

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034003**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.12.18

(51) Int. Cl. **A61B 17/62 (2006.01)**

(21) Номер заявки
201790793

(22) Дата подачи заявки
2015.08.03

(54) ЛЯМБДА-ФИКСАТОР

(31) **2015/04070**

(56) WO-A1-2012102685
US-A1-2011208187

(32) **2015.04.03**

(33) **TR**

(43) **2018.03.30**

(86) **PCT/TR2015/000301**

(87) **WO 2016/159901 2016.10.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
АКДЖАЛЫ ИБРАХИМ ДЕНИЗ (TR)

(72) Изобретатель:
**Акджалы Ибрахим Дениз, Мутлу
Хусейин, Авсар Эрджан, Айдын
Ахмет (TR)**

(74) Представитель:
**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.
(RU)**

(57) Лямбда-фиксатор в общем состоит из двух колец, имеющих отверстия, расположенные по крайней мере в два ряда, соединенных друг с другом посредством трех основных конструктивных элементов, называемых λ -модулем. Всего существует четыре различных вида λ -модуля, два из которых являются базовыми типами, а другие являются их подклассами. В первом базовом типе на концах имеется три шаровых шарнира, простой шарнир, присоединяющий длинную опору к короткой, и две пары винт-гайка для изменения длины опор. Во втором базовом типе имеются два шаровых шарнира на концах длинной опоры, два универсальных шарнира на каждом конце короткой опоры и две пары винт-гайка, меняющие длину опор. Используя только один вид λ -модуля, возможно получить 512 различных конфигураций фиксатора.

B1**034003****034003****B1**

Изобретение относится к междисциплинарной технической области, где пересекаются инженерные технологии и практика ортопедии в медицине.

Областью применения изобретения является ортопедия.

Объектом изобретения является модульная система, которая позволяет снаружи приводить костные фрагменты в требуемое положение для преодоления ортопедических проблем в медицине, таких как переломы конечностей, их деформации и т.д.

Наиболее часто используемыми инструментами в ортопедических процедурах наружной фиксации являются простые устройства, такие как шарниры, стержни и штифты, а также классические каркасные системы, называемые стержневыми фиксаторами. Существуют различные примеры для такого рода каркасов - односторонний, унипланарный двухсторонний, бипланарный односторонний (Дональд и др., 1982, Зелигсон и др., 1982, Фернандез, 1985, Фернандез, 1992). Несмотря на их простую структуру, заметным недостатком этих каркасов является трудность обеспечения требуемых перемещений и вращений для фрагментов костей, имеющих шесть степеней свободы в пространстве, после трудоемкого и сложного планирования, являющегося большой нагрузкой для ортопеда. Предложение кольцевого фиксатора принято как новый шаг в приложениях наружного фиксатора, поскольку оно обеспечивает управляемое перемещение во всех направлениях (Илизаров, 1992). В последние годы популярным стал тип фиксатора, впервые введенный Дж.С. Тэйлором из США и названный им пространственный каркасный фиксатор Тэйлора (Taylor's Spatial Frame Fixator), который иногда называют "гексаподом" среди кольцевых фиксаторов (Тэйлор и др., 1999, Зайде и др., 2004, Симпсон и др., 2008, Тэйлор, 2015). Существует множество патентов, базирующихся на каркасе Тэйлора и описывающих способы, облегчающие использование (Аустин и др., 2004, Коо и др., 2002). В этом типе фиксатора два кольца соединены между собой посредством прикрепления шести стержней к двенадцати неподвижным точкам, причем шесть точек находятся на верхней раме, а другие шесть точек находятся на нижней. В предыдущем исследовании было показано, что такого рода структуры невозможно безопасно использовать без анализа особенностей (Аксали и др., 2014). Кроме того, весьма вероятно, что прикрепленные стержни могут перекрывать фрагменты костей на линиях перелома на рентгеновских снимках. Дополнительно существуют некоторые сложные и ограничительные условия для ортопедов, такие как необходимость обеспечить параллельность верхнего и нижнего колец друг к другу в начальном или конечном положении, а перед некоторыми операциями требуется предварительное планирование или предварительное измерение. Существуют другие патенты, предлагающие изменение параметров структуры и предварительную нагрузку для устранения нежелательных проблем сложности и затенения на рентгеновских изображениях (Каридис и Стивенс, 2009, Каридис, 2009). Сообщается, что в Англии введена в использование система, называемая "Шторм", для выравнивания сломанной берцовой кости и фрагментов бедра (Огородник, 2007). Однако, поскольку эта система является громоздкой, она делает необходимым пребывание пациента в постели.

Поиск в патентной литературе более позднего периода позволяет выявить два документа (Вонг К-М., 2011) и (Тамер И., 2012). Первый описывает "ортопедическое наружное фиксирующее устройство", полученное из так называемого гексаподного типа роботизированного устройства, в котором 6 опор соединяет два кольца с расположенными в один ряд отверстиями через симметрично расположенные 12 соединительных точек (Вонг К-М., 2011). Очевидными недостатками данного устройства является необходимость в увеличенном возможном времени конфигурирования, вероятность наличия особых точек, а также высокая степень помех при выполнении рентгеновских снимков. Другой документ (Тамер И., 2012), раскрывающий "устройство с геометрическим расположением с перпендикулярными гранями", имеет постоянную структурную форму, определяемую по существу 16 гранями. В данном устройстве имеется 8 опор, активируемых посредством 8 винтовых пар для обеспечения возможности относительно движения с шестью степенями свободы между двумя особыми пластинами. В результате того, что расположение 16 шарниров фиксировано, предварительно задано, а также из-за наличия слишком большого количества частей, содержащихся в физической системе, данная конструкция имеет множество ограничений и сложностей для ортопеда при конфигурировании устройства, и требует неоправданно много затрат, как финансовых, так и временных, и больше усилий со стороны хирурга-ортопеда.

Задача, на решение которой направлено настоящее изобретение, состоит в том, чтобы создать удобные для пользователя варианты наружного фиксирующего устройства, которые можно использовать в области ортопедии для соединения смещенных фрагментов кости на требуемых осях, которые минимизируют проблемы особых точек, которые направлены на максимально возможное уменьшение объема вычислений, которые оставляют незатененные области для получения четких изображений фрагментов костей на рентгеновских пленках и которые создают многонаправленные средства, обладающие конструктивным потенциалом и гибкостью.

По существу, это изобретение представляет собой модульное параллельное роботизированное устройство с шестью степенями свободы, содержащее гибкую конструкцию, которая содержит 8 объектов, 12 соединений, 6 пар винт-гайка и обеспечивает возможность трехмерного движения, состоящего из 3 поворотов и 3 перемещений, со степенями свободы от нуля до шести, причем устройство получают путем соединения двух плоских объектов - гладких колец цилиндрической формы с разным радиусом, одного нижнего и одного верхнего, имеющих упорядоченные одинаковые отверстия, размещенные на од-

ной или более концентрических окружностях, с тремя λ (лямбда)-образными конструктивными элементами, а именно λ -модулями. λ -модуль состоит из двух цилиндрических частей, которые определяют как длинную и короткую опоры. Длинная и короткая опоры имеют подвижные сегменты, как переменной, так и фиксированной длины. Эти опоры соединены друг с другом взаимозаменяемым образом так, что взаимозаменяемая точка соединения находится на сегменте фиксированной длины длинной опоры, но не находится вдоль оси длинной опоры. Можно подсоединить один конец длинной опоры к верхнему кольцу, другой конец - к нижнему кольцу, а свободный конец короткой опоры взаимозаменяемым образом к верхнему или нижнему кольцу. Эти базовые свойства обеспечивают для одного λ -модуля восемь вариантов соединения верхнего и нижнего кольца. Сегмент переменной длины длинной опоры может быть на стороне верхнего кольца, а сегмент фиксированной длины - на стороне нижнего, или наоборот, сегмент переменной длины длинной опоры может быть на стороне нижнего кольца, а сегмент фиксированной длины может быть на стороне верхнего кольца. Помимо того, что один конец длинной опоры всегда соединен с одним из колец, а другой конец соединен с другим кольцом, свободный конец короткой опоры может быть соединен взаимозаменяемым образом либо с верхним кольцом, либо с нижним кольцом с левой или с правой стороны длинной опоры. Таким образом, роботизированные приложения с помощью трех модулей в качестве наружного фиксатора обеспечат $8^3 = 512$ различных конфигураций, что означает огромную конструктивную гибкость и разнообразие.

С другой стороны, существуют два базовых типа λ -модулей, обеспечивающих движения с шестью степенями свободы, когда длины короткой и длинной опор изменяются (активируются), и отсутствие движения, когда длины короткой и длинной опор фиксированы (неактивны), для роботизированного устройства, которые в основном являются результатом сборки двух плоских колец, соединенных взаимозаменяемым образом посредством не менее трех, не более трех, а ровно трех λ -модулей. Первый базовый тип λ -модуля является конструктивным элементом, имеющим шаровые шарниры, выполненные с возможностью поворота вокруг трех независимых осей на обоих концах длинной опоры, простой шарнир с одной степенью свободы в точке соединения длинной и короткой опор и шаровой шарнир с тремя степенями свободы на свободном конце короткой опоры, фиг. 1. Второй базовый тип λ -модуля является конструктивным элементом, имеющим шаровые шарниры с тремя степенями свободы на обоих концах длинной опоры и универсальные (карданные) шарниры с двумя степенями свободы в точке соединения длинных и коротких опор и на свободном конце короткой опоры, фиг. 2.

Для обеспечения хорошего понимания деталей, частей и свойств наружного фиксирующего устройства, являющегося объектом настоящего патента здесь, приведены чертежи, перечисленные ниже, причем на чертежах изображено следующее.

- Фиг. 1. Первый базовый тип λ -модуля.
- Фиг. 2. Второй базовый тип λ -модуля.
- Фиг. 3. Второй вид первого базового типа λ -модуля.
- Фиг. 4. Второй вид второго базового типа λ -модуля.
- Фиг. 5. Пример фиксатора типа (3-6), полученного с использованием первого базового типа λ -модуля.
- Фиг. 6. Пример фиксатора типа (3-6), построенного с использованием второго вида первого базового типа λ -модуля.
- Фиг. 7. Пример фиксатора типа (3-6), полученный с использованием второго базового типа λ -модуля.
- Фиг. 8. Пример фиксатора типа (3-6), построенного с использованием второго вида второго базового типа λ -модуля.
- Фиг. 9. Верхнее кольцо (1) и нижнее кольцо (2), имеющие два ряда отверстий.
- Фиг. 10. Часть с номером (3).
- Фиг. 11. Промежуточная деталь с номером (4).
- Фиг. 12. Детали с номером (5) и (6).
- Фиг. 13. Части с номером (7) и (8).
- Фиг. 14. Часть с номером (10).
- Фиг. 15. Сборка цилиндрической части (10) с прикрепленной к ее концу гайкой (3).
- Фиг. 16. Часть с номером (11).
- Фиг. 17. Форма сборки длинных опор λ -модулей.
- Фиг. 18. Промежуточная соединительная деталь с номером (12), используемая с различными видами базовых λ -модулей.
- Фиг. 19. (3-6)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 20. (4-5)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 21. (5-4)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 22. (6-3)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 23. (3-6)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля.

