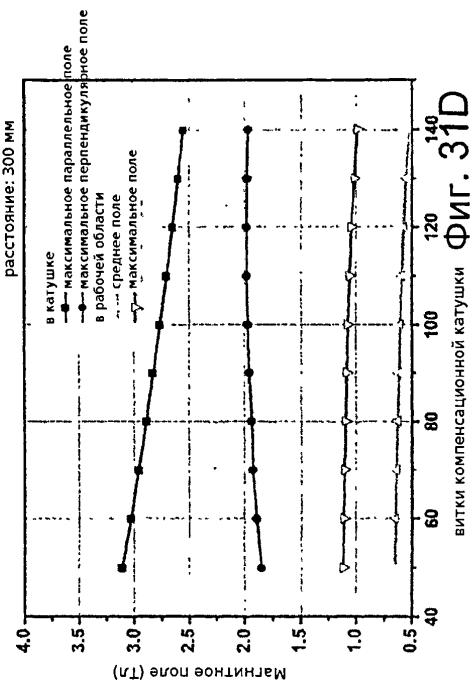
27/47



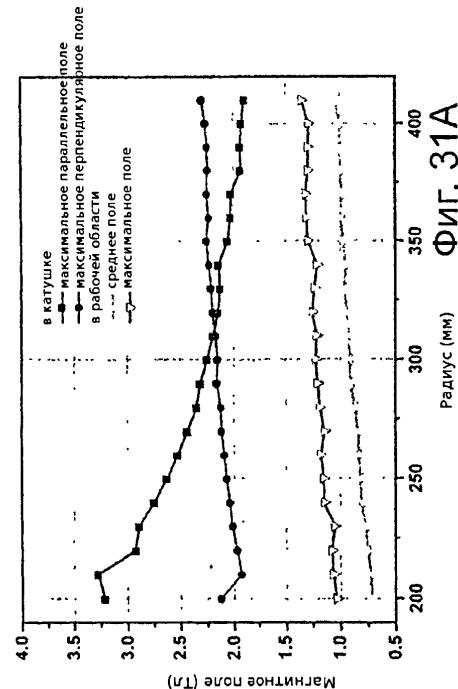
Фиг. 30



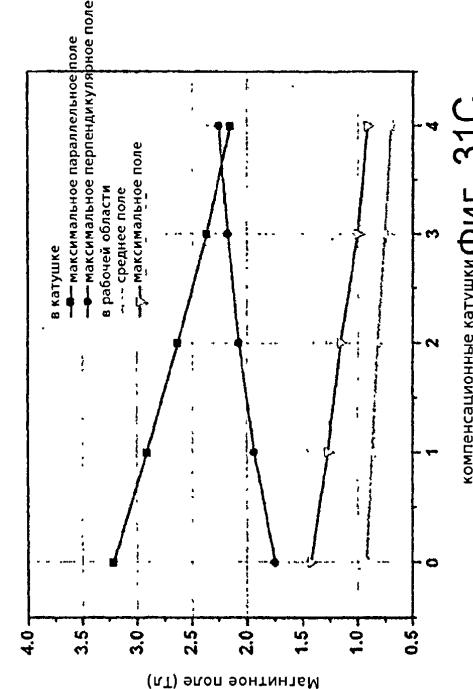
ФИГ. 31В



ФИГ. 31Д

