

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра "Технология машиностроения"

И.П.Филонов, Л.В.Курч, О.В.Якубович

ЛУМА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
МАНИПУЛЯТОРАМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССАХ**

Учебное пособие по курсам "Автоматизация
производственных процессов в машиностроении", "Теория
движения манипуляционных механизмов" для студентов
специальностей 12.01 - "Технология машиностроения",
12.02 - "Металлорежущие станки и инструменты", 21.06 -
"Робототехнические системы и комплексы", 21.03 -
"Автоматизация технологических процессов"

В 3-х частях

Часть 3

ЛУМА

**СХЕМЫ МАНИПУЛЯТОРОВ И КОНСТРУКЦИИ
ОСНОВНЫХ УЗЛОВ**

Минск 1993

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра "Технология машиностроения"

И.П. Филонов, Л.В. Курч, О.В. Якубович

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРАМИ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Учебное пособие по курсам "Автоматизация
производственных процессов в машиностроении", "Теория
движения манипуляционных механизмов" для студентов
специальностей I2.01 - "Технология машиностроения", I2.02 -
"Металлорежущие станки и инструменты",
2I.06 - "Робототехнические системы и комплексы", 2I.03 -
"Автоматизация технологических процессов"

В 3-х частях

Часть 3

СХЕМЫ МАНИПУЛЯТОРОВ И КОНСТРУКЦИИ
ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

М и н с к 1 9 9 3

УДК 621.865.8

Филонов И.П., Курч Л.В., Якубович О.В. Моделирование движения и управления манипуляторами в технологических процессах: Учеб. пособие по курсам "Автоматизация производственных процессов в машиностроении", "Теория движения манипуляционных механизмов" для студ. спец. 12.01, 12.02, 21.06, 21.03. - Мн: БГПА, 1993. - В 3 ч. - Ч. 3. Схемы манипуляторов и конструкции основных узлов. - 107 с.

В учебном пособии на основе авторских свидетельств дано описание принципиально новых схем и узлов манипуляторов, рассмотрена конструкция промышленного робота PUMA-560 и дано описание устройства и принципа работы автооператоров фирмы "Боинг".

Первая часть пособия "Математическое моделирование силовых, скоростных и энергетических связей манипуляторов, способы управления" и вторая часть "Системы управления манипуляторами промышленных роботов, язык программирования ARPS" вышли в 1993 г.

Выражаем благодарность кафедре "Робототехнические системы и комплексы" за помощь в разработке 3-ей части пособия.

Рецензент Д.И. Матвеев

ISBN5-7830-0420-0

© Филонов И.П. и др.,
1993.

1. ОПИСАНИЕ СХЕМ МАНИПУЛЯТОРОВ И КОНСТРУКЦИЙ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Цель работы:

1. Ознакомление с конструктивными особенностями новых схем и узлов манипуляторов.
2. Ознакомление с назначением и основными техническими характеристиками ПР РИМА-560.
3. Изучение устройства и принципа работы манипулятора ПР РИМА-560.
4. Изучение кинематической схемы и конструктивных особенностей манипулятора РИМА-560.
5. Изучение особенностей конструкции и принципа работы автооператора фирмы "Боинг".

1.1. Манипулятор (авторское свидетельство СССР
№ 960006, кл. В 25 J II/00, 1982г.), авторы:
И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано при создании и разработке средств автоматизации технологических процессов.

Известен манипулятор, содержащий вертикальную поворотную стойку, горизонтально перемещающуюся механическую руку с захватом, электродвигатель и механизм преобразования его вращательного движения в прямолинейное перемещение механической руки (авт. заявка ФРГ № 2341532, кл. В 25 J I/00, опубл. в 1976г.).

Недостаток манипулятора заключается в наличии большого числа электродвигателей, обслуживающих приводы манипулятора, что делает конструкцию громоздкой и сложной и снижает точность позиционирования.

Цель изобретения - упрощение конструкции, снижение габаритов, повышение точности позиционирования.

Цель достигается тем, что стойка снабжена корпусом, связанным с ней шарнирно; механическая рука расположена в корпусе с возможностью перемещения относительно него; механизм преобразования вращательного движения электродвигателя в прямолинейное движение механической руки выполнен в виде диска, имеющего на торце спиральную канавку, и пальцев, установленных на механической руке; при этом электродвигатель имеет два ротора, а его статор - две концентрично расположенные обмотки, разделенные экраном, причем один ротор расположен внутри статора, а второй - снаружи него; кроме того, внутренний ротор жестко связан с диском, внешний - с корпусом, а статор - со стойкой.

Кроме того, спираль канавки диска имеет вид спирали Архимеда.

Причем пальцы указанного механизма преобразования установлены на механической руке подвижно, подпружинены в сторону корпуса стойки и снабжены толкателями, а на поверхности корпуса выполнен профильный выступ, предназначенный для взаимодействия с толкателями.

На фиг. 1 представлен манипулятор (общий вид); на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 - разрез Б-Б на фиг. 1.

