

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043724**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.16

(21) Номер заявки
202291241

(22) Дата подачи заявки
2022.04.27

(51) Int. Cl. **B25J 1/00** (2006.01)
B25J 9/04 (2006.01)
B25J 9/10 (2006.01)
B25J 19/00 (2006.01)
A61B 34/37 (2016.01)

(54) **ХИРУРГИЧЕСКИЙ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР**(31) **2021127913**(32) **2021.09.23**(33) **RU**(43) **2023.03.31**(96) **2022000032 (RU) 2022.04.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ ИНСТИТУТ
МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А.
БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (ИМАШ РАН)
(RU)**

(72) Изобретатель:

**Велиев Евгений Ибадович, Гениев
Ривнер Фазылович, Глазунов Виктор
Аркадьевич, Скворцов Сергей
Александрович, Сухоруков Рафаэль
Юрьевич, Филиппов Глеб Сергеевич,
Шалюхин Константин Андреевич
(RU)**

(74) Представитель:
Глазунов В.А. (RU)(56) EP-A1-0595291
US-A1-20130041219
RU-C1-2757969
EP-A2-2362283

Велиев Е.И. и др. Параллельные и последовательные структуры манипуляторов в роботохирургии [онлайн], [найдено 22.12.2022]. Журнал "Доклады академии наук", №2, 2019, том 485, С. 166-170. Найдено в https://journals.eco-vect.or.com/0869-5652/article/view/12833/ru_RU.

Велиев Е.И. и др. Перспективные малоинвазивные роботохирургические комплексы параллельной структуры [онлайн], [найдено 22.12.2022]. Журнал "Доклады российской академии наук. Физика, технические науки", № 1, 2020, том 495, С. 84-88. Найдено в <https://sciencejournals.ru/view-issue/?j=danfiz&y=2020&v=495&n=1>.

Chin-Hsing Kuo other. Kinematic design considerations for minimally invasive surgical robots: an overview [онлайн], [найдено 22.12.2022]. "INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL ROBOTICS AND COMPUTER ASSISTED SURGERY", №8(2) 2012, P.125-145. Найдено в <https://ciis.lcsr.jhu.edu/lib/exe/fetch.php?media=courses:446:2015:446-2015-03:kinematics.pdf>

(57) Изобретение относится к робототехнике, а именно к пространственным манипуляционным механизмам для сферы медицины и здравоохранения. Согласно изобретению для поворота исполнительным механизмом относительно основания (1) конечного звена (2) вместе с рабочим органом (3) вокруг горизонтальной оси первый вращательный двигатель (4), установленный на основании (1), поворачивает поворотную платформу (5) с установленным на ней вторым вращательным двигателем (6), с начальным звеном (7), с промежуточной вращательной кинематической парой (8), с промежуточным звеном (9), с конечной вращательной кинематической парой (10), с первым дополнительным звеном (11), с первой (12) и второй (13) дополнительными вращательными кинематическими парами, со вторым дополнительным звеном (14), с третьей (15) и четвертой (16) дополнительными вращательными кинематическими парами, с дополнительным вращательным (17) и дополнительным поступательным (18) двигателями. При этом все элементы поворачиваются как единое целое вокруг оси первого вращательного двигателя (4). Увеличение точности достигается тем, что постоянство точки ввода инструмента определяется наличием двух механизмов шарнирных параллелограммов, что обеспечивает большую жесткость конструкции.

B1**043724****043724****B1**

Изобретение относится к робототехнике, а именно к пространственным манипуляционным механизмам для сферы медицины и здравоохранения, в частности к оборудованию для микрохирургии (малоинвазивная полостная хирургия, урология, проктологии, гинекология, кардиохирургия, эндокринология и др.) и биологических исследований, а именно к созданию механизмов, обеспечивающих контролируемое перемещение объектов с высокой точностью.

В большинстве случаев использование роботов ассистирующих комплексов в малоинвазивной хирургии позволяет значительно снизить кровопотери и реабилитационный период, увидеть недоступные для зрения зоны, убрать тремор рук хирурга и ошибочные движения скальпелем или другим инструментом. Современный подход к применению эндоскопического операционного оборудования требует использования хирургических роботов-манипуляторов для точного проведения операций и уменьшение их негативных аспектов.

Известен хирургический робот-манипулятор, включающий исполнительный механизм на конечном звене которого установлен рабочий орган, который посредством дополнительного вращательного и дополнительного поступательного двигателей способен перемещаться вдоль и вокруг своей оси.