- Фиг. 24. (4-5)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 25. (5-4)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 26. (6-3)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 27. (3-6)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 28. (4-5)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля.
- Фиг. 29. (5-4)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 30. (6-3)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 31. (3-6)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 32. (4-5)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 33. (5-4)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 34. (6-3)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля.
- Фиг. 35. (3-6)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 36. (4-5)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 37. (5-4)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 38. (6-3)-система, построенная с использованием первого вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 39. (3-6)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 40. (4-5)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 41. (5-4)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 42. (6-3)-система, построенная с использованием второго вида первого типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 43. (3-6)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 44. (4-5)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 45. (5-4)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 46. (6-3)-система, построенная с использованием первого вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 47. (3-6)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 48. (4-5)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 49. (5-4)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.
- Фиг. 50. (6-3)-система, построенная с использованием второго вида второго типа λ -модуля со всеми короткими опорами, присоединенными с левой стороны.

Части и детали на фиг. 5 и 6 пронумерованы, и их описания приведены ниже:

- (1) - Верхнее кольцо.
- (2) - Нижнее кольцо.
- (3) - Гайка.
- (4) - Промежуточная деталь.
- (5) - Промежуточная соединительная деталь.
- (6) - Отверстие для регулировочного винта на примере промежуточной детали (5).
- (7) - Часть шарового шарнира, присоединенная к винту (11).
- (8) - Часть шарового шарнира, присоединенная к кольцу.
- (9) - Свободный конец короткой опоры λ -модуля.
- (10) - Полая цилиндрическая часть.
- (11) - Резьбовая цилиндрическая часть.
- (12) - Промежуточная деталь в различных видах λ -модуля.

В роботизированном устройстве наружного фиксатора первый базовый тип λ -модуля (фиг. 1) может быть использован с кольцами, имеющими отверстия в один ряд, поскольку короткие и длинные опоры λ -модуля вместе с их осевыми линиями лежат на одной плоскости, перпендикулярной оси вращения шарнира, соединяющего их. Наличие коротких и длинных опор в одной плоскости может ввести не-

большие ограничения на длину короткой опоры и величину изменения этой длины. Эта ситуация может быть преодолена посредством второго вида первого базового λ -модуля, показанного на фиг. 3. В конструкции второго вида обеспечение возможности прохождения оси вращения шарнира через точку на оси длинной опоры дает короткой опоре возможность большего увеличения длины (фиг. 3). В этом случае осевые линии короткой и длинной опор λ -модуля лежат на двух отдельных плоскостях, параллельных друг другу и одновременно перпендикулярных оси вращения шарнира. Таким образом, никакого изменения в характеристиках шарнира второго вида (фиг. 3) нет по отношению к первому базовому типу; но большая область перемещения достигается за счет смещения осевой линии короткой опоры на линию, проходящую через точку на оси длинной опоры, если смотреть вдоль оси вращения шарнира наружу в радиальном направлении, перпендикулярном оси длинной опоры. При установке фиксатора со вторым видом первого базового модуля это обеспечивает на практике удобство использования кольца с двухрядными отверстиями для подсоединения свободного конца короткой опоры.

Модификация, аналогичная той, что была сделана для получения второго вида первого базового λ -модуля, также применима ко второму базовому λ -модулю. На фиг. 4 показан второй вид второго базового λ -модуля, в котором универсальный шарнир с двумя степенями свободы, соединяющий короткую и длинную опоры второго базового λ -модуля, смещен в сторону. Расширяя область перемещения для короткой опоры второго базового λ -модуля, данная модификация одновременно поможет более длинным цилиндрическим частям вписаться в эту область.

Рассматривая систему, имеющую три шарнира в трех точках верхнего кольца и шесть шарниров в шести точках нижнего кольца, а именно систему типа (3-6), в качестве базы, варианты наружного фиксирующего устройства, полученные с использованием четырех различных λ -модулей, приведенных на фиг. 1, 2, 3 и 4, показаны на фиг. 5, 6, 7 и 8, соответственно. На фиг. 5 показан фиксатор типа (3-6), полученный путем соединения взаимозаменяемым образом верхнего и нижнего колец тремя λ -модулями первого базового типа, в котором подвижные сегменты переменной длины длинных опор находятся на верхней стороне кольца, а все короткие опоры присоединены с правой стороны. На фиг. 6 показан фиксатор типа (3-6), построенный аналогично, за исключением того, что используется второй вид первого базового λ -модуля. Примеры фиксаторов типа (3-6), полученных путем сборки верхнего и нижнего колец с использованием трех λ -модулей первого и второго вида второго базового типа λ -модуля, представлены на фиг. 7 и 8, соответственно.

Подробности об λ -модулях объясняются с помощью λ -модуля первого базового типа, показанного на фиг. 1, в отношении целостности типа (3-6) фиксатора, показанного на фиг. 5, построенного на этом модуле. Прежде всего, на фиг. 9 показаны плоские гладкие верхнее кольцо (1) и нижнее кольцо (2) с двухрядными отверстиями, соединенные друг с другом взаимозаменяемым образом при помощи первого базового λ -модуля, показанного на фиг. 5. Рассматриваемый здесь λ -модуль изготовлен путем сборки длинной опоры, длина которой регулируется с помощью гайки, обозначенной номером (3), с короткой опорой, которая имеет такие же конструктивные характеристики, что и длинная опора, с использованием деталей с номером (4), (5) и (6). Длинная опора λ -модуля присоединена к верхнему кольцу (1) посредством универсального шарнира с тремя степенями свободы, состоящего из частей с номерами (7) и (8), и присоединена к нижнему кольцу (2) посредством шарнира с подобными свойствами. Свободный конец короткой опоры λ -модуля с номером (9) также присоединен взаимозаменяемым образом к нижнему кольцу (2) с правой стороны с использованием шарнира с тремя степенями свободы. Цилиндрические части с номером (10) и (11), представляющие конструкцию длинных и коротких опор всех λ -модулей, соединены друг с другом гайкой с номером (3).

Часть с номером (3), показанная на фиг. 10, вместе с цилиндрической частью с номером (11), на которой нарезана соединительная резьба, образует пару винт-гайка на своем самом узком участке, предназначенную для использования при изменении длины опоры. Часть с номером (3) имеет рифленую поверхность на своем цилиндрическом участке с наибольшим диаметром, удобную для вращения рукой, и надлежащим образом выполненные площадки на ее верхнем наружном участке под стандартный ключ, цилиндрическое отверстие, перпендикулярное одновременно оси гайки (3) и плоскостям площадок, и цилиндрическое пространство на своем внутреннем нижнем участке, в котором вырезана канавка, предназначенная для посадки кольца с целью соединения гайки (3) с полый цилиндрической частью (10).

На фиг. 11 показаны детальные чертежи промежуточной соединительной детали с номером (4), которая, с одной стороны, удерживает осевые линии длинной и короткой опор λ -модуля в одной плоскости, перпендикулярной оси вращения шарнира, и имеет в себе отверстие, через которое проходит штифт шарнира, и, с другой стороны, фиксирует положение шарнира в точке на оси сегмента (10) фиксированной длины длинной опоры с помощью соединительного болта и гайки. На фиг. 12 представлен чертеж части с номером (5) на короткой стороне шарнира, которая посажена на деталь с номером (4), вместе с отверстием с номером (6) под регулировочный винт, используемым для соединения этой части с винтовым концом короткой опоры так, что относительное вращение отсутствует. На фиг. 13 показаны чертежи универсального шарнира, состоящего из части с номером (7), которая присоединена к резьбовому концу

(11) длинной опоры λ -модуля с помощью регулировочного винта так, что относительное вращение отсутствует, и части с номером (8), которая присоединена к верхнему кольцу с помощью подходящего винта.

Полая цилиндрическая часть с номером (10), которая присутствует в конструкциях как длинной, так и короткой опор, и представляет собой сегмент фиксированной длины, показана на фиг. 14. Нижний участок этой части имеет отверстие для регулировочного винта, позволяющее прикрепить универсальный шарнир с двумя или тремя степенями свободы, на верхних сторонах во взаимно противоположных направлениях расположены две сферические канавки, в которые может быть помещен шар надлежащего размера, а кольцевое седло вырезано так, что обеспечена возможность удобного прикрепления гайки (3). Кроме того, участок на верхнем конце цилиндрической части (10) конически сужается, так что гайка (3) и кольцо могут быть легко смонтированы. Далее, имеется паз, параллельный оси цилиндра (10), програвированный в соответствии с линейной шкалой, используемый для измерения длины опоры λ -модуля, фиг. 14. Сборка полой цилиндрической части (10) с гайкой (3) показана на фиг. 15, где гайка (3) установлена в ее седло при помощи кольца так, что она имеет возможность вращения без перемещения в осевом направлении, шар прижат к сферической канавке на поверхности цилиндрической части (10) винтовой пружиной, вставленной в цилиндрическое отверстие, принадлежащее гайке (3), с колпачком на конце.

Частью, присутствующей в общей конструкции длинной и короткой опор λ -модуля и представляющей собой подвижный сегмент переменной длины, является цилиндрическая часть с номером (11), фиг. 16. На верхнем конце цилиндрической части (11), на которой выполнена резьба, соответствующая резьбе гайки (3), создают плоскую поверхность, на которую будет посажен конец соединительного регулировочного винта, на стороне ступенчатого участка с уменьшенным диаметром так, что отсутствует вращение относительно шарнирного элемента, к которой эта часть присоединена. На нижнем конце указанной части (11) имеется резьбовое отверстие, просверленное в направлении, перпендикулярном оси цилиндра, на котором смонтирован индикаторный штифт подходящего размера, фиг. 16. На фиг. 17 форма сборки длинной опоры λ -модуля, которая соединяет верхнее и нижнее кольца друг с другом, показана на видах в двух взаимно перпендикулярных направлениях и в виде в поперечном сечении вдоль длинной оси. Универсальные шарниры (7) с тремя степенями свободы на двух концах прикреплены с помощью регулировочного винта к винту (11) на верхней стороне, а также с помощью регулировочного винта к полой цилиндрической части (10) со шкалой длины в нижней части. Дополнительно на цилиндрическом сегменте (10) с фиксированной длиной, являющемся частью длинной опоры, имеется гайка (3), закрепленная кольцом, и промежуточная соединительная деталь (4) или (12), к которой присоединена взаимозаменяемым образом короткая опора с помощью болта и гайки. Промежуточная соединительная деталь (12) образует при помощи выступающего цилиндра неподвижную соединительную ось универсального шарнира с двумя степенями свободы, а также ось вращения простого шарнира с одной степенью свободы у первого базового λ -модуля второго вида, будучи присоединенной взаимозаменяемым образом при помощи болта и гайки к оси цилиндра (10), к которой ось выступающего цилиндра перпендикулярна. Индикаторный штифт расположен на конце винта (11) при помощи регулировочного винта так, что его размеры соответствуют размерам паза со шкалой на цилиндре (10). Из фиг. 17 можно понять, что вращение гайки вокруг оси цилиндрической части (10) ведет к перемещению винта (11), присоединенного к гайке (3), вдоль оси цилиндра и к изменению длины сегмента переменной длины у длинной опоры. Шар под действием пружины функционирует как запирающий механизм, фиксируя длину опоры тем, что он садится на поверхность сферической канавки каждый раз, когда гайку (3) поворачивают на пол-оборота. Таким образом, можно укоротить или удлинить размер опоры λ -модуля с разрешением, равным половине шага винта.