Манипулятор содержит поворотную планшайбу I (фиг. 1 и 2) с приводом 2, на которой установлена П-образная стойка 3, цилиндрический корпус 4, установленный в свою очередь в П-образной стойке 3 с возможностью вращения вокруг горизонтальной оси от привода поворота корпуса - электродвигателя, содержащего ротор 5, жестко связанный с корпусом 4, и статор - с наружной обмоткой 6, неподвижно установленный в осевой полости корпуса 4 и закрепленный на крышке 7. В пазу корпуса 4 с возможностью поступательного перемещения установлена механическая рука 8 с захватным органом 9, связанным с приводом выдвижения руки, которым является статор с внутренней обмоткой 10. Ротор II установлен внутри обмотки 10 статора. Механизм преобразования вращательного движения ротора II в прямолинейное движение механической руки 8 выполнен в виде поворотного диска 12 с канавкой 13 (фиг. 3), изготовленной по спирали Архимеда и взаимодействующей с пальцами 14, выполненными заодно с толкателями. Причем пальцы 14 установлены в механической

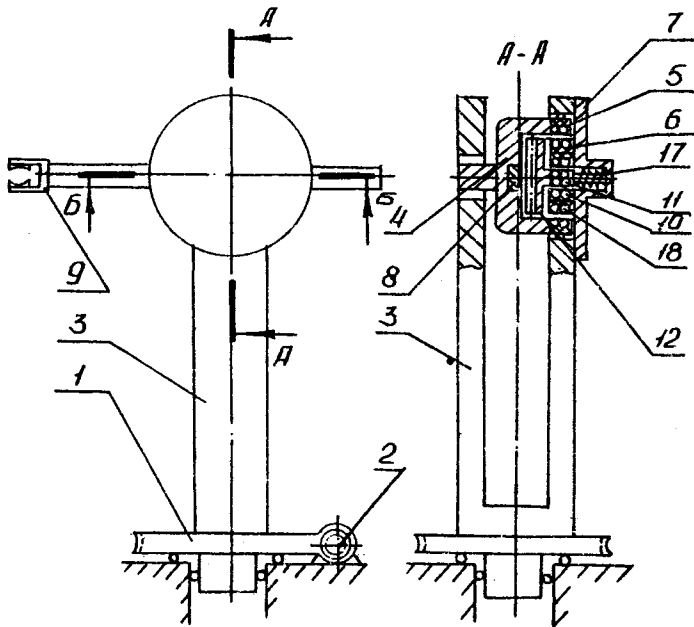


Рис. 1.1. (фиг. 1)

Рис. 1.2 (фиг. 2)

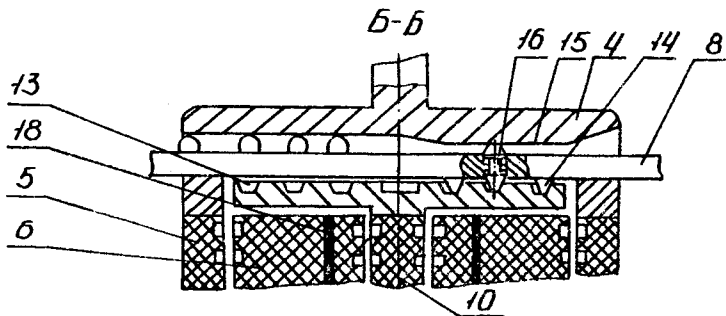


Рис. 1.3 (фиг. 3)

кой руке 8 с возможностью вращения вокруг своей оси и осевого смещения и взаимодействуют толкателями с профильным выступом - торцовым кулачком 15, выполненным на корпусе 4. При этом силовое замыкание осуществляется посредством пружин 16. Для выборки зазоров в приводе выдвижения руки ротор II подпружинен в сторону корпуса 4 пружиной 17. Для предохранения взаимного влияния магнитных полей концентрично расположенных обмоток 6 и 10 статора между ними установлен защитный экран 18.

Манипулятор работает следующим образом.

При подаче сигнала в привод поворота корпуса 4 ротор 5 поворачивается на соответствующий угол, а вместе с ним - корпус 4 вместе с механической рукой 8. При включении привода выдвижения руки ротор II, а вместе с ним - поворотный диск 12 со спиральной канавкой 13, - получают вращение. При этом пальцы 14, обкатываясь по боковым поверхностям канавки 13, перемещаются поступательно вместе с механической рукой 8 относительно корпуса 4, а толкатели пальцев 14 поджимаются с помощью пружин 16 к торцовому кулачку 15 так, что пальцы 14 взаимодействуют с канавкой 13 поворотного диска 12. Зазоры в соединении пальцы 14 - канавка 13 выбираются при поджатии ротора II пружиной 17 к корпусу 4.

При необходимости поворота захватного органа 9 вместе с манипулируемой деталью (не показана) на 180° вокруг оси механической руки 8 необходимо повернуть корпус 4 вместе с механической рукой 8 на 180° вокруг горизонтальной оси от привода поворота корпуса, а планшайбу I вместе со стойкой 3 - на 180° вокруг оси стойки от привода 2.

Применение предлагаемого манипулятора с приводом, имеющим кратчайшие кинематические цепи, обеспечивает большую точность позиционирования за счет уменьшения веса руки и минимального количества звеньев. Это приводит также к увеличению грузоподъемности робота и упрощению его конструкции при снижении габаритов манипулятора и его расширенных технологических возможностях.