(J. Wojnarowski, Kinematics of Constant Point Mechanism of Cardiosurgical Telemanipulator, 13 World Congress in Mechanism and Machine Science, Guanajuato, Mexico, 19-25 June, 2011.)

В этом устройстве для позиционирования инструмента по отношению к ткани оперируемого органа применяются конструкции манипулятора со встроенным механизмом постоянной точки. Виртуальная модель руки манипулятора представлена на фиг. 1.

Использование механизма постоянной точки может быть полезно в качестве кинематической входной функции для динамики кардиохирургического манипулятора. Движение механизма постоянной точки зависит от векторов угловой скорости в кинематических парах устройства, геометрия которых, находится в функциональной зависимости от размеров кинематических пар.

Недостаток этого устройства заключается в том, что в случае, не соблюдения этой зависимости, постоянная точечная кинематика может быть потеряна, что отразится на точности проведения операций.

Этот недостаток преодолен в другом известном хирургическом роботе-манипуляторе, включающем исполнительный механизм, содержащий основание, конечное звено, рабочий орган, первый вращательный двигатель, установленный на основании, поворотную платформу с установленным на ней вторым вращательным двигателем с осью, пересекающей под прямым углом ось первого вращательного двигателя, сопряженное со вторым вращательным двигателем начальное звено, связанное посредством промежуточной вращательной кинематической пары с промежуточным звеном, сопряженным посредством конечной вращательной кинематической пары с конечным звеном, причем оси промежуточной и конечной вращательных кинематических пар размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, параллельно оси начального звена размещено первое дополнительное звено, сопряженное посредством первой и второй дополнительных кинематических пар соответственно с поворотной платформой и с промежуточным звеном, параллельно оси промежуточного звена размещено второе дополнительное звено, сопряженное посредством третьей и четвертой дополнительных кинематических пар соответственно с начальным и конечным звеньями, на конечном звене установлен рабочий орган, который посредством дополнительного вращательного и дополнительного поступательного двигателей способен перемещаться вдоль и вокруг своей оси, параллельной оси конечного звена.

(См. патент РФ №202578, МПК В25J 1/00, 2020 г.)

Данное устройство по технической сущности и достигаемому результату наиболее близко к предлагаемому техническому решению, и поэтому принято в качестве его прототипа.

В этом устройстве манипулятора установлен управляющий привод комплексного поступательно-вращательного движения, связанный посредством механической кинематической передачи движения с выходным звеном, на котором закреплен рабочий орган. Управление рабочим органом осуществляется двумя приводами, один из которых позволяет перемещать и поворачивать рабочий орган относительно горизонтальной оси, а второй посредством вращательного двигателя и силовых рычагов перемещать его в пределах вертикальной плоскости.

Эта конструкция определяет эксплуатационную эффективность устройства не зависимо от размеров кинематических пар.

Однако возможность манипулирования рабочим органом в известном устройстве недостаточна для осуществления операций, требующих высокой точности их проведения.

Задачей разработки является повышение точности проведения операций.

Поставленная задача решается хирургическим роботом-манипулятором, включающем исполнительный механизм, содержащий основание, конечное звено, рабочий орган, первый вращательный двигатель, установленный на основании, поворотную платформу с установленным на ней вторым вращательным двигателем с осью, пересекающей под прямым углом ось первого вращательного двигателя, сопряженное со вторым вращательным двигателем начальное звено, связанное посредством промежуточной вращательной кинематической пары с промежуточным звеном, сопряженным посредством конечной вращательной кинематической пары с конечным звеном, причем оси промежуточной и конечной вращательных кинематических пар размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, па-

параллельно оси начального звена размещено первое дополнительное звено, сопряженное посредством первой и второй дополнительных кинематических пар соответственно с поворотной платформой и с промежуточным звеном, параллельно оси промежуточного звена размещено второе дополнительное звено, сопряженное посредством третьей и четвертой дополнительных кинематических пар соответственно с начальным и конечным звеньями, на конечном звене установлен рабочий орган, который посредством дополнительного вращательного и дополнительного поступательного двигателей способен перемещаться вдоль и вокруг своей оси, параллельной оси конечного звена, причем первая и вторая дополнительные кинематические пары, сопрягающие первое дополнительное звено соответственно с поворотной платформой и с промежуточным звеном, выполнены в виде вращательных кинематических пар, оси которых размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, третья и четвертая дополнительные кинематические пары, сопрягающие второе дополнительное звено соответственно с промежуточным звеном и с конечным звеном, выполнены в виде вращательных кинематических пар, оси которых размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, устройство снабжено управляющим механизмом, содержащим установленный на основании первый датчик поворота, задающий перемещение в первом вращательном двигателе, сопряженное с первым датчиком поворота первое входное звено, выполненное в виде дуги, установленный на основании второй датчик поворота, задающий перемещение во втором вращательном двигателе, сопряженное со вторым датчиком поворота второе входное звено, выполненное в виде дуги, установленный на основании карданный шарнир, жестко сопряженный с вертикальной осью, на которой расположен третий датчик поворота, задающий перемещение в дополнительном вращательном двигателе исполнительного механизма, первое и второе входные звенья управляющего механизма сопряжены посредством втулок, охватывающих эти звенья, с вертикальной осью этого механизма, на вертикальной оси управляющего механизма расположен датчик линейного перемещения, задающий перемещение в дополнительном поступательном двигателе исполнительного механизма.