Объяснения относительно конструкции и изменения длины длинной опоры на фиг. 17 действительны и для короткой опоры в случае, когда регулировочные винты шарниров с тремя степенями свободы на концах демонтированы, вместо них смонтированы соответствующие шарниры, а промежуточная соединительная деталь (12) в сегменте фиксированной длины удалена. Если взаимозаменяемые шарниры на концах и промежуточная соединительная деталь (4 или 12) удалены, то сборка длинной и короткой опор по существу осуществляется соединением полой цилиндрической части (10) с гайкой (3).

К настоящему моменту, в первую очередь, для двух базовых λ -модулей были изложены общие черты всех четырех видов и типов λ -модулей. На этом этапе будут описаны их элементы, имеющие различия. Одно из них состоит в различии двух видов первого базового λ -модуля. Различие заключается в том, что деталь, пронумерованная как (4) на фиг. 5, подробности которой показаны на фиг. 11, присутствует в первом виде λ -модуля, тогда как деталь под номером (12) на фиг. 6, подробные чертежи которой даны на фиг. 18, присутствует во втором виде λ -модуля. Одна и та же деталь на фиг. 18 используется в двух видах второго базового λ -модуля при подсоединении взаимозаменяемым образом длинной и короткой опор друг к другу при использовании ее в двух разных позициях, смещенных друг относительно друга на угол 90° . Эта ситуация хорошо видна на фиг. 2, 4, 7 и 8. Еще одна причина различия между λ -модулями заключается в том, что, несмотря на конструктивные общие черты, универсальный шарнир с тремя степенями свободы, как в случае части с номером (8) на фиг. 5, вместе с соединительным болтом имеет свобо-

ду вращения вокруг оси отверстия по отношению к кольцу, в то время как универсальный шарнир с двумя степенями свободы, прикрепленный к концам короткой опоры, как показано на фиг. 2, 4, 7 и 8, не имеет свободы вращения относительно части, к которой он подсоединен. С этой целью болт, присоединяющий шарнир к кольцу, жестко смонтирован в случае универсального шарнира с двумя степенями свободы, а в случае универсального шарнира с тремя степенями свободы между контактными поверхностями головки винта и кольцом оставляют зазор путем регулировки длины резьбовой части так, чтобы происходило относительное вращение винта относительно кольца.

Рассмотрев известные конструктивные особенности базовых λ -модулей, можно лучше понять различия между классическими фиксирующими устройствами и устройствами новой структуры, которые могут быть сформированы с помощью рассматриваемых λ -модулей геометрически разносторонним образом. По существу, в то время как первый базовый λ -модуль имеет три шаровых шарнира с тремя степенями свободы, один шарнир с одной степенью свободы и две винтовые пары с одной степенью свободы, второй базовый λ -модуль имеет два шаровых шарнира с тремя степенями свободы, два универсальных (карданных) шарнира с двумя степенями свободы и две винтовые пары с одной степенью свободы. Общим для обоих модулей является то, что шарниры с тремя степенями свободы присутствуют на концах длинных опор обоих модулей и что имеются четыре основных объекта, которые можно перемещать относительно друг друга в обоих модулях. В двух базовых модулях, которые могут быть легко восприняты как имеющие модульную конструкцию сами по себе, особенность, заключающаяся в том, что шарниры на концах коротких опор выполнены с возможностью изменения с помощью подходящих регулировочных винтов и путем использования промежуточных деталей на фиг. 11, 12 и 18, делает легким переход от одного вида к другому среди четырех различных видов λ -модулей. Эта особенность модульной конструкции, указанная здесь, значительно упростит создание новых фиксирующих устройств на основе этих модулей.

Параллельная роботизированная конструкция, полученная из первого модуля, по существу имеет в целом девять шаровых шарниров с тремя степенями свободы вместе с шестью парами винт-гайка с одной степенью свободы и тремя шарнирами с одной степенью свободы. С другой стороны, параллельное роботизированное устройство, полученное из второго модуля, имеет шесть шаровых шарниров с тремя степенями свободы, шесть пар винт-гайка и шесть универсальных (карданных) шарниров с двумя степенями свободы. Таким образом, по существу, относительное движение с шестью степенями свободы, состоящее из трех поворотов и трех перемещений между верхним и нижним кольцами, ведет к новым структурам фиксаторов, образуемым двумя модулями. Это обеспечивает возможность позиционирования фрагментов кости, прикрепленных к кольцам, как требуется.

Параллельные роботизированные устройства, полученные из двух модулей в рамках принципов, изложенных выше, позволяют фиксатору выполнять функции удержания фрагментов кости в стабильных равновесных условиях и перемещения их в соответствии с медицинскими ограничениями с помощью наружных средств путем увеличения или уменьшения длины опор. Дополнительно, эффективная степень свободы системы равна числу активных пар винт-гайка. Таким образом, если все пары винт-гайка являются неактивными (заблокированными), то система имеет стабильное статическое равновесие.

Ранее было указано, что при повороте одного единственного λ -модуля относительно трех ортогональных осей на угол примерно 180° в двух направлениях можно для одного λ -модуля получить $2^3 = 8$ различных способов соединения верхнего и нижнего колец. Исходя из этого факта, можно получить $8^3 = 512$ различных конфигураций для конструкции фиксатора, построенной из трех λ -модулей этого типа. Если новую конструкцию устройства формировать из четырех различных видов λ -модулей, то будет в общей сложности $4^3 \times 512 = 32768$ различных вариантов конфигурации фиксатора. Эта ситуация показывает, что новая модульная система, подлежащая патентованию, имеет чрезвычайно гибкую структуру.

В качестве примеров для вышеупомянутых 512 конфигураций покажем различные структуры фиксаторов, которые могут быть сформированы с помощью четырех различных типов λ -модуля. На фиг. 19 изображена (3-6)-система, построенная только на первом λ -модуле первого вида, в котором все короткие опоры присоединены взаимозаменяемым образом к длинным с правой стороны. Если один из шаровых универсальных шарниров (три степени свободы) на конце короткой опоры в одном из λ -модулей системы, показанной на фиг. 19, отсоединен от нижнего кольца и присоединен к верхнему кольцу, то имеет место (4-5)-система, показанная на фиг. 20. Когда два шаровых универсальных шарнира на концах коротких опор λ -модулей, показанных на фиг. 19, отсоединены от нижнего кольца и присоединены взаимозаменяемым образом к верхнему кольцу, то имеет место (5-4)-система, показанная на фиг. 21. Если все три шаровых универсальных шарнира на концах коротких опор всех λ -модулей на фиг. 19 присоединены взаимозаменяемым образом к верхнему кольцу, то имеет место (6-3)-система, показанная на фиг. 22. На фиг. 19, 20, 21 и 22 резьбовые части с переменной длиной длинных опор λ -модуля расположены ближе к верхнему кольцу, в то время как их части с фиксированной длиной находятся вблизи нижнего кольца. Когда параллельные роботизированные структуры сконструированы взаимозаменяемым образом так, что резьбовые части с переменной длиной длинных опор расположены ближе к нижнему кольцу, а их части с фиксированной длиной расположены ближе к верхнему кольцу, то, хотя результирующие структуры не

будут существенно отличаться от предыдущих, связанные с ними прямые и обратные кинематические расчеты изменятся. По этой причине уместно рассказать о восьми разных способах использования любого вида λ -модуля при регулировке системы фиксаторов. Здесь были отобраны примеры только из тех систем, которые имеют разную структуру.

Структура фиксирующих устройств, называемых (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системами и имеющих шаровые универсальные шарниры в трех, четырех, пяти и шести точках на верхнем кольце и шаровые универсальные шарниры в шести, пяти, четырех и трех точках на нижнем кольце, соответственно, со всеми λ -модулями, относящимися ко второму виду первого типа, в которой все короткие опоры присоединены взаимозаменяемым образом к длинным с правой стороны, показана на фиг. 23, 24, 25 и 26, соответственно. Эта структура фиксирующих устройств, называемых (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системами и имеющих шаровые универсальные шарниры в трех, четырех, пяти и шести точках на верхнем кольце и шаровые универсальные шарниры в шести, пяти, четырех и трех точках на нижнем кольце, соответственно, со всеми λ -модулями, относящимися к первому виду второго типа, в которой все короткие опоры присоединены взаимозаменяемым образом к длинным с правой стороны, показана на фиг. 27, 28, 29 и 30, соответственно. Если процедура регулировки фиксатора применена к случаю, в котором все короткие опоры присоединены взаимозаменяемым образом к длинным с правой стороны для λ -модуля второго вида второго типа, то полученная структура фиксирующего устройства, называемая (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системой, показана на фиг. 31, 32, 33 и 34, соответственно.

Если процедура построения фиксирующего устройства применена к λ -модулю первого вида первого типа, в котором короткая опора соединена взаимозаменяемым образом с длинной с левой стороны таким образом, что имеется три, четыре, пять и шесть точек подсоединения на верхнем кольце и шесть, пять, четыре и три точки подсоединения на нижнем кольце, соответственно, то полученная структура устройства, называемая (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системой, показана на фиг. 35, 36, 37 и 38, соответственно. Когда процедура построения реализована с использованием λ -модуля второго вида первого типа, а все остальные условия сохранены, то получают структуру фиксирующего устройства, называемую (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системой и показанную на фиг. 39, 40, 41 и 42, соответственно. Процедура конструирования при использовании λ -модуля первого вида второго типа при тех же остальных условиях приведет к получению структуры фиксирующего устройства, называемой (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системой и показанной на фиг. 43, 44, 45 и 46, соответственно. Если λ -модуль, с которым должна быть выполнена процедура построения, выбран при сохранении без изменения всех остальных условий как второй вид второго типа, то получают структуру фиксирующего устройства, называемую (3-6)-, (4-5)-, (5-4)- и (6-3)-системой, показанную на фиг. 47, 48, 49 и 50, соответственно.