Формула изобретения

I. Манипулятор, содержащий вертикальную поворотную стойку,

горизонтально перемещающуюся механическую руку с захватом, электродвигатель и механизм преобразования движения в прямолинейное перемещение механической руки, отличающийся тем, что с целью упрощения конструкции, снижения габаритов и повышения точности позиционирования стойка снабжена корпусом, связанным с ней шарнирно; механическая рука расположена в корпусе с возможностью перемещения относительно него; механизм преобразования вращательного движения электродвигателя в прямолинейное движение механической руки выполнен в виде диска, имеющего на торце спиральную канавку, и пальцев, установленных на механической руке, при этом электродвигатель имеет два ротора, а его статор - две концентрично расположенные обмотки, разделенные экраном, причем один ротор расположен внутри статора, а второй - снаружи него, кроме того, внутренний ротор жестко связан с диском, внешний - с корпусом, а статор-со стойкой.

2. Манипулятор по п.1, отличающийся тем, что спираль канавки диска имеет вид спирали Архимеда.

3. Манипулятор по п. 1, отличающийся тем, что пальцы указанного механизма преобразования установлены на механической руке подвижно, подпружинены в сторону корпуса стойки и снабжены толкателями, а на поверхности корпуса выполнен профильный выступ, предназначенный для взаимодействия с толкателями.

1.2. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 973350, кл. В 25J9/00, 1992 г.), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению, а именно, к средствам автоматизации технологических процессов.

Известен манипулятор, состоящий из неподвижной и подвижных соосно расположенных труб, снабженных отдельными винтовыми механизмами, кинематически связанных между собой, в котором обеспечивается одновременное выдвигание всех подвижных труб (авторское свидетельство СССР № 573340, кл. В 25 J II/00, 1976).

К недостаткам данной конструкции следует отнести усложнение

конструкции при увеличении числа подвижных труб, так как количество винтов равно количеству подвижных труб, причем винты, связанные с подвижной трубой второго порядка и выше, должны быть снабжены своими телескопическими трубами, связанными через шлицевое соединение, поэтому использование более двух подвижных труб для данной конструкции нецелесообразно. Одновременное выдвижение всех подвижных труб уменьшает время подъема, однако во столько же раз снижается точность позиционирования.

Также известен манипулятор, содержащий вертикальную стойку, установленную на основании и связанную с приводами вращения и вертикального перемещения, а также механическую руку с захватом, установленную на стойке и связанную с приводом вращения, выдвигаемое звено которой, в свою очередь, связано через винтовой механизм с приводом горизонтального перемещения (авторское свидетельство СССР № 607731, кл. В 25 J 19/00, 1978 г.).

Недостатком манипулятора является малая зона обслуживания.

Цель изобретения - увеличение технологических возможностей путем увеличения зоны обслуживания и уменьшения габаритов.

Поставленная цель достигается тем, что телескопическая вертикальная стойка снабжена дополнительным винтовым механизмом, при этом винтовые механизмы вертикальной стойки и механической руки выполнены телескопическими, из нескольких звеньев, причем каждое звено, кроме последнего, является гайкой для последующего; первое звено каждого винтового механизма связано с приводом перемещения, последнее - соответственно с последним звеном вертикальной стойки и механической руки.

На фиг. 1 изображен манипулятор, на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1.

Манипулятор содержит вертикальную телескопическую стойку 1, звенья которой зафиксированы от проворота с помощью шпоночного соединения 2, установленную на неподвижном основании 3 с возможностью вращения вокруг своей оси и связанную с электродвигателем 4 привода вращения через зубчатую пару 5. Винтовой телескопический механизм 6 установлен соосно внутри вертикальной телескопической стойки 1 и связан с электродвигателем 7 привода вертикального перемещения через зубчатую пару 8, причем внутренние звенья

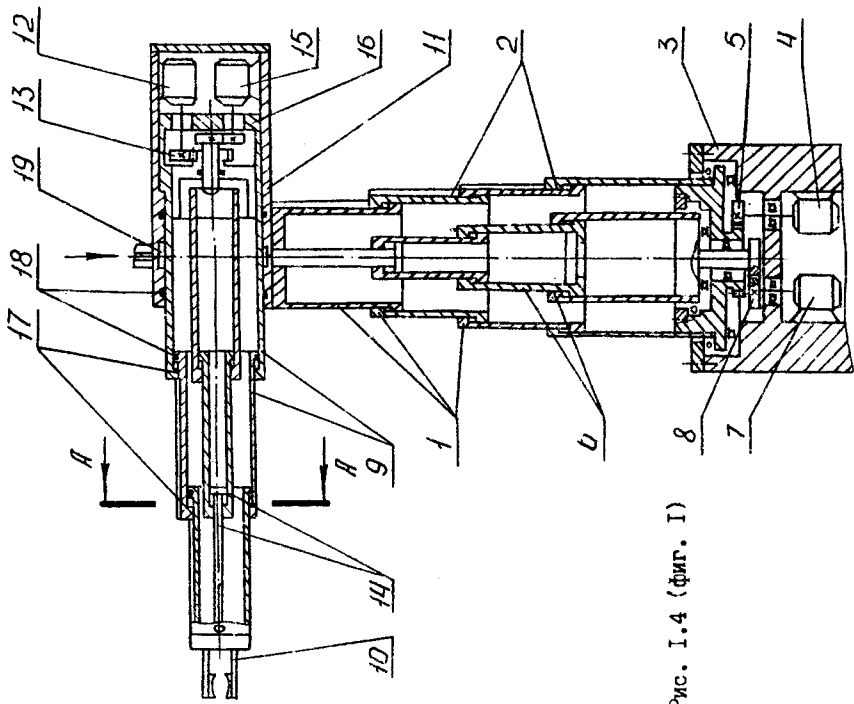


Рис. 1.4 (фиг. 1)