Использование дополнительного поступательного двигателя и управляющего механизма, содержащего датчики поворота звеньев, обеспечивает контроль геометрии векторов угловой скорости в кинематических парах, требуемых для поддержания заданной точности проведения операций.

На фиг. 2 представлен хирургический робот-манипулятор.

На фиг. 3 - элементы исполнительного механизма в увеличенном масштабе.

На фиг. 4 - размещение датчиков на устройстве.

Хирургический робот-манипулятор включает исполнительный механизм, содержащий основание 1 (фиг. 2), конечное звено 2, рабочий орган 3, первый вращательный двигатель 4, установленный на основании 1, поворотную платформу 5 с установленным на ней вторым вращательным двигателем 6 с осью, пересекающей под прямым углом ось первого вращательного двигателя 4, сопряженное со вторым вращательным двигателем 6 начальное звено 7, связанное посредством промежуточной вращательной кинематической пары 8 с промежуточным звеном 9, сопряженным посредством конечной вращательной кинематической пары 10 с конечным звеном 2, причем оси промежуточной 8 и конечной 10 вращательных кинематических пар размещены параллельно оси второго вращательного двигателя 6, параллельно оси начального звена 7 размещено первое дополнительное звено 11, сопряженное посредством первой 12 и второй 13 дополнительных вращательных кинематических пар соответственно с поворотной платформой 5 и с промежуточным звеном 9, параллельно оси промежуточного звена 9 размещено второе дополнительное звено 14, сопряженное посредством третьей 15 и четвертой 16 дополнительных вращательных кинематических пар соответственно с начальным 7 и конечным 2 звеньями, на конечном звене 2 установлен рабочий орган 3, который посредством дополнительного вращательного 17 и дополнительного поступательного 18 (фиг. 2, 3) двигателей способен перемещаться вдоль и вокруг своей оси, параллельной оси конечного звена 2. Кроме того, устройство снабжено первой 12 и второй 13 дополнительными кинематическими парами, сопрягающими первое дополнительное звено 11 соответственно с поворотной платформой 5 и с промежуточным звеном 9, выполнены в виде вращательных кинематических пар, оси которых размещены параллельно оси второго вращательного двигателя 6, третья 15 и четвертая 16 дополнительные кинематические пары, сопрягающие второе дополнительное 14 звено соответственно с промежуточным звеном 7 и с конечным звеном 2, выполнены в виде вращательных кинематических пар, оси которых размещены параллельно оси второго вращательного двигателя 6, устройство снабжено управляющим механизмом, содержащим установленный на основании первый датчик 19 поворота, задающий перемещение в первом вращательном двигателе 4, сопряженное с первым датчиком поворота 19 первое входное звено 20 (фиг. 4), выполненное в виде дуги, установленный на основании второй датчик поворота 21, задающий перемещение во втором вращательном двигателе 6, сопряженное со вторым датчиком поворота 21 второе входное звено 22, выполненное в виде дуги, установленный на основании карданный шарнир 23, жестко сопряженный с вертикальной осью 24, на которой расположен третий датчик поворота 25, задающий перемещение в дополнительном вращательном двигателе 17 исполнительного механизма, первое 20 и второе 22 входные звенья управляющего механизма сопряжены посредством втулок, охватывающих эти звенья, с вертикальной осью 24 этого механизма, на вертикальной оси 24 управляющего механизма расположен датчик линейного перемещения 26, задающий перемещение в дополнительном поступательном двигателе 18 исполнительного механизма, с датчиком линейного пере-

мещения 26 сопряжена рукоятка управления 27.

Устройство работает следующим образом.