λ -модули и наружный фиксатор, который состоит из них и, следовательно, имеет очень гибкую структуру, обладают многими конструктивными преимуществами над гексаподом (пространственным каркасом Тэйлора, Тэйлор и др., 1999, 2015, и каркасом Вонга, Вонг, 2011). Первое из них состоит в том, что предлагаемая система, на которую распространяется патент, имеет конструкцию, соединяющую верхнее и нижнее кольца в целом в девяти точках, тогда как гексапод имеет конструкцию, соединяющую два кольца в целом в двенадцати точках. В ортопедической практике это означает, что гексапод конфигурируют с использованием большего количества соединений в процессе сборки, что требует больше времени и усилий, чем у предлагаемой новой системы, в которой для ее конфигурации требуется меньше времени и усилий. Другим преимуществом новой системы с модульной структурой является то, что гексапод имеет только одну единственную конфигурацию, тогда как только с одним видом λ -модуля одного типа можно иметь 512 различных конфигураций, а при использовании 4 различных модулей всего имеется 32768 различных конфигураций.

Из приведенных до настоящего момента объяснений должно быть очевидно, что λ -фиксатор сконструирован с использованием двух плоских гладких колец, свободно соединенных посредством не более трех, не менее трех, а ровно трех λ -модулей. λ -фиксатор также имеет преимущества по сравнению с "устройством с геометрическим расположением с перпендикулярными гранями" (Тамер И., 2012) по многим аспектам. К ним относится то, что в λ -фиксаторе имеется в общей сложности 18 отдельных шарниров для соединения по существу 14 подвижных относительно друг друга твердых тел, тогда как в устройстве (Тамер И., 2012) используется в общей сложности 24 шарнира для соединения 18 подвижных тел. В указанном устройстве (Тамер И., 2012) пластины имеют особые геометрические формы с 4 выступающими сегментами, между каждым из которых имеется пространство в 90° , и на которых закреплены без возможности изменения все 12 шарниров, причем существует условие для хирурга-ортопеда, согласно которому при использовании λ -фиксатора хирург-ортопед имеет полную свободу выбора любого из 9 отверстий на 2 плоских гладких кольцах λ -фиксатора при конфигурировании фиксатора в зависимости от медицинских условий. В указанном устройстве (Тамер И., 2012) имеется 8 опор, снабженных 8 винтовыми парами для взаимодействия с приводами, обеспечивающими движение с шестью степенями свободы между пластинами, что подразумевает, что не все 8 входных движений являются независимыми. С другой стороны, λ -фиксатор имеет шесть опор с шестью винтовыми парами, обеспечивая движение ров-

но с шестью степенями свободы, как это и должно быть. Значительное преимущество λ -фиксатора по сравнению с указанным устройством (Тамер И., 2012) заключается в том, что возможна лишь одна конструктивная конфигурация для указанного устройства, тогда как λ -фиксатор обеспечивает возможность формирования 512 различных конструктивных конфигураций на базе всего лишь одного типа модуля, а при использовании вместе 4 различных модулей могут быть получены 32768 различных конфигураций.

Одним из наиболее важных преимуществ предлагаемого нового фиксатора является то, что большинство потенциальных рисков особых точек, присущих конструкции гексапода, не существует в новой системе. Например, возможность появления параллелограммной конфигурации, которая приводит систему в положение неустойчивого равновесия на любой фазе процесса обработки в структуре гексапода, связана с $(6 \times 5)/2 = 15$ -ю плоскостями, тогда как число таких плоскостей в новой системе только $(3 \times 2)/2 = 3$. Аналогично, возможность наличия конфигурации особой точки у каркаса, при которой четыре направления сил, действующих на дистальное кольцо, проходят через общую точку на любой фазе обработки, возникает в $(6 \times 5 \times 4 \times 3)/24 = 15$ случаях, тогда как вероятность этого в новой системе просто равна нулю. Если в новой системе реализована простая мера, согласно которой радиусы верхнего (1) и нижнего (2) колец сделаны различающимися, а также если вначале хотя бы три пары длинных опор сконструированы так, что они не содержат какой-либо параллелограмм, то вероятность получить нежелательную особую точку отсутствует.

Гексапод, общая структура которого напоминает тип (6-6) платформы Стюарта, требует в его аналитически точном решении огромного объема вычислений (Дхингра и др., 2000, Ли и др., 2001), тогда как предлагаемая новая система, включает в себя относительно малый их объем благодаря тому, что она может быть рассчитана точно сведением ее к типу (3-3) платформы Стюарта, где объем расчетов, как было показано (Аксали и Мьютлу, 2006), представляется умеренным.

Вероятность наложения изображений костных фрагментов на изображения каркасных частей является очень низкой в предлагаемой новой системе в связи с тем, что здесь имеются только три длинные опоры, тогда как в гексапode вероятность попадания изображений опор на изображения костей в месте перелома является высокой просто из-за самого наличия этих шести опор. Кроме того, поскольку существует 512 различных конфигураций фиксатора на основе одного типа λ -модуля, обеспечивающего возможность, благодаря его модульной конструкции, без особых трудностей переходить от одной конфигурации к другой, то очень легко получить незатененные области с ясными изображениями.

В заключение можно сказать, что варианты предложенных наружных фиксаторов, являющиеся управляемыми снаружи механическими средствами, для решения ортопедических проблем, таких как выравнивание костных фрагментов по их анатомическим осям, коррекция процессов деформации и удлинения костей, обеспечивают большую перспективу использования и удобства, позволяя получать решения без особых точек, проводить точные расчеты благодаря небольшому объему вычислений, иметь незатеняемые изображения на рентгеновских снимках, используя множество различных конфигураций, реализовывать конструктивную гибкость благодаря меньшему количеству частей.

Литература

Аксали А.Д. и Мьютлу Х. Новый подход в прямой кинематической задаче механизмов платформы Стюарта с плоскими платформами. ASME J. Mech. Design (Журнал по вопросам проектирования механизмов и механических систем) 128, январь 2006, 252-263.

Аксали А.Д., Авзар Е., Ун М.К., Айдин А., Айбрики Т., Мьютлу Х., Озкан К., Байцер СО., Дэмаз А. (2014, июнь). Анализ деформированного состояния роботизированных каркасов для надежного и универсального использования в качестве наружного фиксатора. Кибернетические технологии в автоматизации, управлении и интеллектуальных системах (CYBER), 2014 IEEE 4-я Ежегодная Международная конференция (стр. 180-185). IEEE.

Остин Э., Шнайдер Й., Мюленей М.В. Патент №: US2004/0073211A1. 15 апреля 2004.

Дхингра А.К., Альмади А.Х., Коли Д., Гребнер-Сильвестр А. Гибридный метод для исследования деформированного состояния механизмов в аналитическом виде. Journal of Mechanical Design (Журнал по вопросам проектирования механизмов и механических систем). Декабрь 2000, том 122, стр. 431-438.

Дональд Г. и Селигсон Д. Фиксирующие системы, используемые в настоящее время в решениях наружной фиксации. (Ред.: Селигсон Д. и Поп М.) Grune и Stratton (1982), стр. 293-308.

Фернандес А.А. Наружная фиксация опоры, использующая односторонние бипланарные каркасы. Arch. Orthop. Trauma Surg. (Хирургия в ортопедии и травматологии) 104 Springer Verlag, (1985), стр. 182-186.

Фернандес А.А. Наружная фиксация с помощью стержневых фиксаторов. "Травма" 23, дополнение 4, (1992).

Илизаров Г. Чрескостный остеосинтез. Берлин, Springer Verlag, (1992).

Каридис Дж.П., Стивен П.М. Патент №: US2009/0036892A1. 05 февраля 2009.

Каридис Дж.П. Патент №: US2009/0036890A1. 05 февраля 2009.

Коо Дж.К., Хан Дж.С., Хан Ц.С., Чой А.Х., Сим Дж.Х., Пак Б.С., Ким Дж.С., Ким Б.С., Ким К.Т., Шин Ц.С., Чи А.Х. Патент №: US2002/0010465A1. 24 января 2002.

Ли Т. И., Шим Дж. К. Упреждающая кинематика общей платформы 6-6 Стюарта, использующая алгебраическое исключение. Теория механизмов и машин. Том 36, 2001, стр. 1073-1085.

Огородник П. Лечение переломов ног - стаффордширское ортопедическое устройство восстановления. Ingenia, выпуск 32, сентябрь (2007), стр. 25-29.

Зайде К., Фашингсбауэр М., Венцль Е., Вайнрих Н., Юргенс С. Шестиопорный роботизированный наружный фиксатор для компьютерно поддерживаемых лечения переломов и коррекции деформации. Int. J. Medical Robotics и Computer Assisted Surgery (Международный журнал медицинской робототехники и компьютеризированной хирургии). Том 1 выпуск 1 (2004), стр. 64-69.

Селигсон Д., Поп М.Х. Общие принципы наружной фиксации. Grune & Stratton, Нью-Йорк (1982).

Симпсон А.Л., Бэтон Ма, Слагель Б., Боршнек Д.П. и Эллис Р.Е. Компьютеризированный дистракционный остеогенез по методу Илизарова. Международный журнал медицинской робототехники и компьютеризированной хирургии. 2008, 4, стр. 310-320.

Тамер И. WO/2012/102685 A1 TR, 2 августа 2012 г.

Тэйлор Дж.Ц., Остин Е.Г., Тэйлор С.Х. Патент №: US5971984A. 26 октября 1999

Тэйлор Дж.Ц. Коррекция общей деформация при помощи пространственного каркасного фиксатора Тэйлора. www.jcharlestaylor.com (23/03/2015)

Вонг К-М, патент № US 2011 /0208187 A1, 25 августа 2011 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Наружное фиксирующее устройство, представляющее собой модульную роботизированную конструкцию с взаимозаменяемыми элементами, содержащее два плоских гладких кольца с разным радиусом, верхнее кольцо (1) и нижнее кольцо (2), имеющие одинаковые отверстия, упорядоченно расположенные на одной или более концентрических окружностях, с которыми свободно соединены только три λ -образных модуля, каждый из которых содержит две соединенные между собой цилиндрические части, одна определяемая как длинная опора, а другая определяемая как короткая опора, обе из которых имеют сегмент (10) фиксированной длины и подвижный сегмент (11) переменной длины, причем длинная опора и короткая опора соединены друг с другом шарниром таким образом, что короткая опора каждого λ -образного модуля выполнена с возможностью соединения с верхним кольцом (1), с нижним кольцом (2), с левой стороны длинной опоры или с правой стороны длинной опоры, при этом указанное соединение обеспечено посредством от 3 до 6 взаимозаменяемых шарниров через свободно выбранные отверстия верхнего кольца (1) и соответственно посредством от 6 до 3 взаимозаменяемых шарниров через свободно выбранные отверстия нижнего кольца (2) для образования изменяемых структур типа (3-6), (4-5), (5-4) и (6-3), причем концы опор выполнены с возможностью соединения с верхним кольцом (1) и нижним кольцом (2) на свободно выбранных отверстиях концентрических окружностей, в зависимости от типа вышеуказанных изменяемых структур.