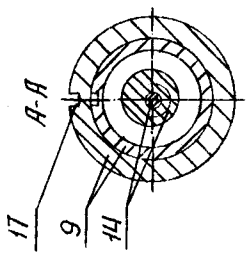


Рис. 1.5 (фиг. 2)

вертикальной телескопической стойки I и винтового телескопического механизма 6 жестко связаны между собой. Телескопическая механическая рука 9 с захватом IO установлена с возможностью вращения в корпусе II и связана с электродвигателем I2 привода вращения через зубчатую пару I3. Винтовой телескопический механизм I4 установлен соосно внутри телескопической руки 9 и связан с электродвигателем I5 привода горизонтального перемещения через зубчатую пару I6. Звенья телескопической руки механической руки 9 зафиксированы от проворота друг с другом с помощью шпоночного соединения I7. Телескопическая механическая рука 9 и корпус II снабжены уплотнителями I8 и каналом I9, соединяющим внутреннюю полость телескопической механической руки 9 с источником избыточного давления (не показан). Внутренние звенья телескопической механической руки 9 и винтового телескопического механизма I4 жестко связаны между собой. Корпус II установлен на вертикальной телескопической стойке I и жестко связан с ее внутренним звеном.

Манипулятор работает следующим образом.

Вращение вертикальной телескопической стойки I вокруг своей оси, а вместе с ней — телескопической механической руки 9, осуществляется при включении электродвигателя 4 привода вращения через зубчатую пару 5. Вертикальное перемещение захвата IO, а вместе с тем — телескопической механической руки 9, осуществляется при включении электродвигателя 7 привода вертикального перемещения, который через зубчатую пару 8 приводит во вращение наружное звено винтового телескопического механизма 6, а так как внутреннее его звено неподвижно связано со стойкой I, звенья которой зафиксированы от проворота шпоночным соединением 2, то происходит постепенное вывинчивание всех подвижных звеньев винтового телескопического механизма 6 из наружного его звена, при этом общая длина винтового телескопического механизма 6, а, следовательно, и телескопической вертикальной стойки I, увеличивается.

Вращение захвата IO вокруг оси телескопической механической руки 9 осуществляется при включении электродвигателя I2 привода вращения, установленного в корпусе II, через зубчатую пару I3, при этом вращение передается на наружное звено телескопической механической руки 9 и через ее звенья, зафиксированные от проворота друг с другом с помощью шпоночного соединения I7 на захват

10. Горизонтальное перемещение захвата 10 осуществляется при включении электродвигателя 15 привода горизонтального перемещения. Через зубчатую пару 16 вращение передается на наружное звено телескопического винтового механизма 14, а так как внутреннее его звено жестко связано с внутренним звеном телескопической механической руки 9, зафиксированным от проворота, то происходит выдвигание подвижных звеньев телескопического винтового механизма 14, и его длина, а следовательно, и длина телескопической механической руки 9, увеличивается. Выборка зазоров в подвижных звеньях телескопического винтового механизма 6 вертикальной телескопической стойки I осуществляется за счет веса перемещаемых им частей манипулятора (телескопической механической руки 9 с электродвигателем 12 привода вращения и электродвигателя 15 привода поступательного перемещения), а в подвижных звеньях телескопического винтового механизма 14 телескопической механической руки 9 - за счет среды сжатого воздуха, поступающей во внутреннюю полость телескопической механической руки 9 через канал 19, которая стремится раздвинуть подвижные звенья телескопической механической руки 9, а следовательно, и телескопического винтового механизма 14, причем звенья телескопической механической руки 9 связаны между собой корпусом II через уплотнения 18.

Использование телескопического винтового механизма для выдвигания звеньев телескопической механической руки и вертикальной стойки позволяет увеличить зону обслуживаемого пространства манипулятора и уменьшить его габариты.

Формула изобретения

Манипулятор, содержащий телескопическую вертикальную стойку, установленную на основании и связанную с приводами вертикального перемещения и поворота, телескопическую механическую руку с захватом, установленную на стойке и связанную с приводом вращения и через основной винтовой механизм - с приводами горизонтального перемещения, причем телескопические вертикальная стойка и механическая рука выполнены в виде последовательно соединенных звеньев, отличающийся тем, что с целью расширения

технологических возможностей путем расширения зоны обслуживания и уменьшения габаритов телескопическая вертикальная стойка снабжена дополнительным винтовым механизмом, причем винтовые механизмы стойки и механической руки выполнены телескопическими из нескольких звеньев, причем каждое звено, кроме последнего, каждого винтового механизма связано с приводом перемещения, а последнее звено - соответственно с последним звеном вертикальной стойки и механической руки.

1.3. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 1007960 А, кл. В 25 I/02// В25J17/00, 1983 г.), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано при создании и разработке средств автоматизации технологических процессов и складских работ.