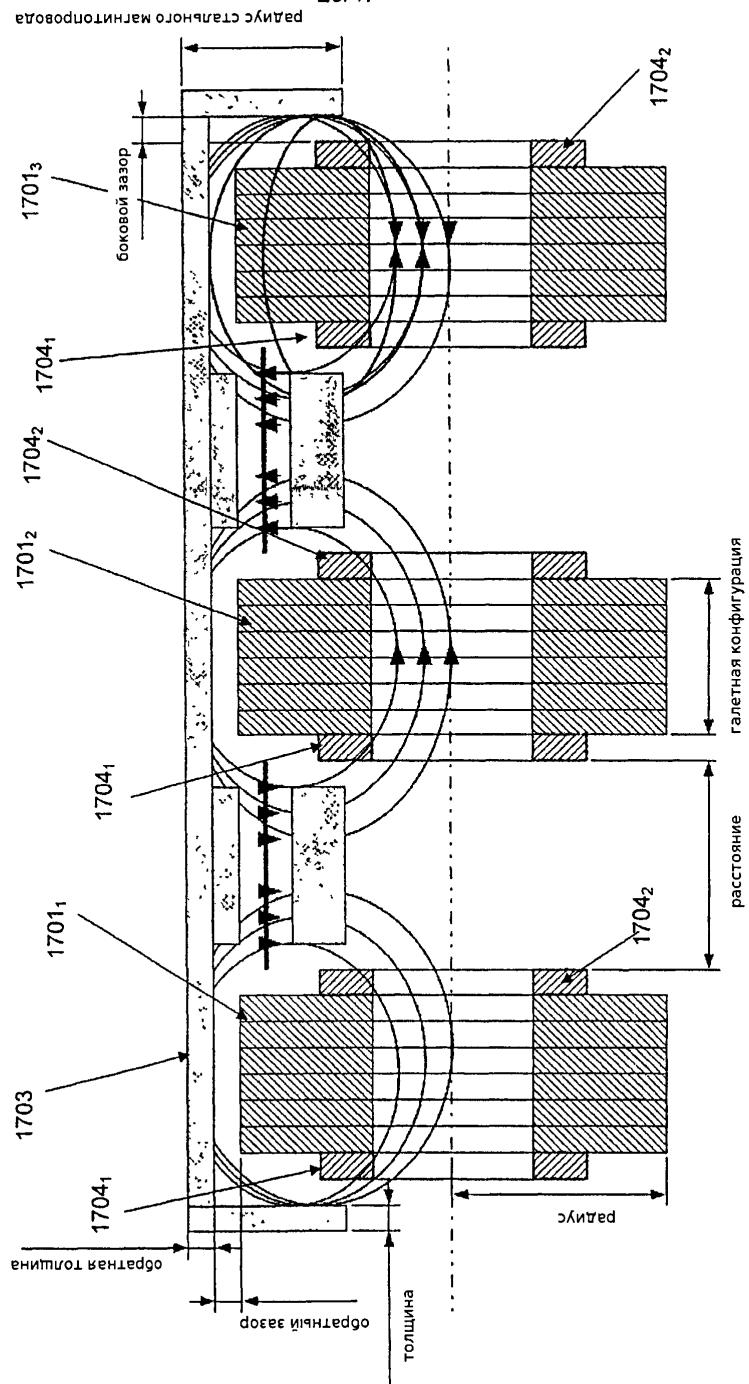


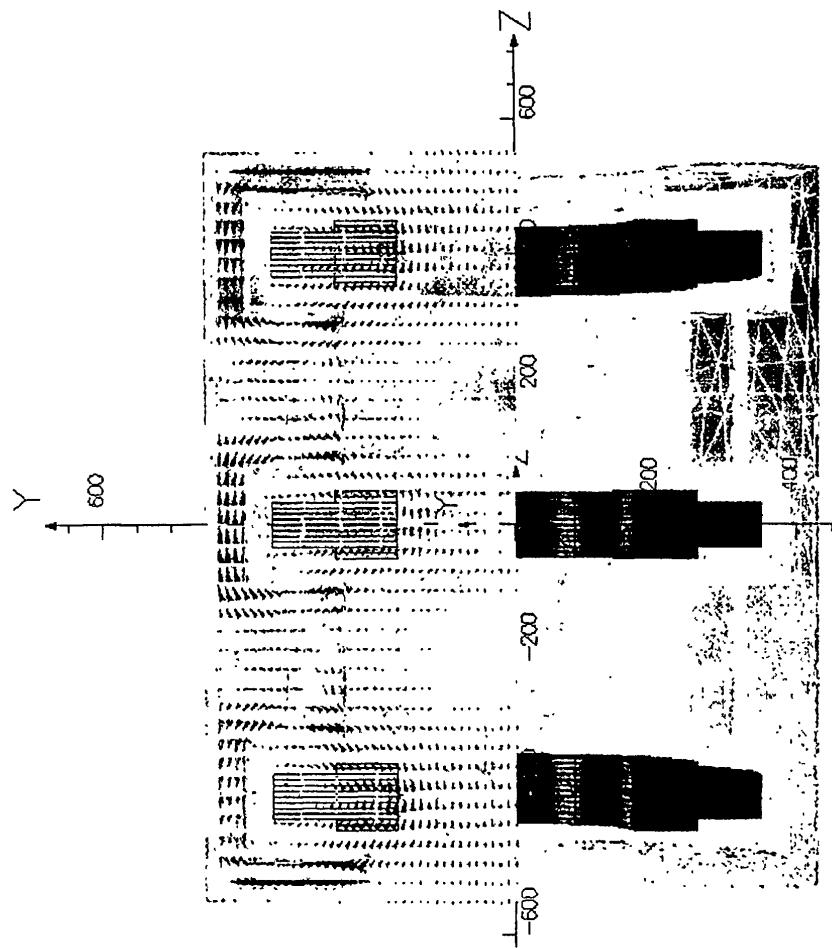
ФИГ. 31А



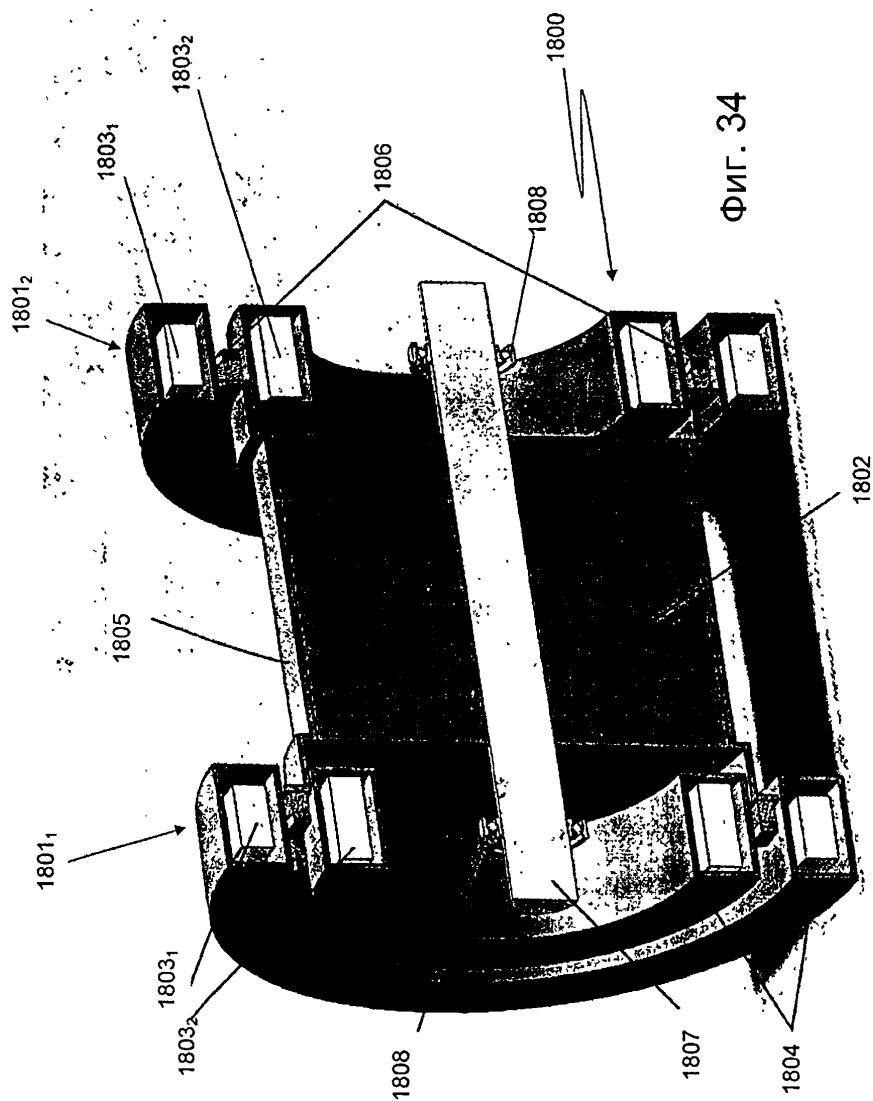
ФИГ. 31С

29/47