2. Устройство по п.1, в котором по меньшей мере один λ -модуль представляет собой соединение короткой и длинной опор, таким образом, что их осевые линии лежат на одной плоскости, перпендикулярной оси вращения шарнира, соединяющего их.

3. Устройство по п.1, в котором по меньшей мере один λ -модуль представляет собой соединение короткой и длинной опор таким образом, что их осевые линии лежат на разных плоскостях.

4. Устройство по п.1, содержащее по меньшей мере один λ -модуль по п.2 и по меньшей мере один λ -модуль по п.3 формулы.

5. Устройство по п.1, в котором указанный тип (3-6) представляет собой соединение трех концов опор указанных трех λ -модулей в трех свободно выбранных отверстиях верхнего кольца (1) и соединение шести концов опор указанных трех λ -модулей в шести свободно выбранных отверстиях нижнего кольца (2).

6. Устройство по п.1, в котором указанный тип (4-5) представляет собой соединение четырех концов опор указанных трех λ -модулей в четырех свободно выбранных отверстиях верхнего кольца (1) и соединение пяти концов опор указанных трех λ -модулей в пяти свободно выбранных отверстиях нижнего кольца (2).

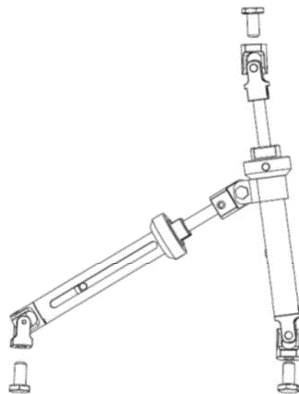
7. Устройство по п.1, в котором указанный тип (5-4) представляет собой соединение пяти концов опор указанных трех λ -модулей в пяти свободно выбранных отверстиях верхнего кольца (1) и соединение четырех концов опор указанных трех λ -модулей в четырех свободно выбранных отверстиях нижнего кольца (2).

8. Устройство по п.1, в котором указанный тип (6-3) представляет собой соединение шести концов опор указанных трех λ -модулей в шести свободно выбранных отверстиях верхнего кольца (1) и соединение трех концов опор указанных трех λ -модулей в трех свободно выбранных отверстиях нижнего кольца (2).

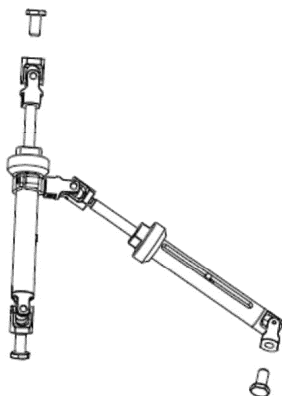
9. Устройство по п.2, в котором два кольца соединены друг с другом через их от 3 до 6 свободно выбранных отверстий посредством в общей сложности девяти шаровых шарниров, каждый из которых

обеспечивает возможность трех вращений вокруг трех независимых осей, на концах трех λ -образных модулей, причем вдоль осей трех длинных опор и трех коротких опор размещены в общей сложности шесть пар винт-гайка, причем три соединения между тремя длинными опорами и тремя короткими опорами обеспечены посредством в общей сложности трех шарниров.

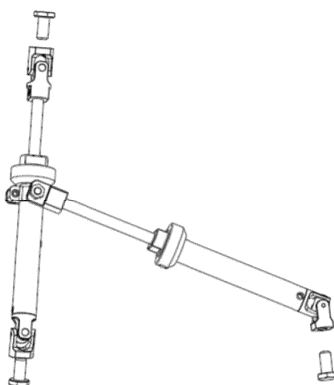
10. Устройство по п.3, в котором два кольца соединены друг с другом через их от 3 до 6 свободно выбранных отверстий посредством в общей сложности шести шаровых шарниров, каждый из которых обеспечивает возможность трех вращений вокруг трех независимых осей, на шести концах трех длинных опор, и посредством трех универсальных шарниров, каждый из которых обеспечивает возможность двух вращений вокруг двух независимых осей, на трех концах трех коротких опор трех λ -образных модулей, причем вдоль осей трех длинных опор и трех коротких опор размещены в общей сложности шесть пар винт-гайка, причем три соединения между тремя длинными опорами и тремя короткими опорами обеспечены посредством в общей сложности трех других универсальных шарниров.