Известен манипулятор, содержащий основание, промежуточные звенья и концевое звено, несущее захватное устройство, причем звенья связаны между собой основными сферическими опорами с подпятниками, а также силовые цилиндры, штоки которых жестко связаны с подпятниками (авторское свидетельство СССР № 573340, кл. В 25 J II/00, 1976).

Однако данный манипулятор имеет ограниченную зону обслуживания.

Цель изобретения - расширение зоны обслуживания.

Поставленная цель достигается тем, что манипулятор содержит основание, промежуточные звенья и концевое звено, несущее захватное устройство, причем звенья связаны между собой основными сферическими опорами с подпятниками, а также силовые цилиндры, штоки которых жестко связаны с подпятниками; снабжен дополнительными сферическими опорами с цапфами, кинематически связанными с подпятниками основных сферических опор, и винтовыми парами, число которых соответствует числу звеньев, причем винт в каждой винтовой паре имеет головку со смещением относительно оси пальцем, а в дополнительных сферических опорах выполнен радиальный паз, в котором размещен указательный палец; при этом в подпятнике основной сферической опоры выполнен паз под этот палец винтовой пары, а гайка этой пары имеет на направляющей поверхнос-

ти выступ; кроме того, в поршне силового цилиндра выполнена винтовая канавка, в которой расположен выступ гайки винтовой пары.

Кроме того, паз подпятника основной сферической опоры выполнен в виде спирали Архимеда.

При этом в цапфе дополнительной сферической опоры выполнены сквозные каналы, например, для подвода энергоносителя.

На фиг. 1 изображен предлагаемый манипулятор, общий вид; на фиг. 2 - осевой разрез сферической опоры звеньев.

Манипулятор содержит основание I (фиг.1), концевое звено 2, несущее захватное устройство 3, и промежуточные звенья 4-7, связанные между собой сферическими опорами 8.

Каждая сферическая опора 8 содержит основную сферическую опору 9 (фиг.2), во внутренней полости которой установлен винт 10 винтовой пары II, выполняющий роль штока силового цилиндра 12, на конце которого имеется головка со смещенным относительно оси пальцем 13. В дополнительной сферической опоре 14 выполнен радиальный паз 15.

Дополнительная сферическая опора 14 жестко связана с цапфой 16, установленной в силовом цилиндре 17. Подпятник 18 основной сферической опоры с пазом 19, выполненным по спирали Архимеда, установлен соосно дополнительной сферической опоре 14 и связан с цапфой 16 силового цилиндра 17 через силовой цилиндр 20; каналы 21 подвода энергоносителя выполнены в цапфе 16.

Дополнительная сферическая опора 14 и подпятник 18 подпружинены в сторону основной сферической опоры 9 с помощью пружины 22, а их пазы 15 и 19 взаимодействуют с пальцем 13. В поршнях силовых цилиндров 12 и 17 рабочие полости выполнены в виде винтовых канавок 23 и 24, взаимодействующих с выступами 25 и 26, расположенными на направляющих поверхностях гаек 27 и 28 винтовых пар, скользящих в осевом направлении по шлицевым направляющим 29 и 30. винта 10 винтовой пары II и цапфы 16.

Манипулятор работает следующим образом.

Сферическая опора 8, соединяющая два соседних звена 4 и 5, 6 и 5, 6 и 7, 7 и 2 или основание I и звено 4, обеспечивает вращение каждого последующего звена вокруг оси предыдущего, поворот вокруг оси, перпендикулярной осям обоих звеньев, а также

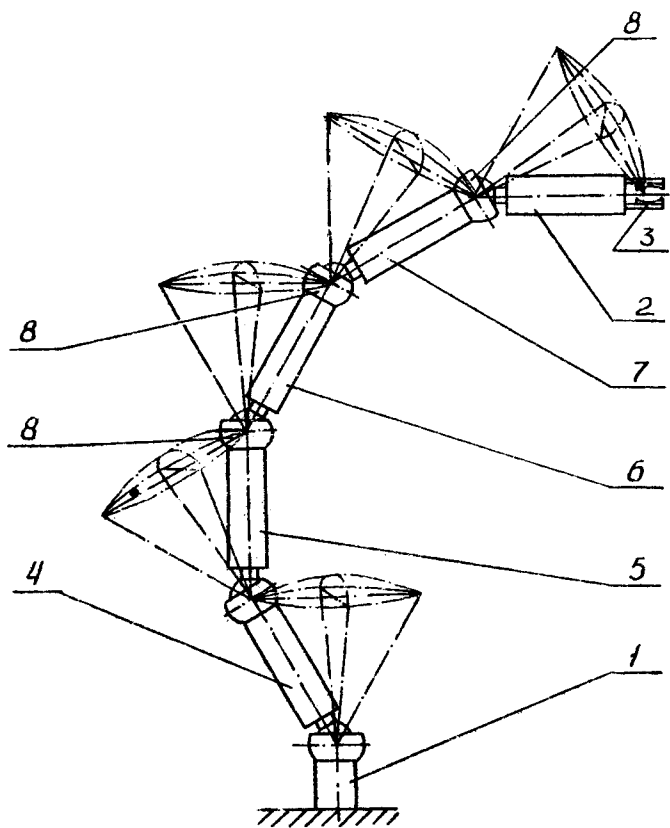


Рис. 1.6 (фиг.1)