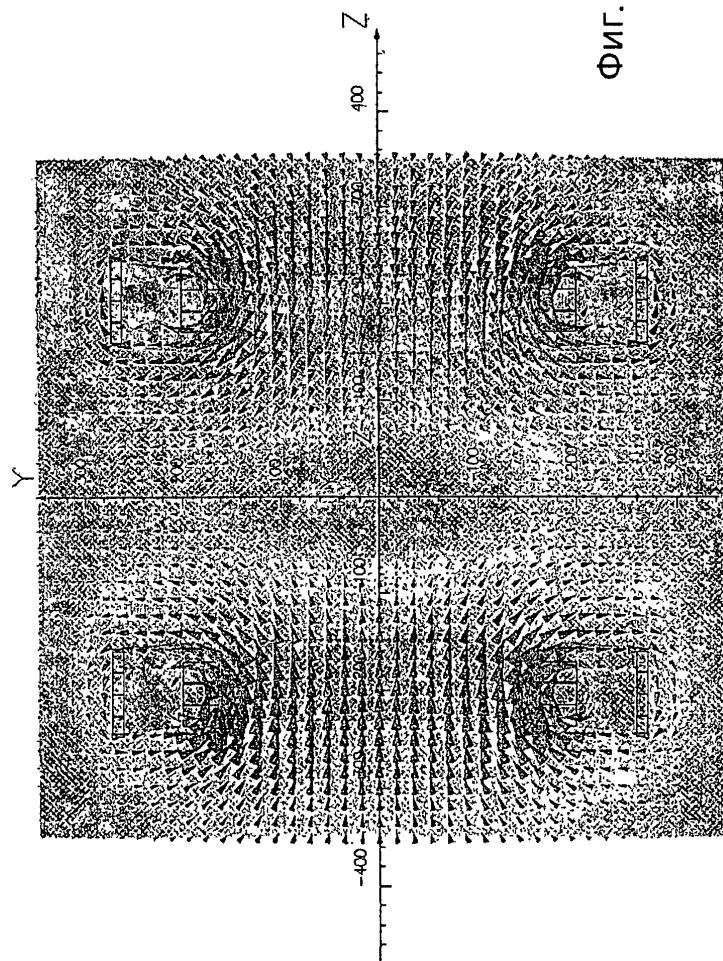


Фиг. 33

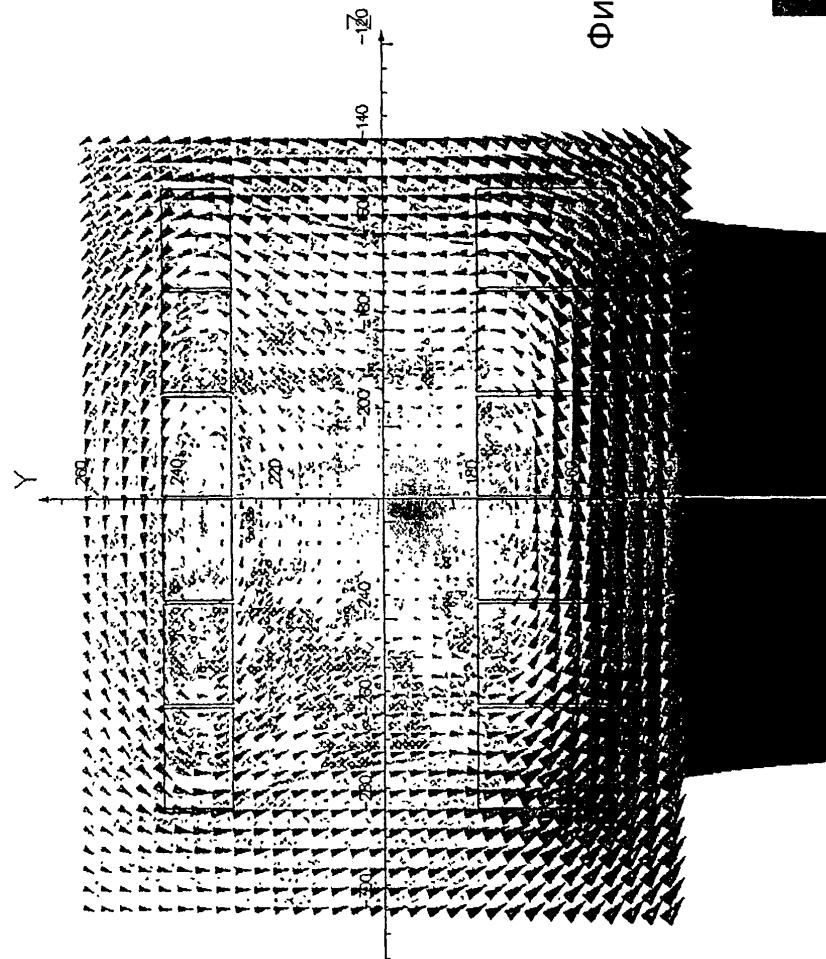


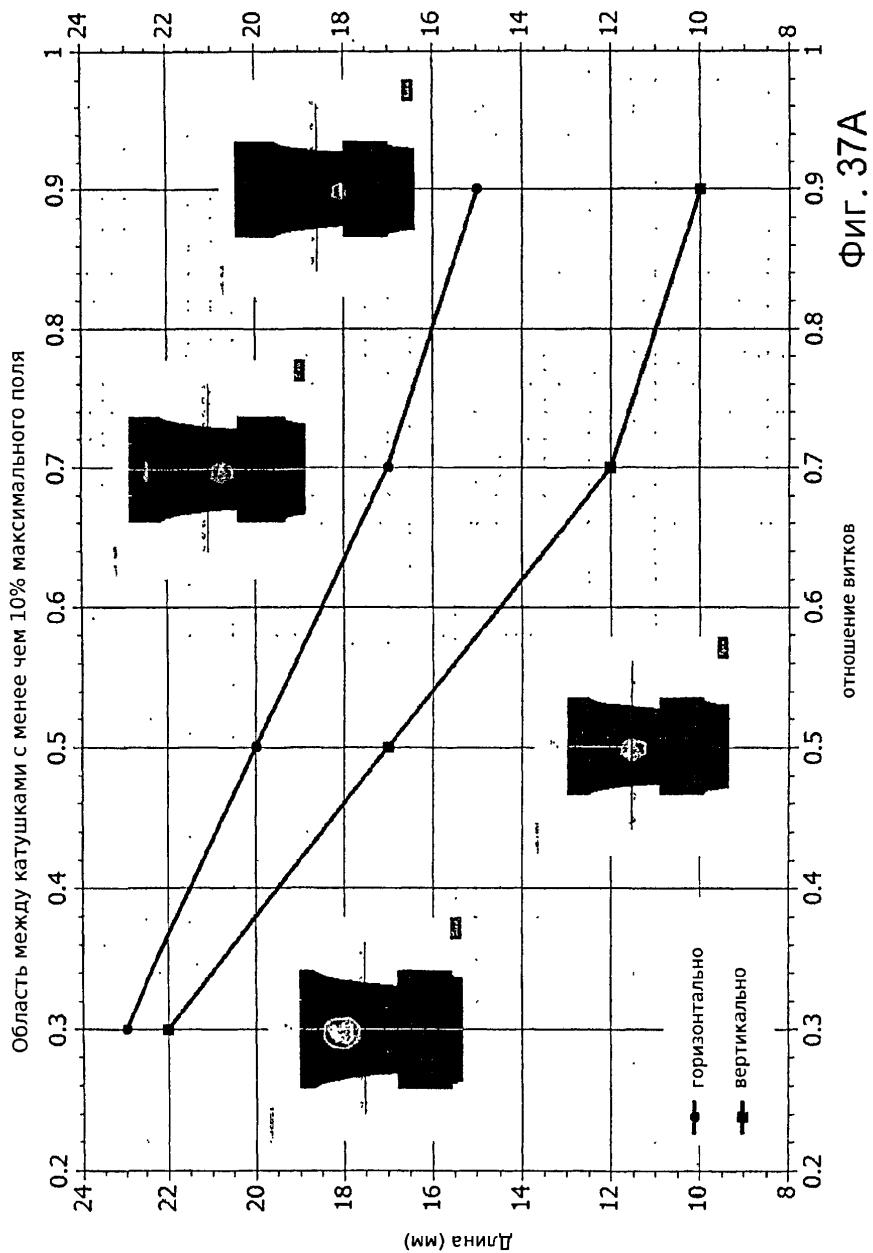
Фиг. 34

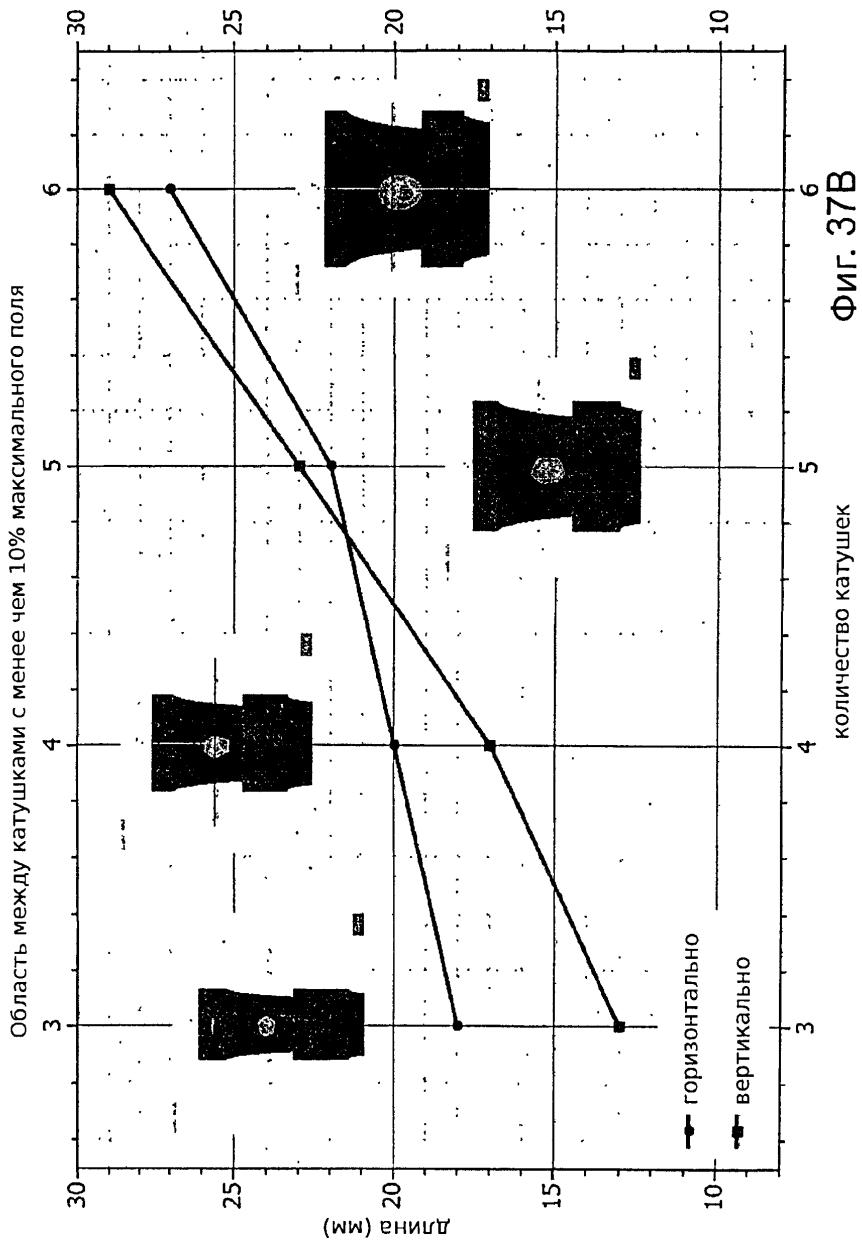