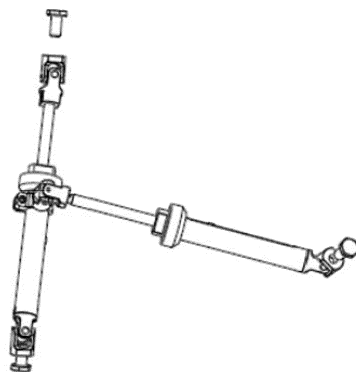
Фиг. 1



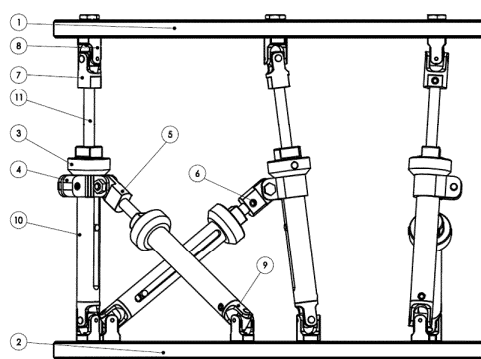
Фиг. 2



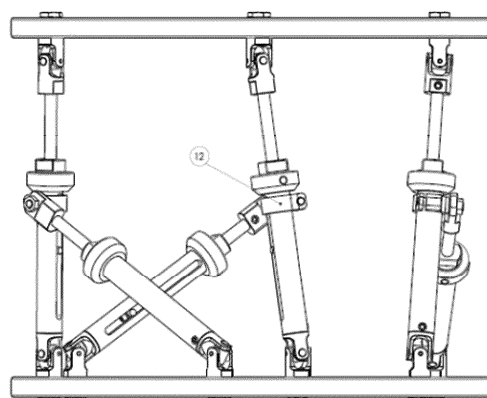
Фиг. 3



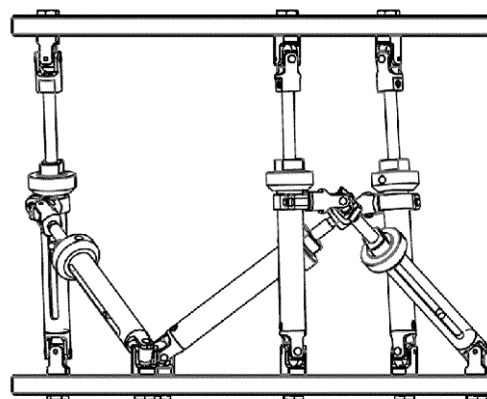
Фиг. 4



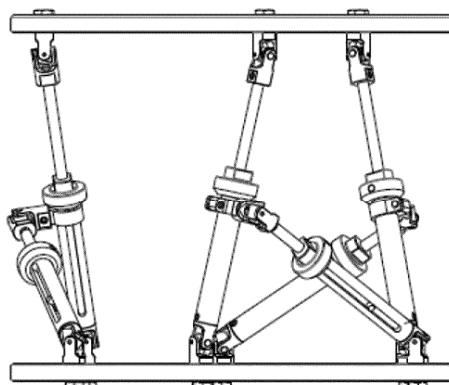
Фиг. 5



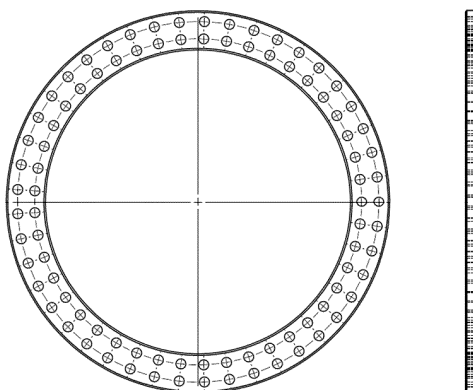
Фиг. 6



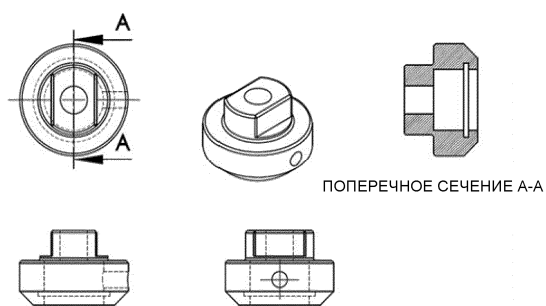
Фиг. 7



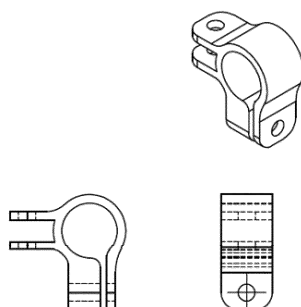
Фиг. 8



Фиг. 9

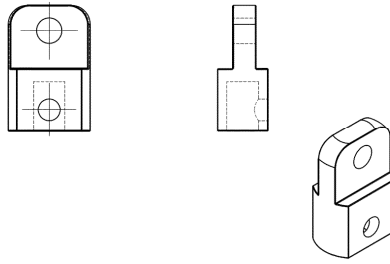


Фиг. 10



Фиг. 11

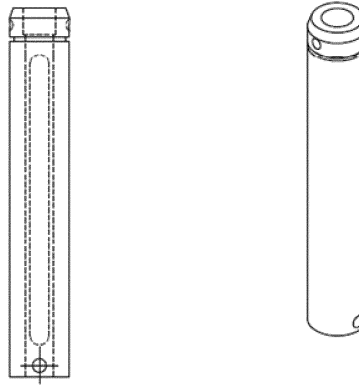
034003



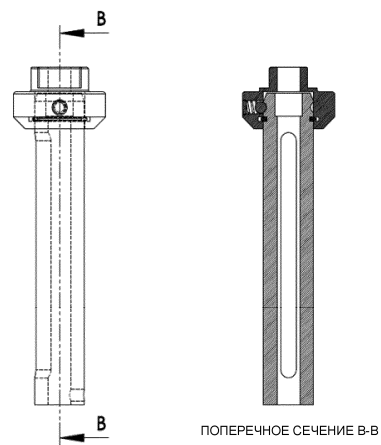
Фиг. 12



Фиг. 13

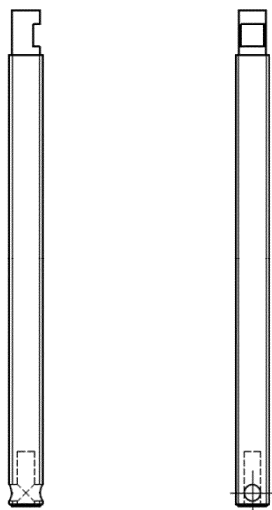


Фиг. 14

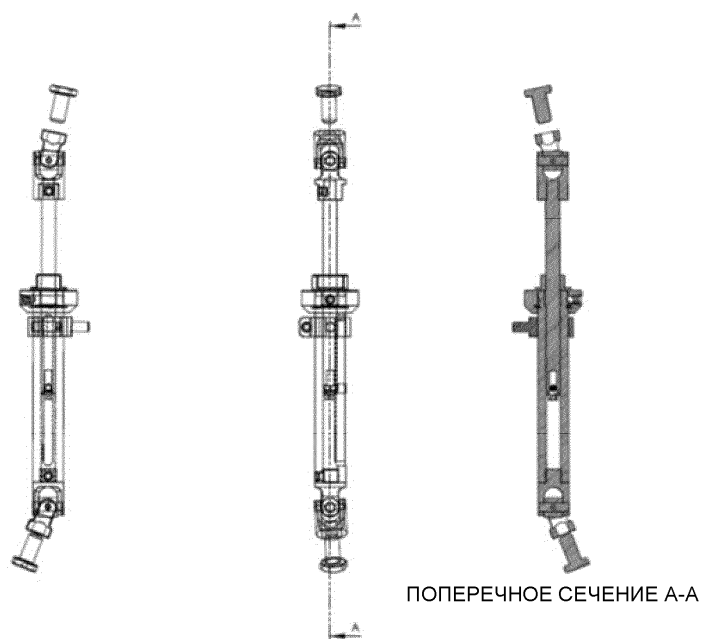


Фиг. 15

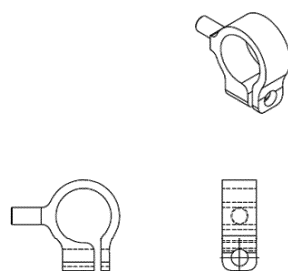
034003



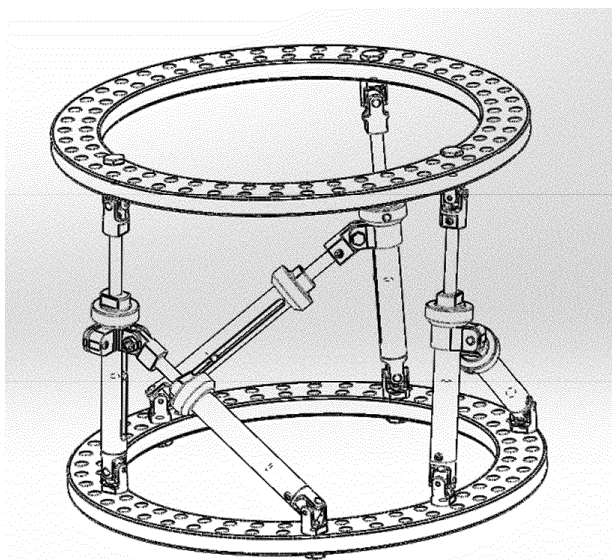
Фиг. 16