Для поворота исполнительным механизмом относительно основания 1 конечного звена 2 вместе с рабочим органом 3 вокруг горизонтальной оси первый вращательный двигатель 4, установленный на основании 1, поворачивает поворотную платформу 5 с установленным на ней вторым вращательным двигателем 6, с начальным звеном 7, с промежуточной вращательной кинематической парой 8, с промежуточным звеном 9, с конечной вращательной кинематической парой 10, с первым дополнительным звеном 11, с первой 12 и второй 13 дополнительными вращательными кинематическими парами, со вторым дополнительным звеном 14, с третьей 15 и четвертой 16 дополнительными вращательными кинематическими парами, с дополнительным вращательным 17 и дополнительным поступательным 18 двигателями. При этом все элементы поворачиваются как единое целое вокруг оси первого вращательного двигателя 4.

Величина и скорость поворота вокруг оси первого вращательного двигателя 4 задается оператором с помощью управляющего механизма. При этом относительно основания 1 первый датчик поворота 19, задающий перемещение в первом вращательном двигателе 4, получает поворот от первого входного звена 20, выполненного в виде дуги, и получающего поворот от вертикальной оси 24, жестко сопряженной с установленным на основании 1 карданным шарниром 23, и таким образом имеющей возможность поворота относительно основания 1. Вертикальная ось 24 получает поворот от рукоятки 27, на которую воздействует оператор. При этом установленный на основании второй датчик поворота 21 остается неподвижным, поскольку сопряженное с ним второе входное звено 22, выполненное в виде дуги, также неподвижно. Дело в том, что угловое перемещение вертикальной оси 24 в данном случае не передается на второе входное звено 22 из-за наличия втулки, охватывающей второе входное звено 22. Кроме того, отсутствуют перемещения в третьем датчике поворота 25, а также в датчике линейного перемещения 26, поскольку оператор, воздействуя на рукоятку управления 27, задает лишь одно движение, не соответствующее перемещению в датчиках 21, 25 и 26.

Для поворота исполнительным механизмом относительно основания 1 конечного звена 2 вместе с рабочим органом 3 вокруг второй оси, перпендикулярной оси конечного звена 2, второй вращательный двигатель 6 вращает сопряженное с ним начальное звено 7, которое посредством промежуточной вращательной кинематической пары 8 передает движение промежуточному звену 9, передающему через конечную вращательную кинематическую пару 10 передает движение конечному звену 2. Поскольку оси промежуточной 8 и конечной 10 вращательных кинематических пар размещены параллельно оси второго вращательного двигателя 6, то конечное звено 2 может вращаться лишь относительно оси, параллельной оси второго вращательного двигателя 6. При этом начальное звено 7 передает движение первому дополнительному звену 11, посредством первой 12 и второй 13 дополнительных вращательных кинематических пар, сопряженных соответственно с поворотной платформой 5 и с промежуточным звеном 9. Кроме того, начальное звено 7 передает движение второму дополнительному звену 14 посредством третьей 15 и четвертой 16 дополнительных вращательных кинематических пар, сопряженных соответственно с начальным 7 и конечным 2 звеньями. Поскольку ось первого дополнительного звена 11 параллельна оси начального звена 7, а ось второго дополнительного звена 14 параллельна оси промежуточного звена 9, то угол поворота начального звена 7 равен углу поворота конечного звена 2. Вместе с конечным звеном 2 как единое целое перемещается рабочий орган 3, дополнительный вращательный 17 и дополнительно поступательный 18 двигателя.

Величина и скорость поворота вокруг оси второго вращательного двигателя 6 задается оператором с помощью управляющего механизма. При этом относительно основания 1 второй датчик поворота 21, задающий перемещение во втором вращательном двигателе 6, получает поворот от второго входного звена 22, выполненного в виде дуги, и получающего поворот от вертикальной оси 24, жестко сопряженной с установленным на основании 1 карданным шарниром 23, и таким образом имеющей возможность поворота относительно основания 1. Вертикальная ось 24 получает поворот от рукоятки 27, на которую воздействует оператор. При этом установленный на основании первый датчик поворота 19 остается неподвижным, поскольку сопряженное с ним первое входное звено 20, выполненное в виде дуги, также неподвижно. Дело в том, что угловое перемещение вертикальной оси 24 в данном случае не передается на первое входное звено 20 из-за наличия втулки, охватывающей первое входное звено 20. Кроме того, отсутствуют перемещения в третьем датчике поворота 25, а также в датчике линейного перемещения 26, поскольку оператор, воздействуя на рукоятку управления 27, задает лишь одно движение, не соответствующее перемещению в датчиках 19, 25 и 26.