Фиг. 35



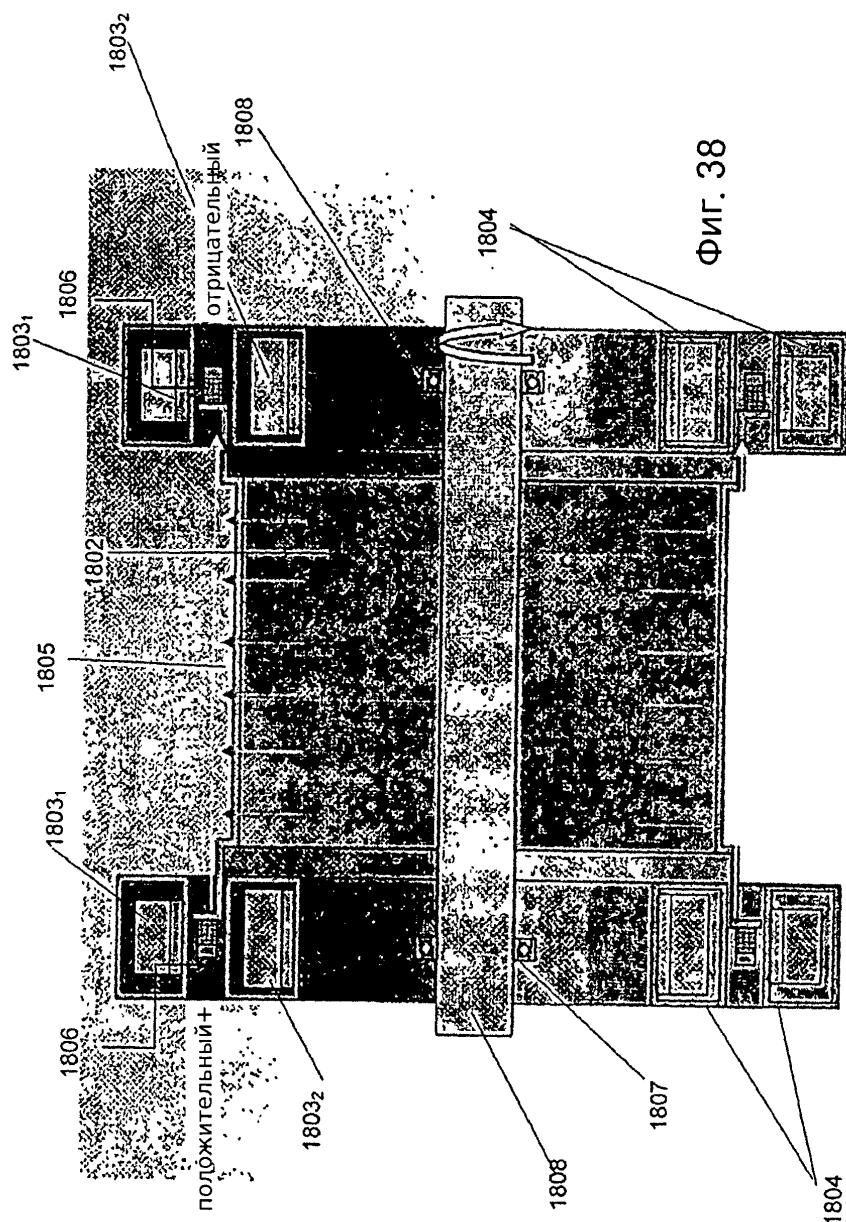
Фиг. 36

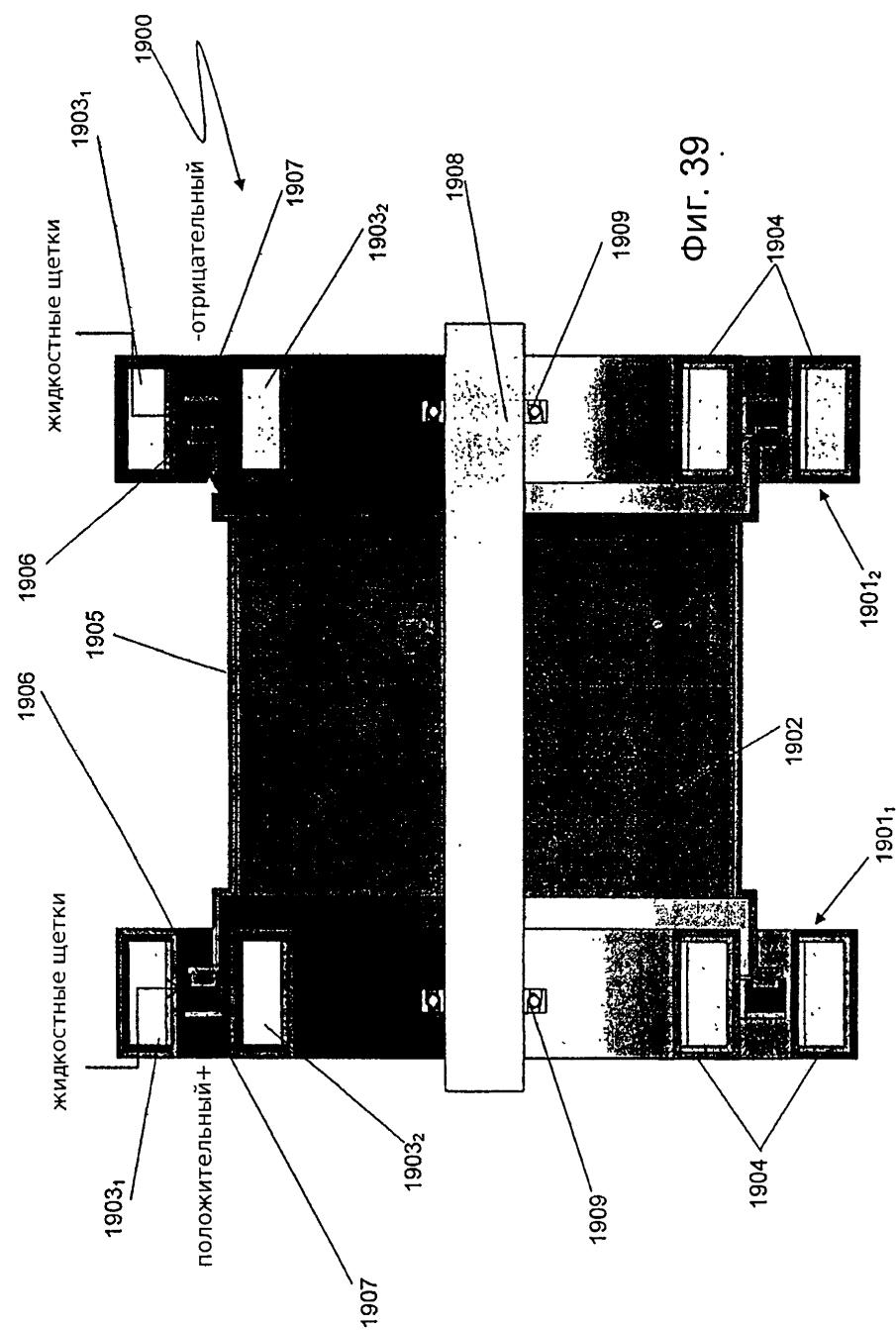


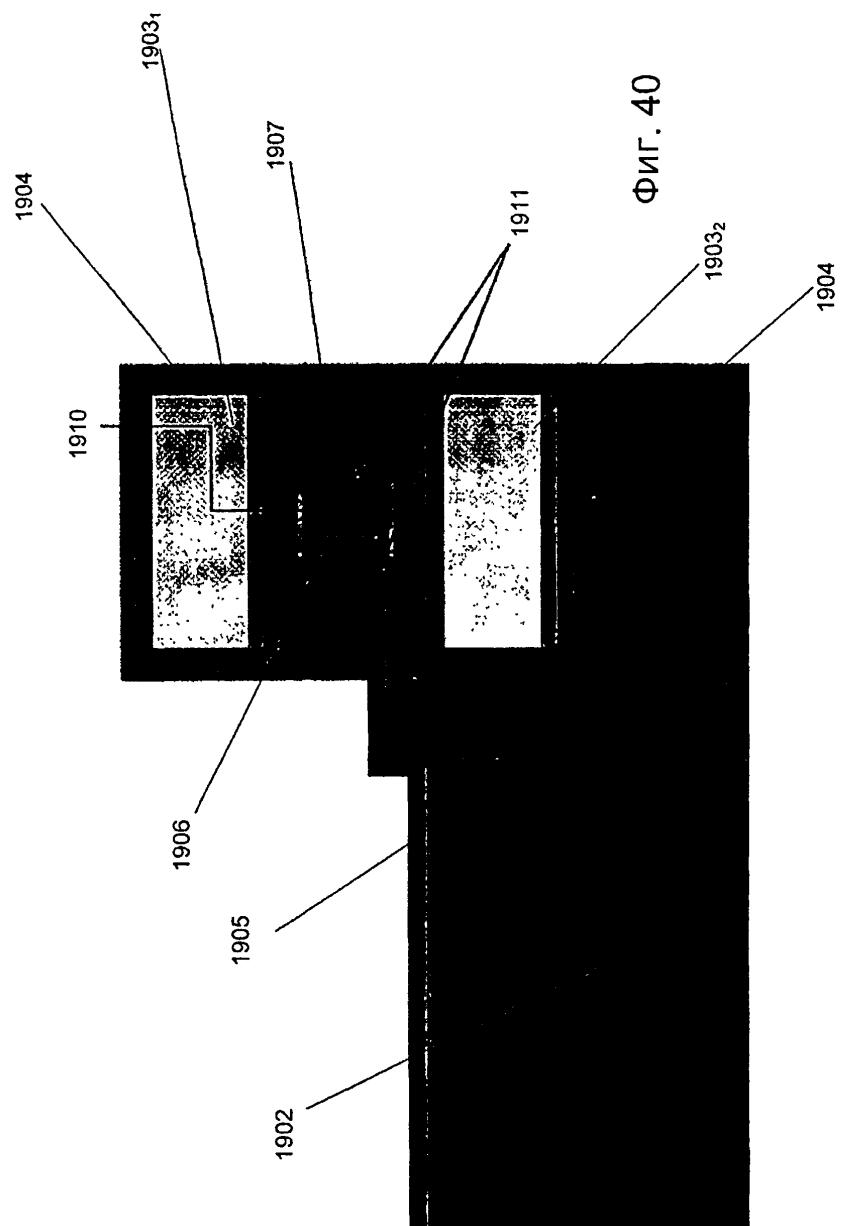