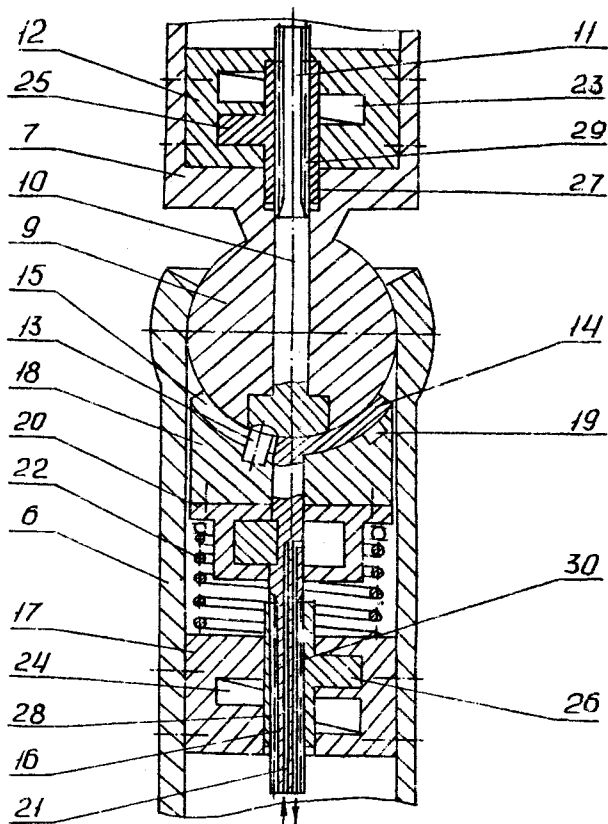


Рис. 1.7 (фиг. 2)

вращение этого звена вокруг его собственной оси. Так, например, вращение звена 7 (фиг.2) относительно своей оси осуществляется при подаче энергоносителя в винтовую канавку 23 силового цилиндра 12 при этом выступ 25, двигаясь вдоль винтовой канавки 23, перемещается вместе с гайкой 27 по шлицевым направляющим 29 вдоль винта 10 и одновременно вращается относительно корпуса силового цилиндра 12, а так как на конце винта 10 имеется головка со смещенным относительно оси пальцем 13, который входит в радиальный паз 15 дополнительной сферической опоры 14, неподвижной в данный момент, то и винт 10 в данный момент неподвижен, а следовательно, поворачивается корпус силового цилиндра 12 со звеном 7 вокруг своей оси.

Поворот звена 7 вокруг оси, перпендикулярной осям обоих звеньев 7 и 6, т.е. качание звена 7 относительно центра основной сферической опоры 9, обеспечивается при подаче рабочей среды в силовой цилиндр 20, а так как его корпус жестко связан с подпятником 18 основной сферической опоры 9, а его лопасть - с цапфой 16, на которой жестко закреплена дополнительная сферическая опора 14, то происходит вращение подпятника 18 относительно дополнительной опоры 14, а палец 13, скользя по пазу 19, выполненному по спирали Архимеда на подпятнике 18, перемещается вдоль радиального паза 15 опоры 14 и поворачивает основную сферическую опору 9 вокруг своего центра вместе со звеном 7.

Направление поворота звена 7 обеспечивается положением радиального паза 15, зависящего, в свою очередь, от углового положения дополнительной сферической опоры 14, поворот которой обеспечивается при подаче рабочей среды в винтовую канавку 24 силового цилиндра 17, выступ 26 гайки 28 которого, перемещаясь вдоль винтовой канавки 24 и двигаясь поступательно вдоль оси цапфы 16 по шлицам 30, обеспечивает поворот цапфы 16 вместе с дополнительной опорой 14 вокруг оси звена 6, а так как палец 13 находится в пазу 15 опоры 14, то происходит вращение звена 7 вокруг оси звена 6, количество оборотов которого зависит от количества витков винтовой канавки 24.

Аналогичным образом происходит относительный разворот звена 4 по отношению к основанию 1, звена 5-к звену 4, звена 6-к звену 5 и звена 2 с захватом 3-к звену 7.

Изобретение позволяет получить большую зону обслуживания и может найти широкое применение для автоматизации технологических процессов.

Формула изобретения

1. Манипулятор, содержащий основание, промежуточные звенья и концевое звено, несущее захватное устройство, причем звенья связаны между собой основными сферическими опорами с подпятниками, а также силовые цилиндры, штоки которых жестко связаны с подпятниками, отличающийся тем, что с целью расширения зоны обслуживания он снабжен дополнительными сферическими опорами с цапфами, кинематически связанными с подпятниками основных сферических опор, и винтовыми парами, число которых соответствует числу звеньев, причем винт в каждой винтовой паре имеет головку со смещением относительно оси пальцем, а в дополнительных сферических опорах выполнен радиальный паз, в котором размещен указанный палец, при этом в подпятнике основной сферической опоры выполнен паз под этот палец винтовой пары, а гайка этой пары имеет на направляющей поверхности выступ; кроме того, в поршне силового цилиндра выполнена винтовая канавка, в которой расположен выступ гайки винтовой пары.

2. Манипулятор по п. 1, отличающийся тем, что паз подпятника основной сферической опоры выполнен в виде спирали Архимеда.

3. Манипулятор по п. 1, отличающийся тем, что в цапфе дополнительной сферической опоры выполнены сквозные каналы, например, для подвода энергоносителя.