Для поворота относительно основания 1 и конечного звена 2 рабочего органа 3 вокруг своей оси дополнительный вращательный двигатель 17 осуществляет вращение рабочего органа 3.

Величина и скорость поворота вокруг оси дополнительного вращательного двигателя 17 задается оператором с помощью управляющего механизма. При этом относительно основания 1 и вертикальной оси 24 получает вращательное движение третий датчик поворота 25, задающий перемещение в дополнительном вращательном двигателе 17. Вертикальная ось 24 при этом неподвижна, следовательно, отсутствуют перемещения в первом 19 и втором 21 датчиках поворота. Кроме того, отсутствует движение и в датчике линейного перемещения 26, поскольку оператор, воздействуя на рукоятку управления 27, задает

лишь одно движение, не соответствующее перемещению в датчиках 19, 21 и 26.

Для линейного перемещения относительно основания 1 и конечного звена 2 рабочего органа 3 вдоль своей оси дополнительный поступательный двигатель 18 осуществляет линейное перемещение рабочего органа 3.

Величина и скорость линейного перемещения вдоль оси дополнительного поступательного двигателя 18 задается оператором с помощью управляющего механизма. При этом относительно основания 1 и вертикальной оси 24 получает поступательное движение датчик линейного перемещения 26, задающий линейное перемещение в дополнительном поступательном двигателе 18. Вертикальная ось 24 при этом неподвижна, следовательно, отсутствуют перемещения в первом 19 и втором 21 датчиках поворота. Кроме того, отсутствует движение и в третьем датчике поворота 25, поскольку оператор, воздействуя на рукоятку управления 27, задает лишь одно движение, не соответствующее перемещению в датчиках 19, 21 и 25.

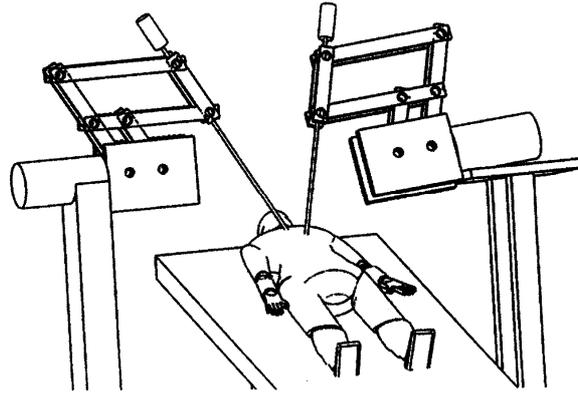
Контроль величины всех перемещений осуществляется визуально оператором.

Увеличение точности по сравнению с прототипом достигается тем, что в предложенном устройстве постоянство точки ввода инструмента определяется наличием двух механизмов шарнирных параллелограммов, что обеспечивает большую жесткость по сравнению с наличием двух конических передач с относительно небольшим радиусом конических колес. Звенья шарнирных параллелограммов имеют гораздо больший радиус воздействия сил реакций, что при наличии одинаковых моментов сил сопротивления даст гораздо меньшую деформацию всех элементов механизма. Этим обусловлено повышение точности функционирования предлагаемого механизма по сравнению с прототипом.

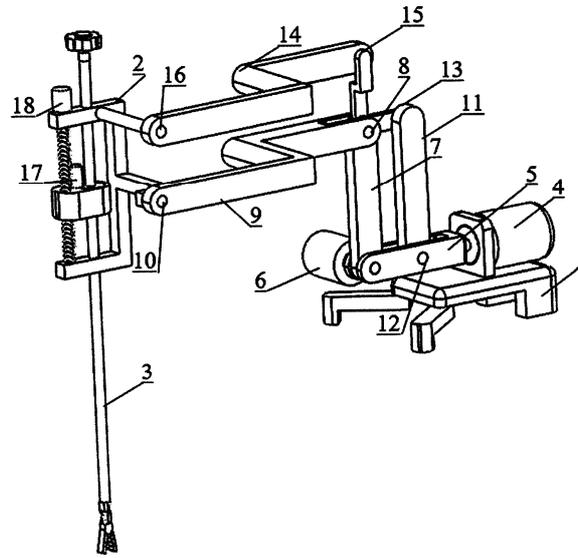
Использование предложенного устройства позволяет обеспечить точность проведения эндоскопических операций с использованием хирургических роботов-манипуляторов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