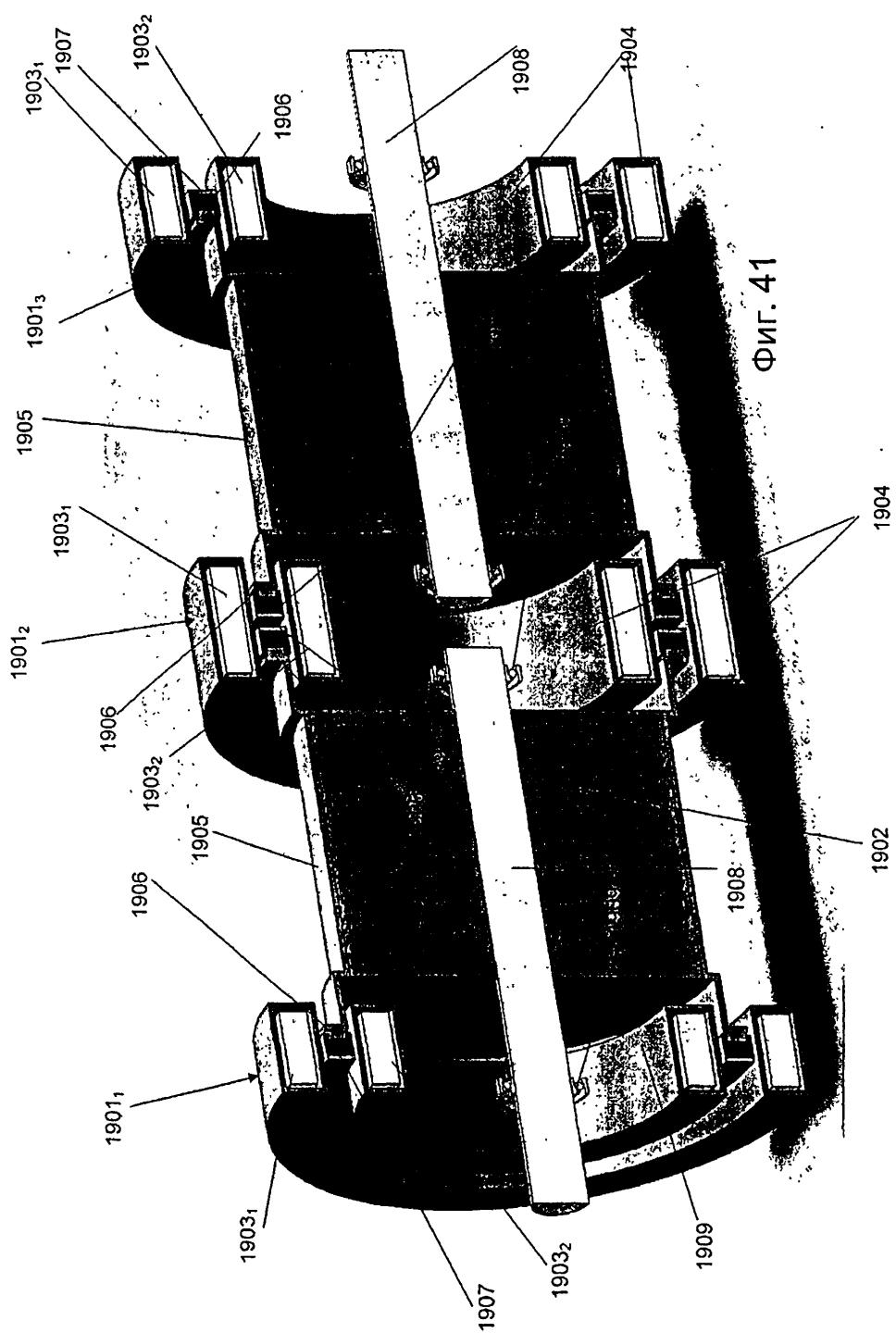


36/47

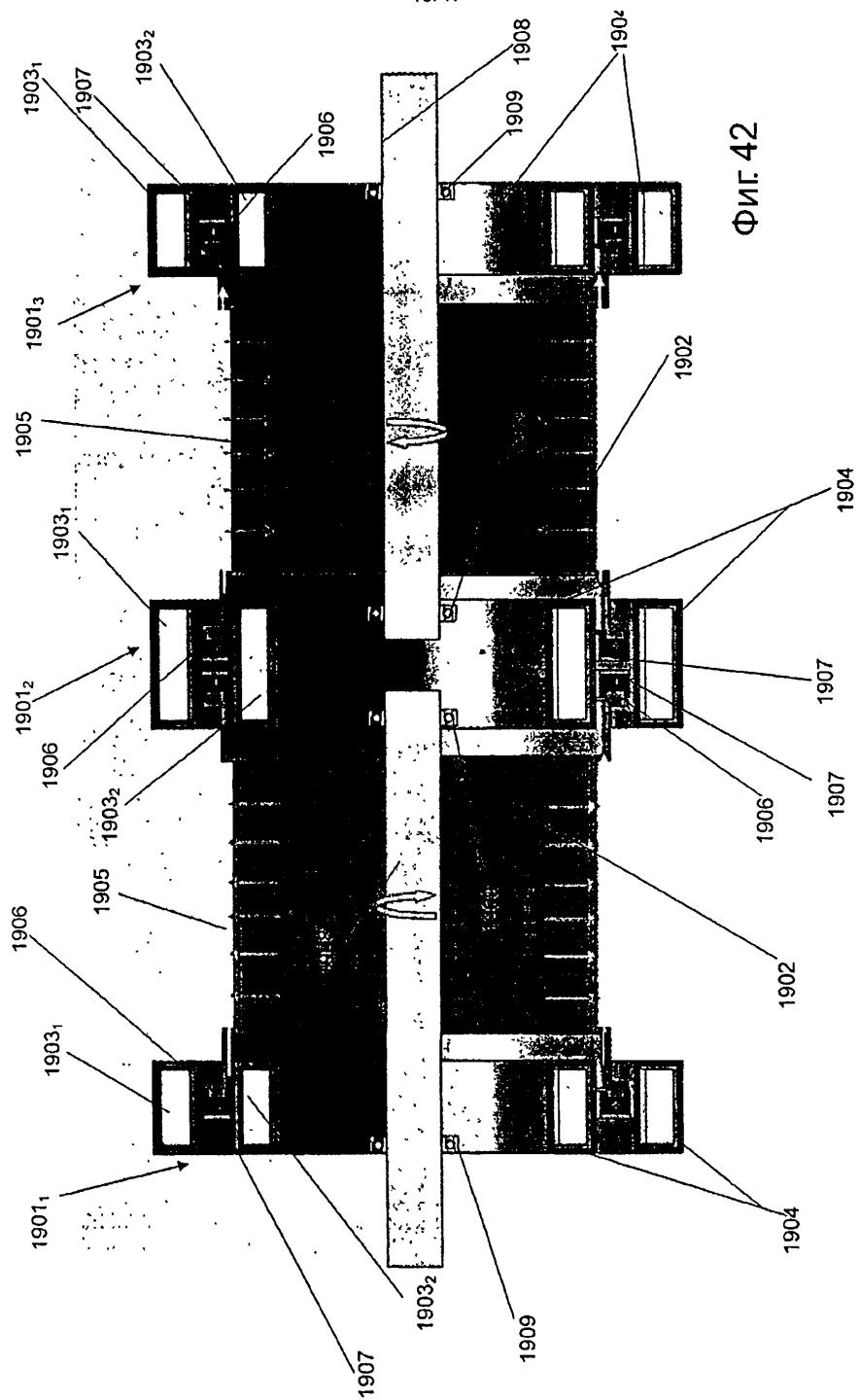




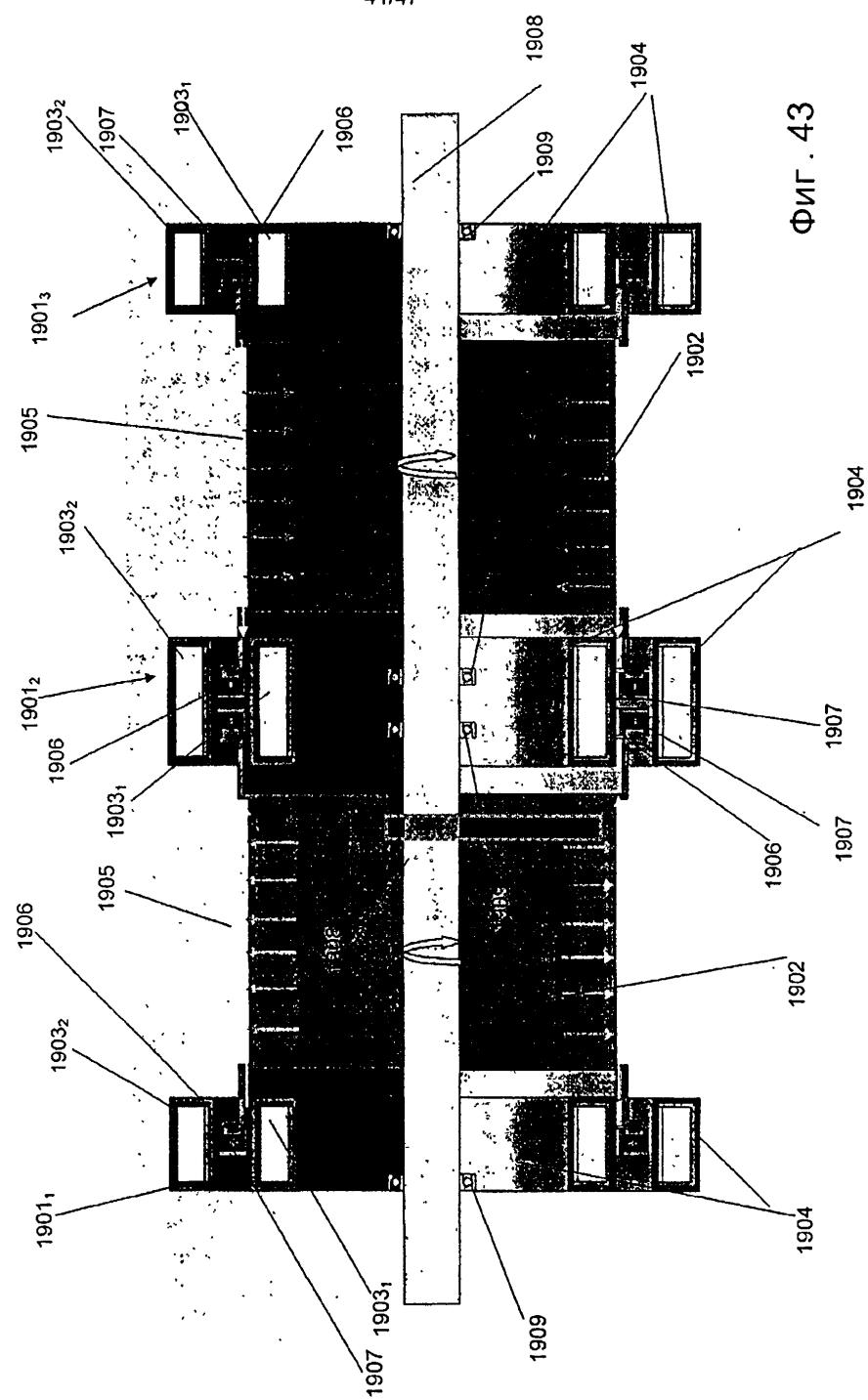




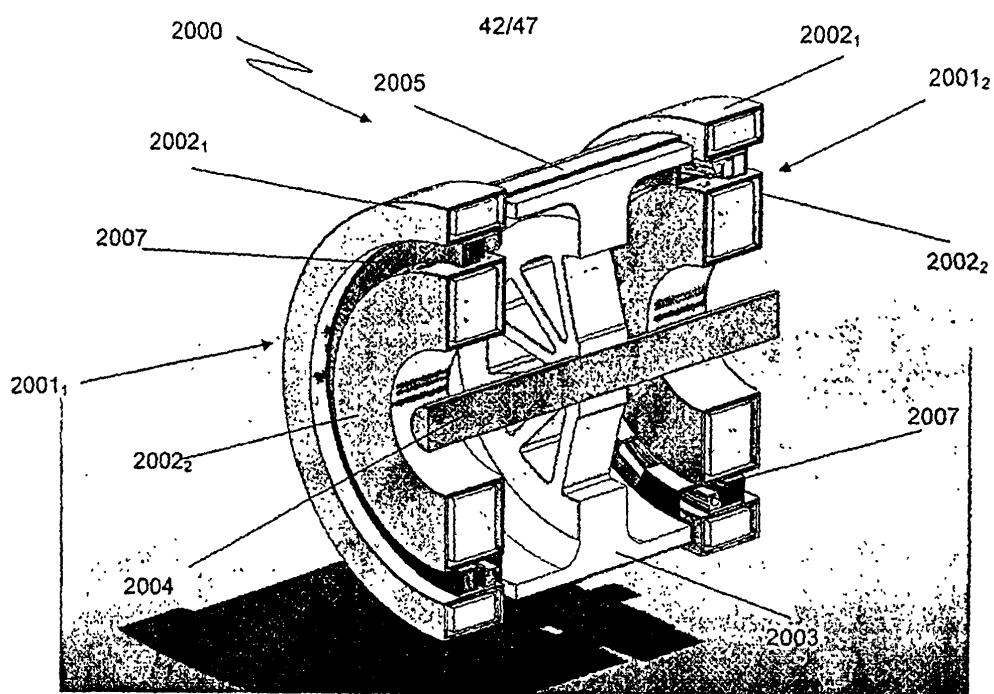