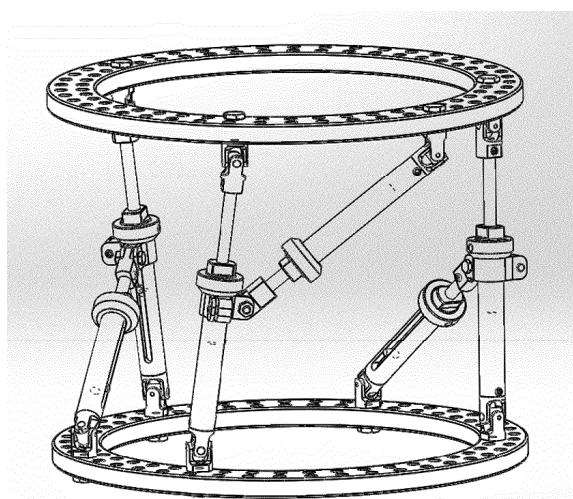
Фиг. 17



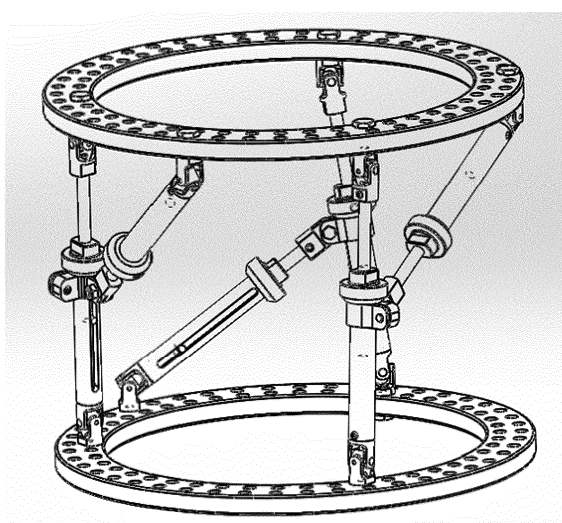
Фиг. 18



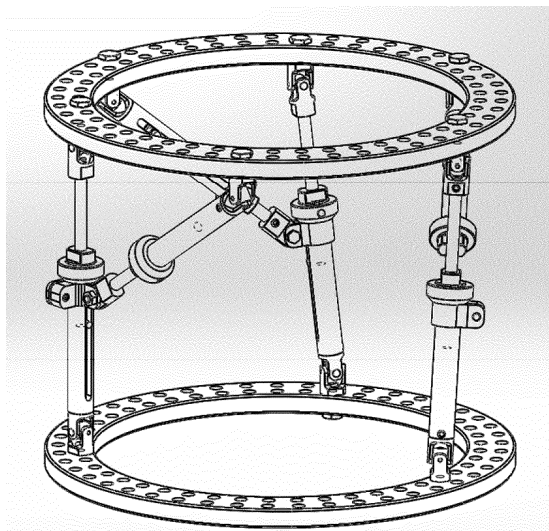
Фиг. 19



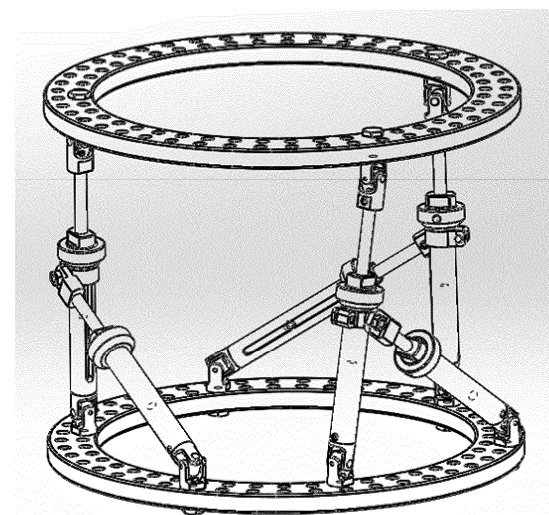
Фиг. 20



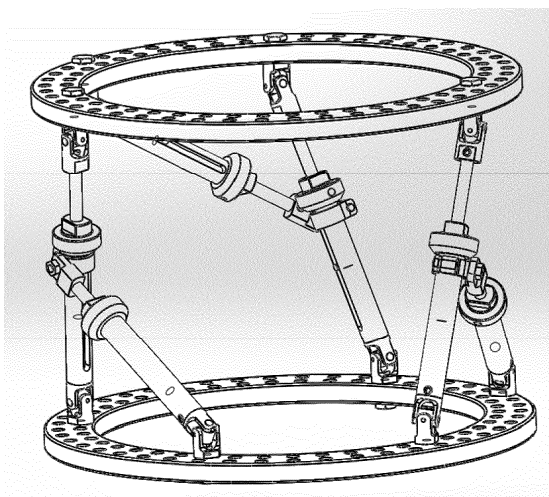
Фиг. 21



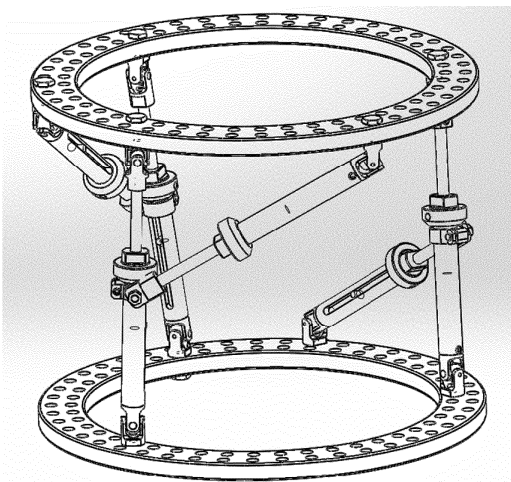
Фиг. 22



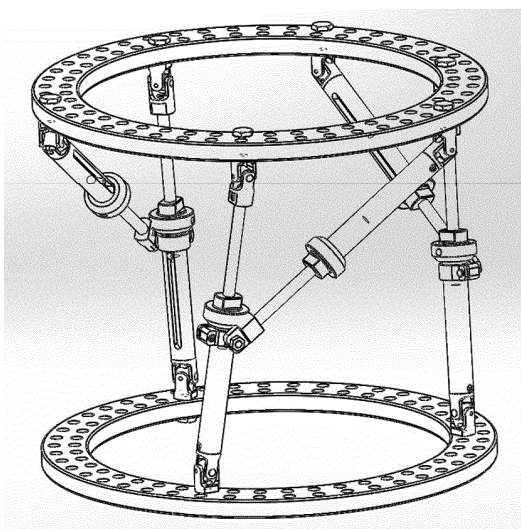
Фиг. 23



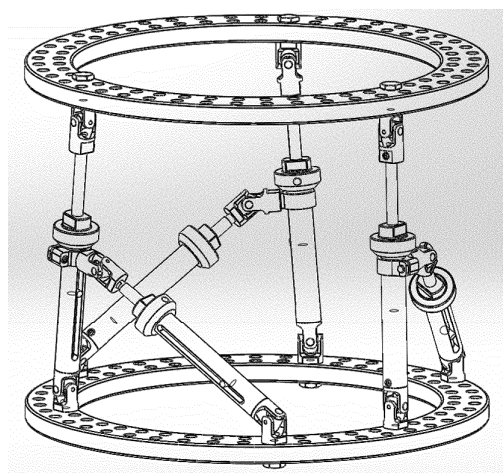
Фиг. 24



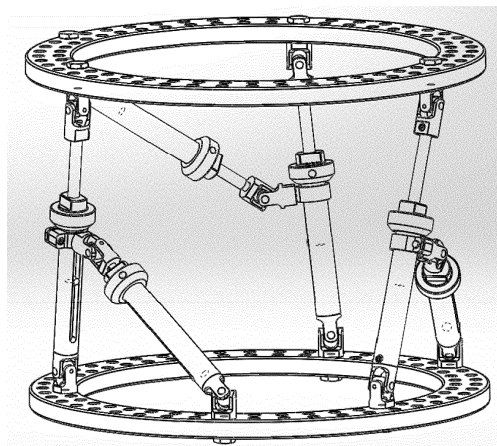
Фиг. 25



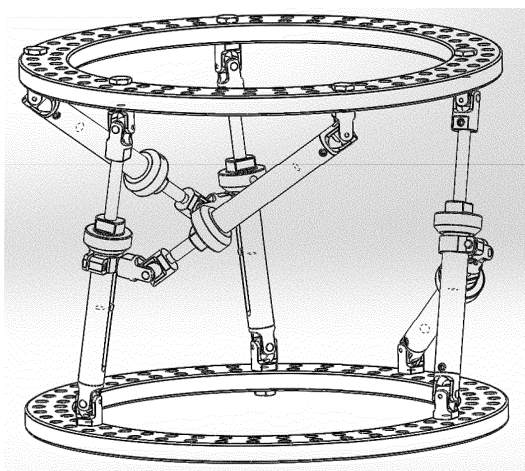
Фиг. 26



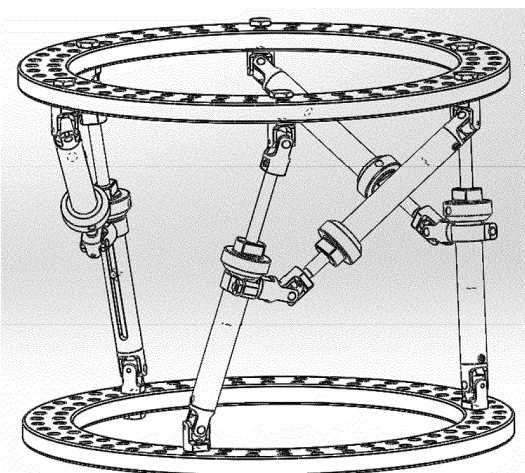
Фиг. 27



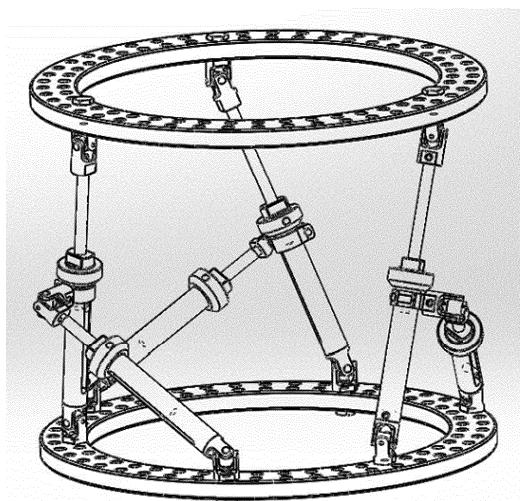
Фиг. 28



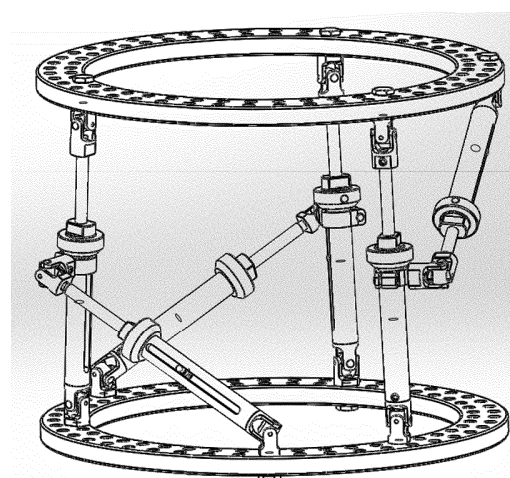
Фиг. 29



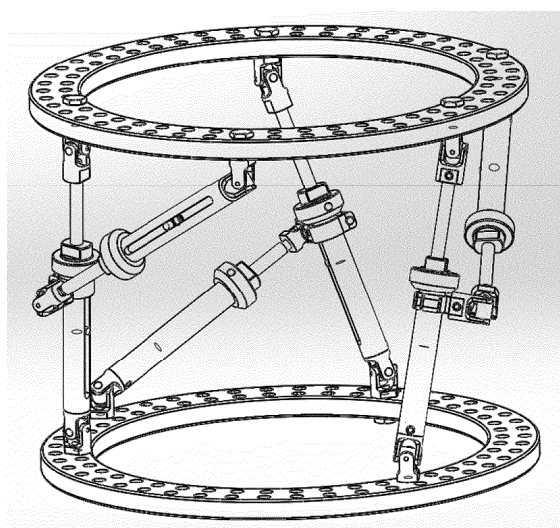
Фиг. 30



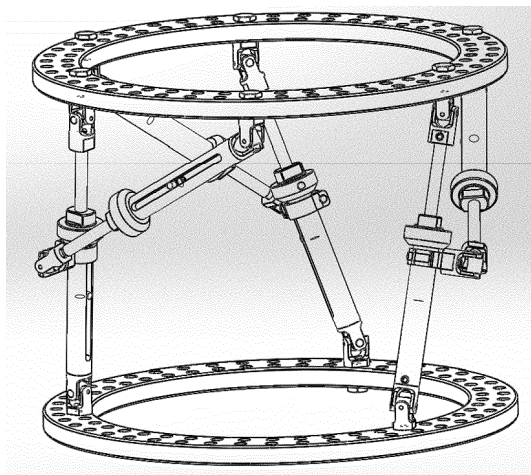
Фиг. 31



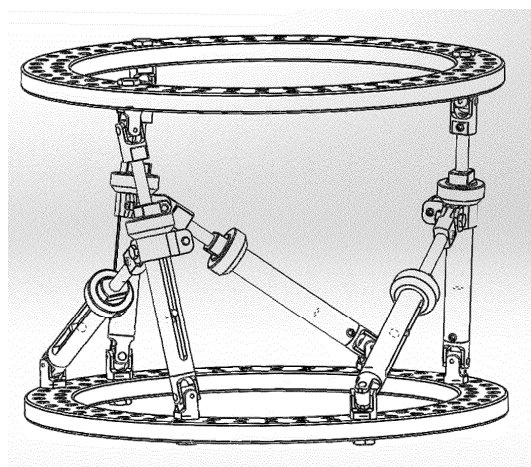
Фиг. 32