1.4. Манипулятор (авторское свидетельство СССР
№ I093540, кл. В 25JII/00, 1984 г.),
авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано при создании и разработке средств автоматизации технологических процессов.

Известен манипулятор для перемещения различных предметов, состоящий из неподвижного основания, складывающегося механизма, выполняющего роль стойки, и механической руки с захватом, в котором вертикальное перемещение осуществляется путем перемещения одного из шарниров в горизонтальном направлении по неподвижному основанию с помощью силового цилиндра (патент ФРГ № 2253929, кл. В 25 J 1/06, опубл. в 1975 г.).

Наиболее близким к предлагаемому техническим решением является манипулятор, содержащий поворотное основание, на котором установлен складывающийся механизм типа пантографа, содержащий ряд пар шарнирно соединенных между собой звеньев, платформу, несущую механическую руку с захватом и закрепленную на верхних звеньях складывающегося механизма, и привод подъема в виде винтовой передачи с гайкой, которой соединены нижние звенья складывающегося механизма (авторское свидетельство СССР № 372885, кл.В 25 J I/06, I960).

Однако в известных устройствах складывающийся механизм обеспечивает только вертикальное перемещение руки, что ограничивает технологические возможности манипулятора.

Цель изобретения - расширение технологических возможностей путем увеличения зоны обслуживания и сообщения руке дополнительного качательного движения.

Поставленная цель достигается тем, что манипулятор, содержащий поворотное основание, на котором установлен складывающийся механизм типа пантографа, содержащего ряд пар шарнирно соединенных между собой звеньев, платформу, несущую механическую руку с захватом, закрепленную на верхних звеньях складывающегося механизма, и основной привод подъема в виде винтовой передачи, с гайками которой соединены нижние звенья складывающегося механизма, снабжен дополнительным приводом подъема, идентичным основному, причем гайки этого привода подъема соединены с верхними звеньями складывающегося механизма, и винт каждого привода подъема имеет на своих концах резьбы противоположного направления; при этом звенья одной из пар складывающегося механизма связаны между собой шарнирно с возможностью продольного перемещения.

Выполнение одной из пар звеньев складывающегося механизма с перемещающимся шарниром вдоль тела одного звена позволяет при различном сближении гаек обоих винтовых механизмов получать дополнительно наклон платформы вместе с рукой в ту или иную сторону, что, в свою очередь, расширяет зону обслуживаемого пространства манипулятора и его технологические возможности.

На фиг. 1 изображен манипулятор; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 - различные положения складывающегося механизма.

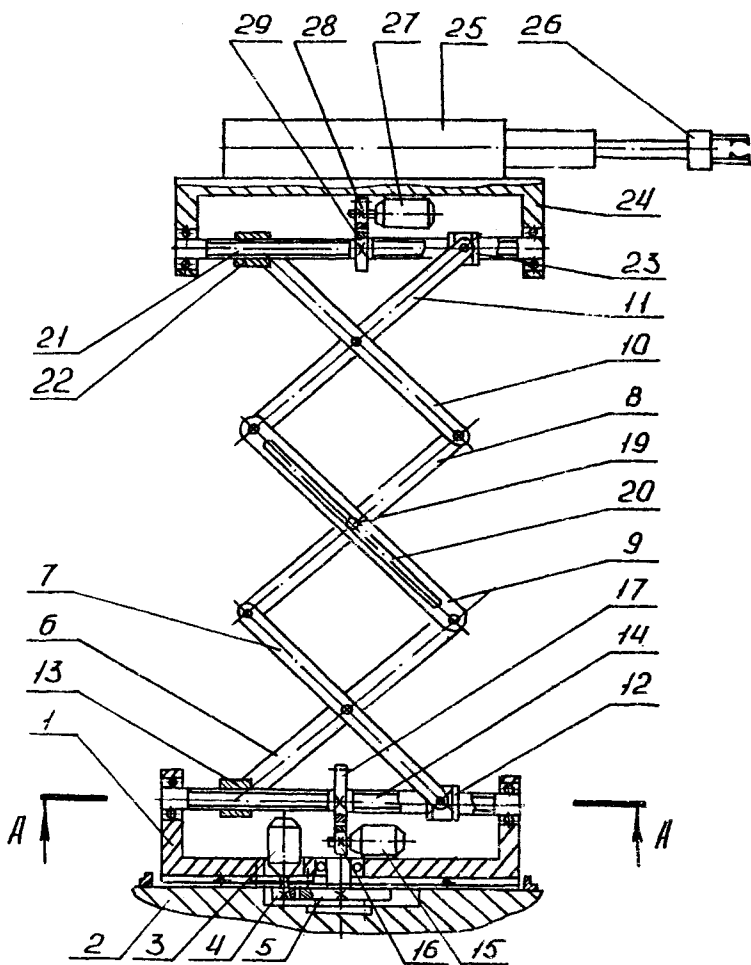


Рис. 1.8 (фиг. 1)