40/47



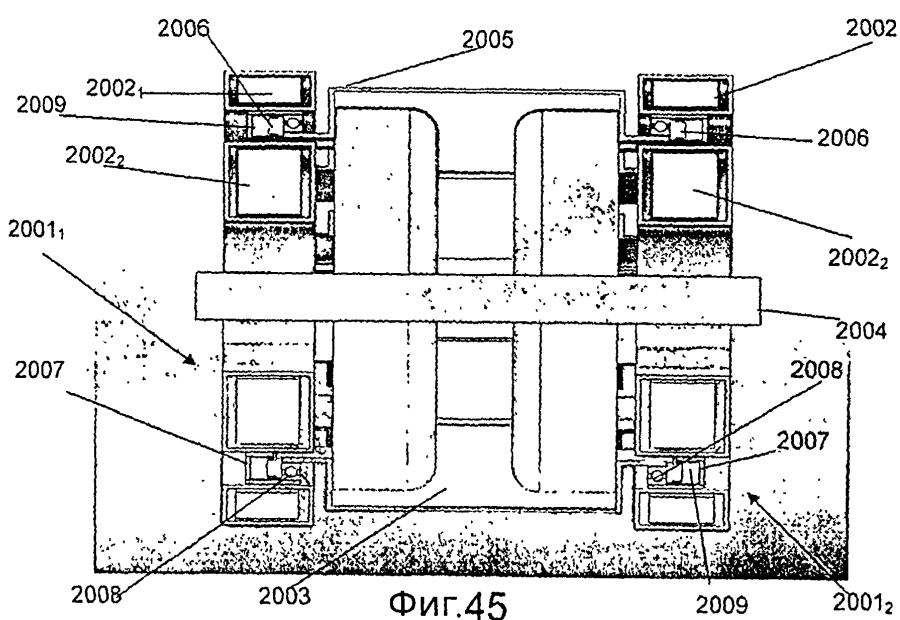
41/47



Фиг. 43

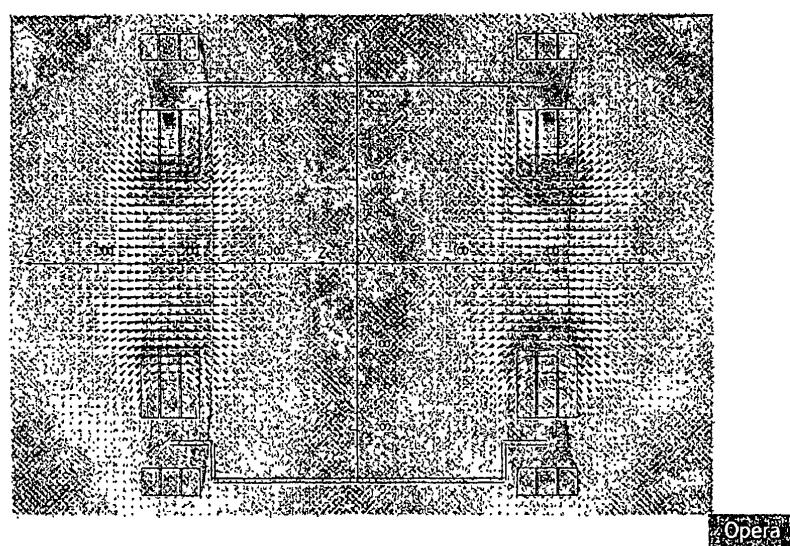


ФИГ.44



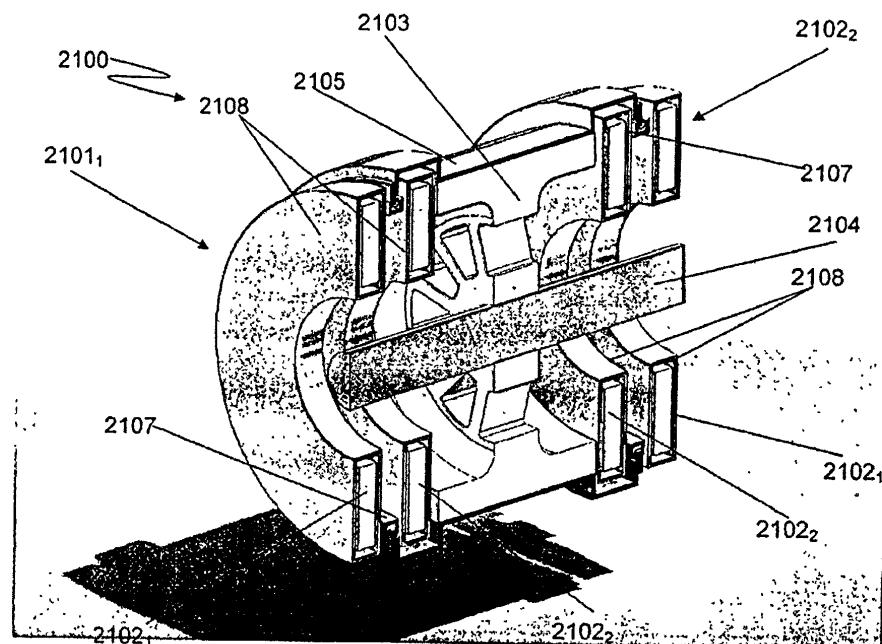
ФИГ.45