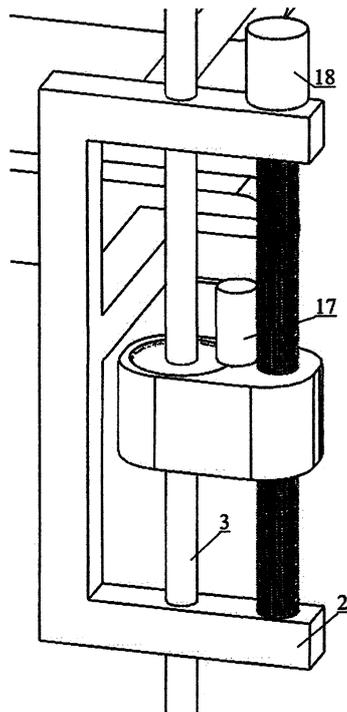
Хирургический робот-манипулятор, включающий исполнительный механизм, содержащий основание, конечное звено, рабочий орган, первый вращательный двигатель, установленный на основании, поворотную платформу с установленным на ней вторым вращательным двигателем с осью, пересекающей под прямым углом ось первого вращательного двигателя, сопряженное со вторым вращательным двигателем начальное звено, связанное посредством промежуточной вращательной кинематической пары с промежуточным звеном, сопряженным посредством конечной вращательной кинематической пары с конечным звеном, причем оси промежуточной и конечной вращательных кинематических пар размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, параллельно оси начального звена размещено первое дополнительное звено, сопряженное посредством первой и второй дополнительных кинематических пар соответственно с поворотной платформой и с промежуточным звеном, параллельно оси промежуточного звена размещено второе дополнительное звено, сопряженное посредством третьей и четвертой дополнительных кинематических пар соответственно с начальным и конечным звеньями, на конечном звене установлен рабочий орган, который посредством дополнительного вращательного и дополнительного поступательного двигателей способен перемещаться вдоль и вокруг своей оси, параллельной оси конечного звена, отличающийся тем, что первая и вторая дополнительные кинематические пары, сопрягающие первое дополнительное звено соответственно с поворотной платформой и с промежуточным звеном, выполнены в виде вращательных кинематических пар, оси которых размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, третья и четвертая дополнительные кинематические пары, сопрягающие второе дополнительное звено соответственно с промежуточным звеном и с конечным звеном, выполнены в виде вращательных кинематических пар, оси которых размещены параллельно оси второго вращательного двигателя, устройство снабжено управляющим механизмом, содержащим установленный на основании первый датчик поворота, задающий перемещение в первом вращательном двигателе, сопряженное с первым датчиком поворота первое входное звено, выполненное в виде дуги, установленный на основании второй датчик поворота, задающий перемещение во втором вращательном двигателе, сопряженное со вторым датчиком поворота второе входное звено, выполненное в виде дуги, установленный на основании карданный шарнир, жестко сопряженный с вертикальной осью, на которой расположен третий датчик поворота, задающий перемещение в дополнительном вращательном двигателе исполнительного механизма, первое и второе входные звенья управляющего механизма сопряжены посредством втулок, охватывающих эти звенья, с вертикальной осью этого механизма, на вертикальной оси управляющего механизма расположен датчик линейного перемещения, задающий перемещение в дополнительном поступательном двигателе исполнительного механизма.



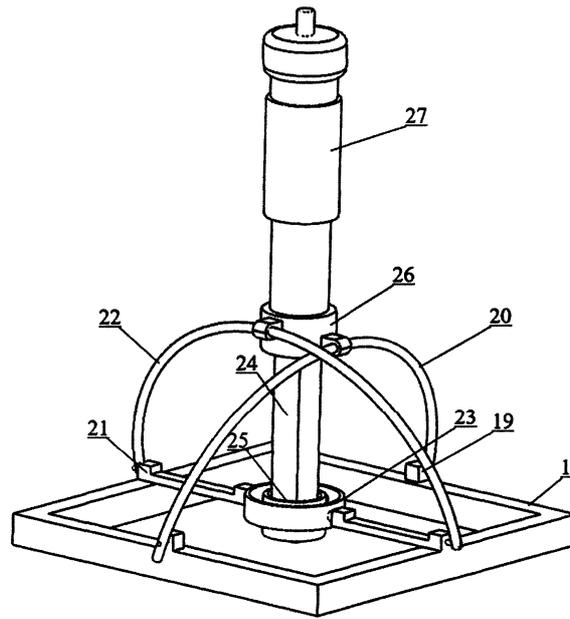
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4