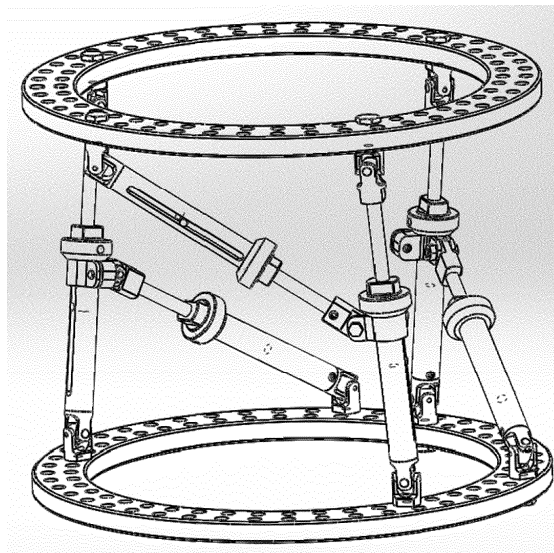
Фиг. 33



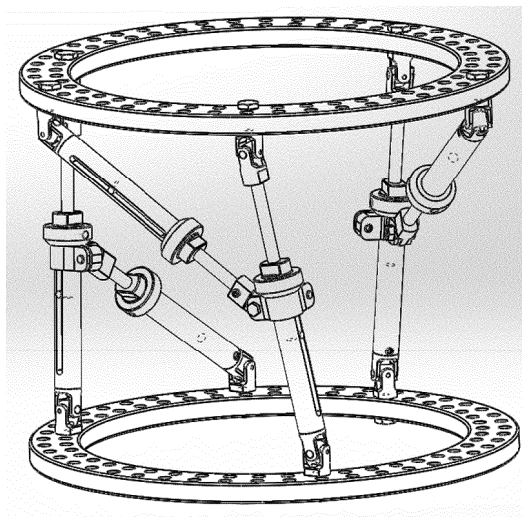
Фиг. 34



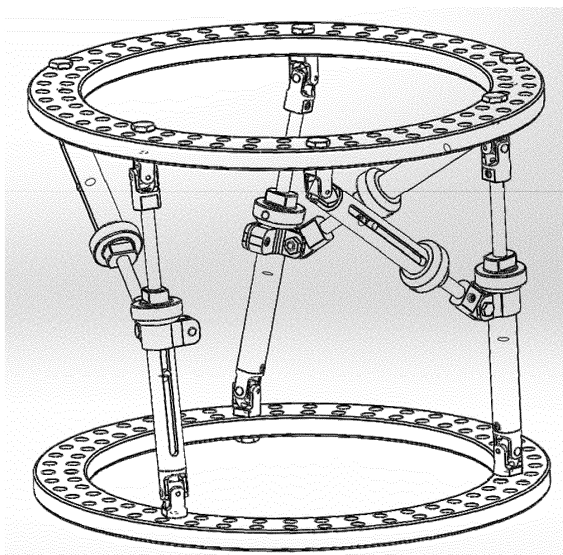
Фиг. 35



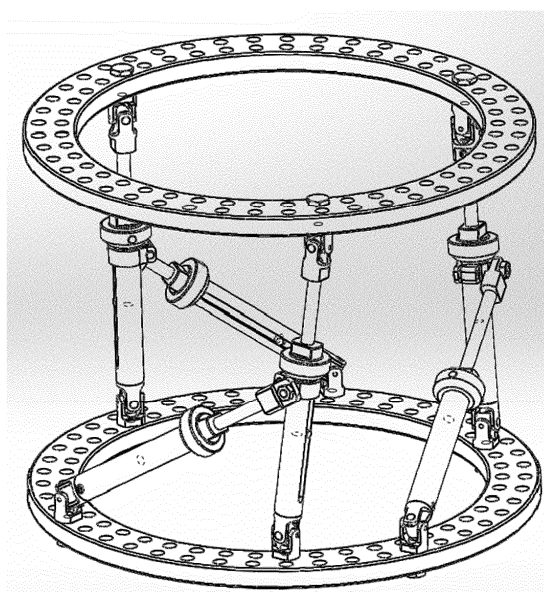
Фиг. 36



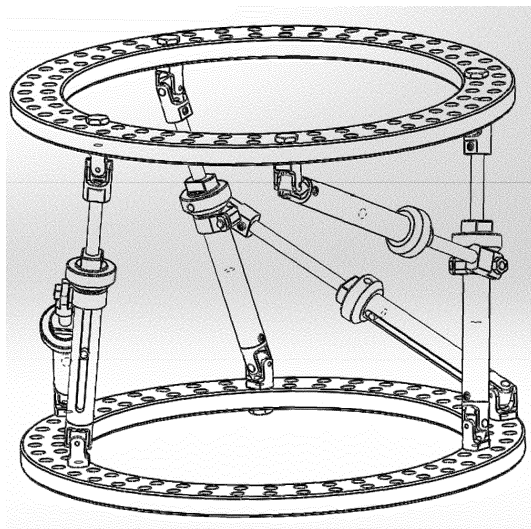
Фиг. 37



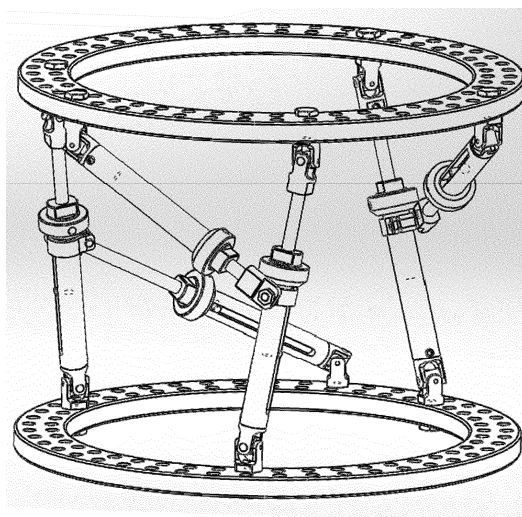
Фиг. 38



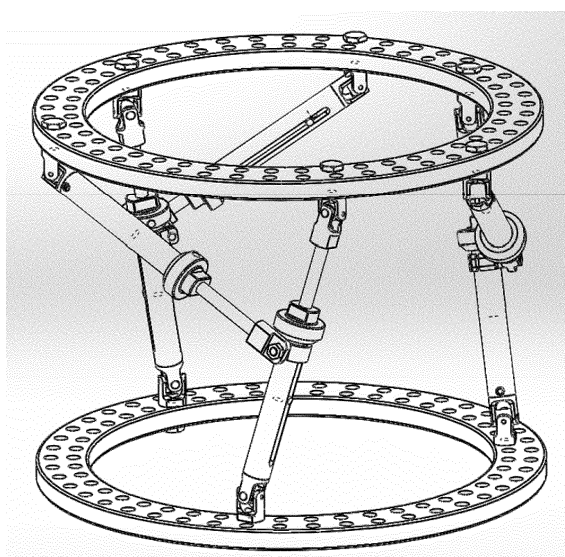
Фиг. 39



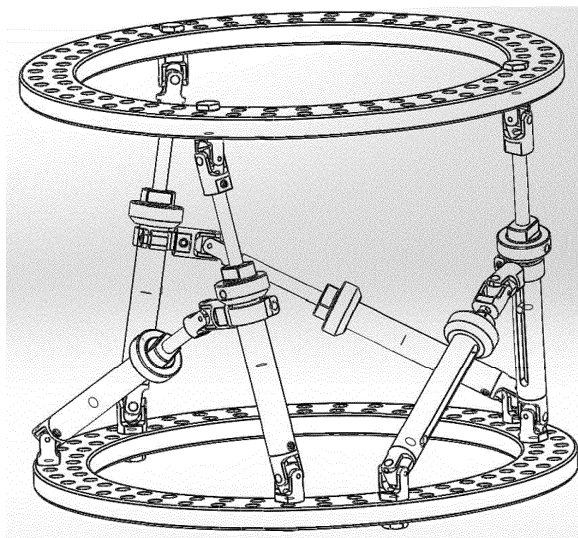
Фиг. 40



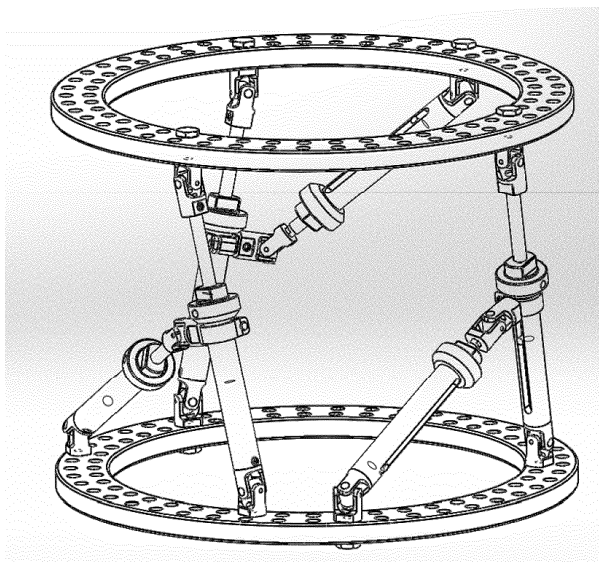
Фиг. 41



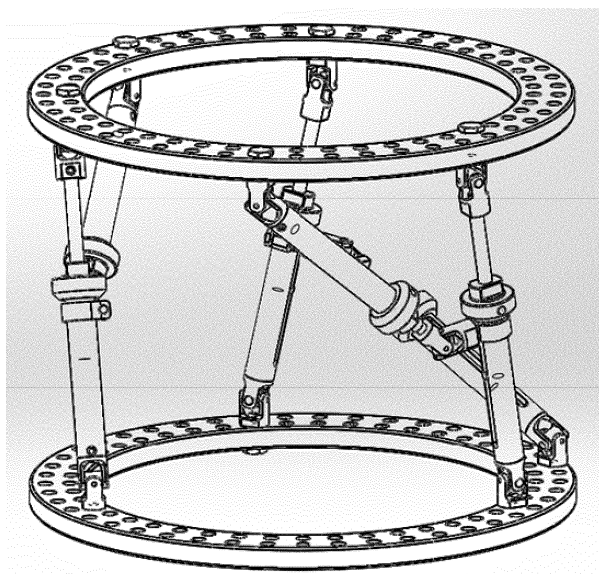
Фиг. 42



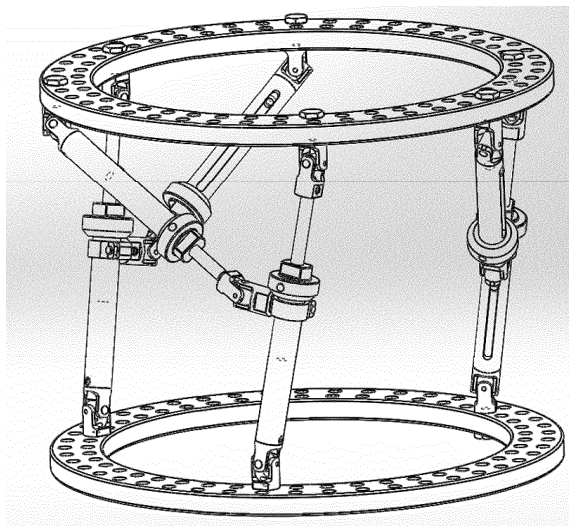
Фиг. 43



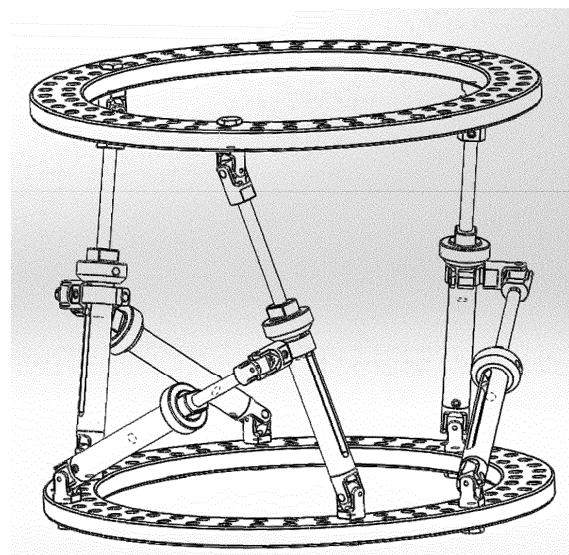
Фиг. 44



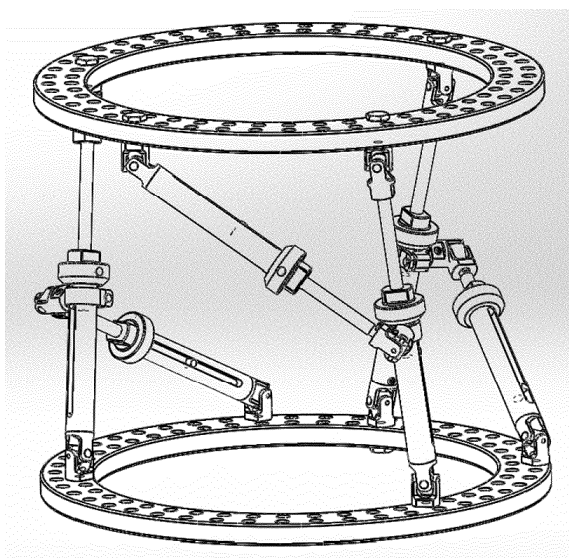
Фиг. 45



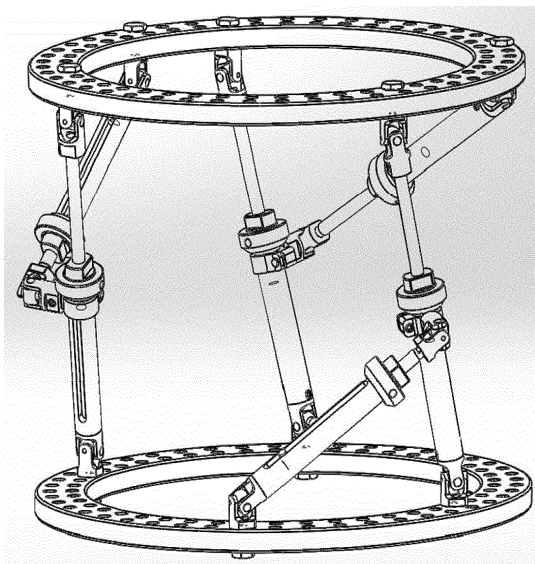
Фиг. 46



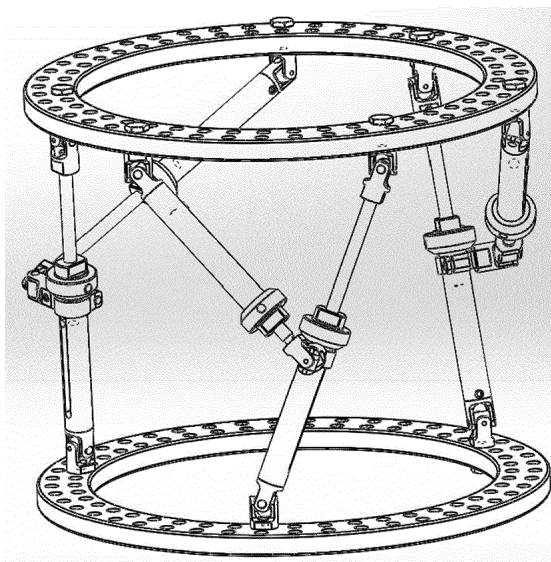
Фиг. 47



Фиг. 48



Фиг. 49



Фиг. 50