12/Mar/2012 13:34:14

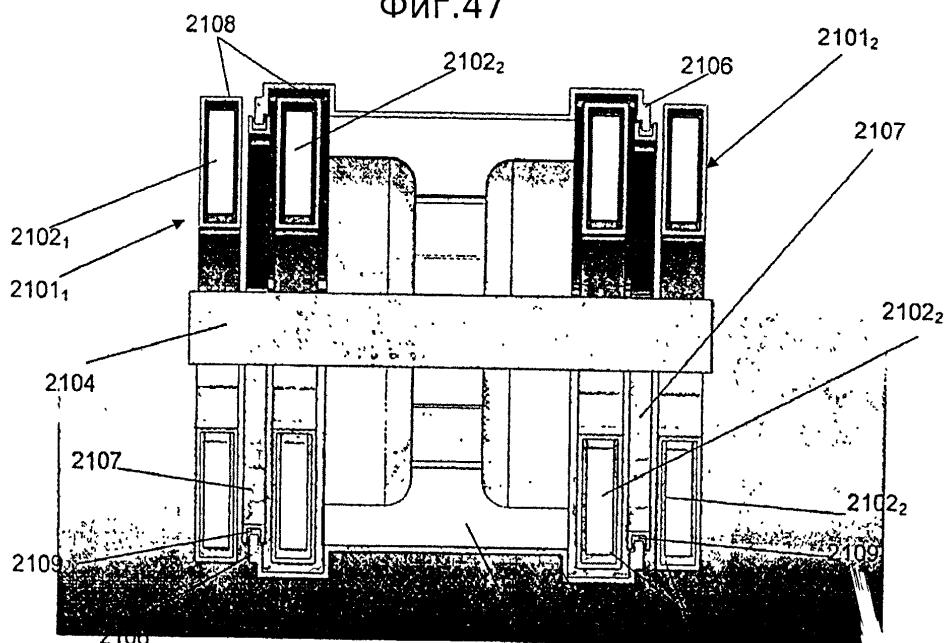


Фиг.46

44/47



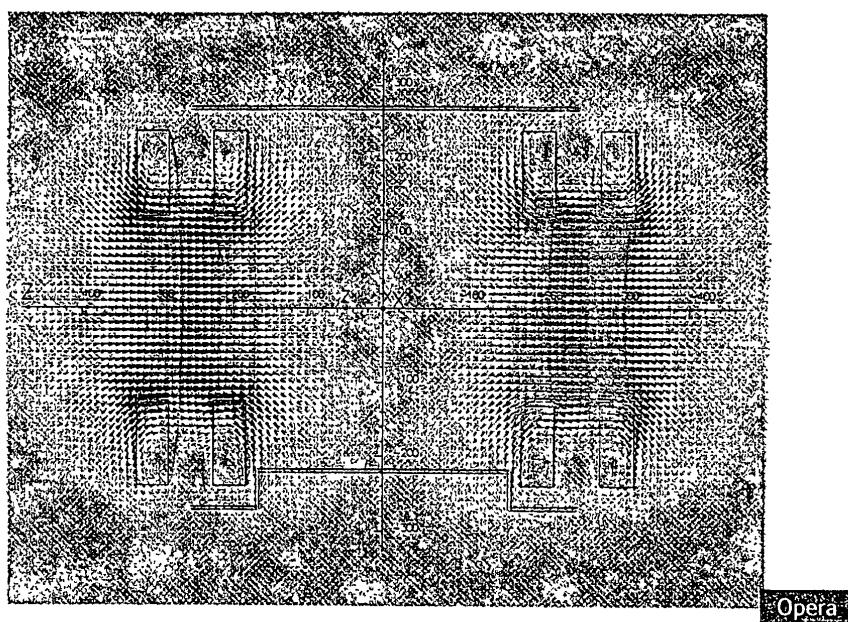
ФИГ.47



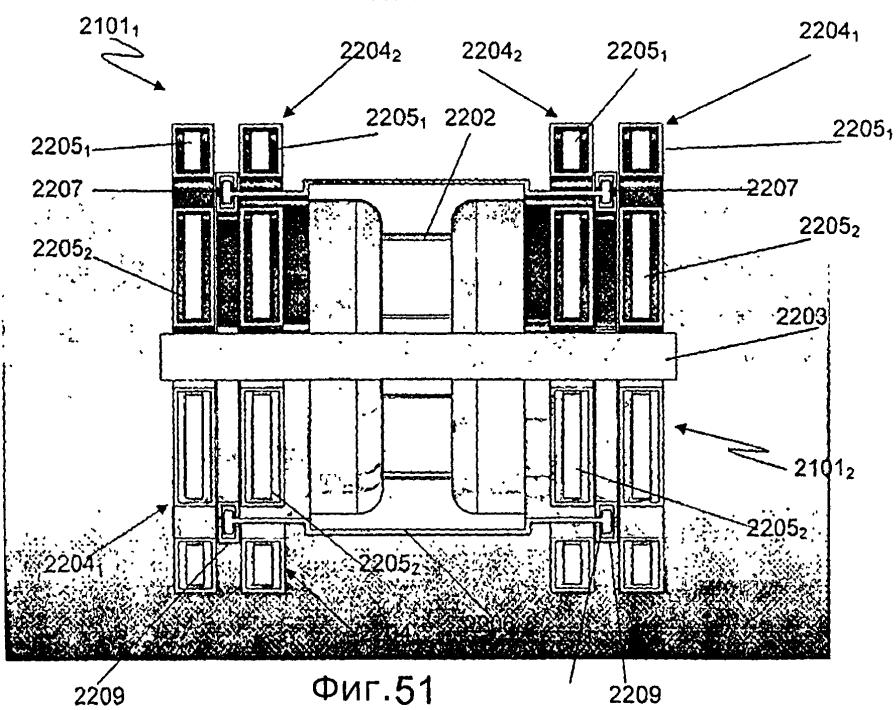
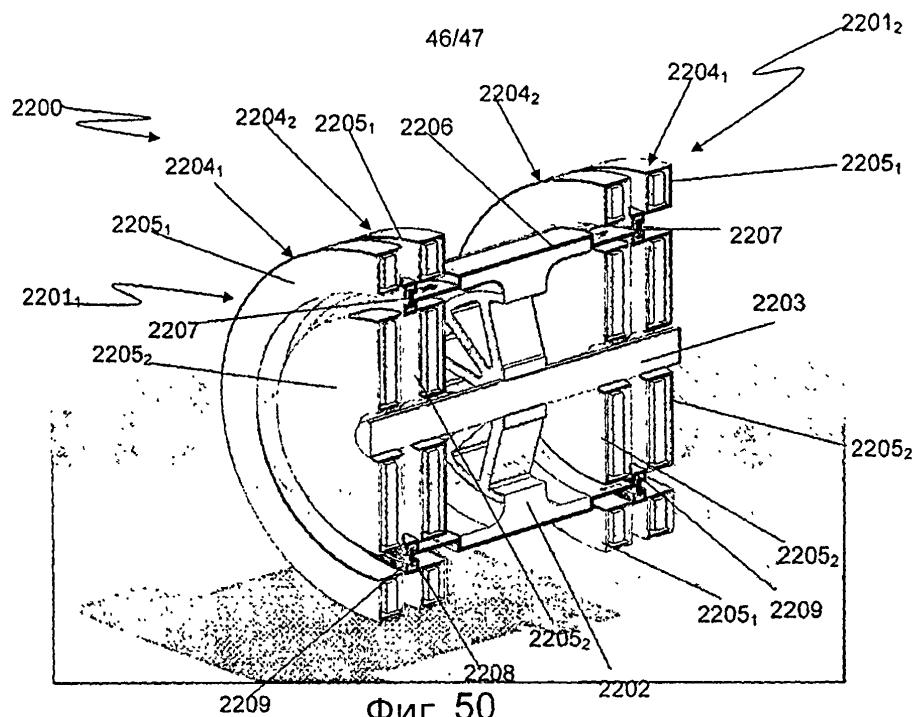
ФИГ.48

45/47

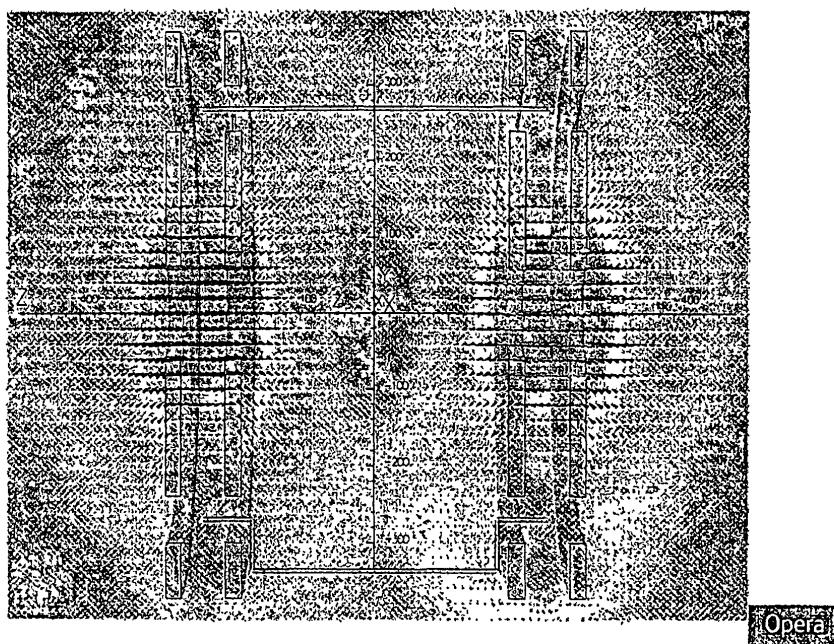
13/Mar/2012 09'44'14



Фиг.49



12/Mar/2012 15:54 13



Фиг.52