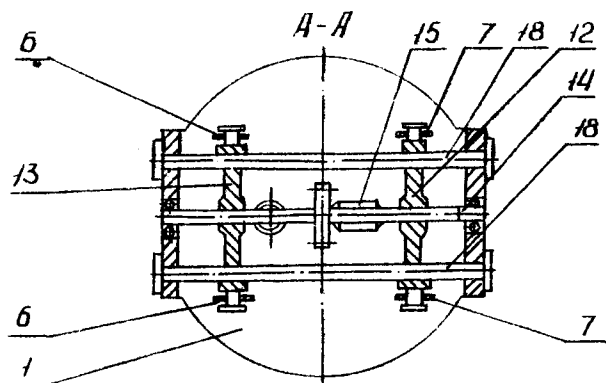


Рис. I.9 (фиг. 2)

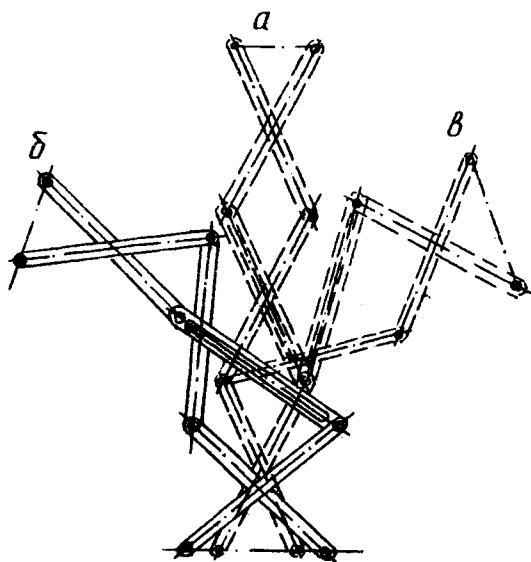


Рис. I.10 (фиг. 3)

Манипулятор имеет поворотное основание I, установленное на неподвижном основании 2 и снабженное приводом вращения, содержащим электродвигатель 3, шестерню 4 и неподвижную шестерню 5; два идентичных складывающихся механизма типа пантографа, содержащих шарнирно соединенные между собой звенья 6 - II, установленных параллельно друг другу на гайках I2 и I3, взаимодействующих с винтом I4, имеющим на своих концах резьбы противоположного направления. Винт I4 установлен в поворотном основании I и связан с электродвигателем I5 через шестерни I6 и I7, а гайки I2 и I3 зафиксированы от проворота с помощью направляющих валов I8. Звенья 8 и 9 связаны между собой с помощью скользящего шарнира I9 вдоль паза 20 звена 9. На звеньях I0 и II с помощью идентичного винтового механизма, содержащего винт 2I, гайки 22 и 23 с направляющими валами (не показаны), установлена платформа 24, несущая механическую руку 25 с захватом 26. Винт 2I снабжен отдельным приводом вращения, содержащим электродвигатель 27 и шестерни 28 и 29.

Манипулятор работает следующим образом.

Вращение манипулятора вокруг вертикальной оси осуществляется от электродвигателя 3 через шестерню 4 и неподвижную шестерню 5. Перемещение платформы 24 вместе с рукой 25 в вертикальном направлении осуществляется при одновременном включении электродвигателей 27 и I5, которые приводят во вращение винты 2I и I4 соответственно. При этом гайки I2 и I3, а также 22 и 23 одновременно сближаются или расходятся, что соответствует подъему или опусканию платформы 24 (положение а на фиг. 3). В этом случае расстояние между гайками I2 и I3 должно быть равно расстоянию между гайками 22 и 23. При этом центр платформы 24 перемещается строго в вертикальном направлении. При различном выдвигении гаек перемещающийся шарнир I9, закрепленный на звене 8, перемещается вдоль паза 20 звена 9, и платформа 24 наклонится в ту или иную сторону от горизонтального положения в зависимости от соотношения расстояния между гайками I2 и I3, 22 и 23. Например, если расстояние между гайками I2 и I3 больше расстояния между гайками 22 и 23, то рука 25 с платформой 24 наклонится вверх (положение б на фиг.3), если-наоборот, то рука 25 наклонится вниз (положение в на фиг.3).

Формула изобретения

Манипулятор, содержащий поворотное основание, на котором установлен складывающийся механизм типа пантографа, содержащий ряд пар шарнирно соединенных между собой звеньев, платформу, несущую механическую руку с захватом и закрепленную на верхних звеньях складывающегося механизма, и основной привод подъема в виде винтовой передачи, с гайками которой соединены нижние звенья складывающегося механизма, отличающийся тем, что с целью расширения технологических возможностей он снабжен дополнительным приводом подъема, идентичным основному, причем гайки этого привода подъема соединены с верхними звеньями складывающегося механизма и винт каждого привода имеет на своих концах резьбы противоположного направления, при этом звенья одной из пар складывающегося механизма связаны между собой шарнирно с возможностью продольного перемещения.

Благодаря качательному движению складывающегося механизма значительно расширяется зона обслуживания манипулятором и повышаются его технологические возможности.

I.5. Манипулятор модульного типа (авторское свидетельство СССР № I26352I AI, кл. В 25J9/00, 1986 г.), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению, а именно, к средствам автоматизации технологических процессов.

Известен манипулятор, содержащий исполнительный орган и модули стойки и механической руки, выполненные в виде телескопических звеньев с приводом винтового перемещения, установленных на основаниях.

Недостатком известного манипулятора являются ограниченные технологические возможности и малая грузоподъемность.

Цель изобретения – расширение технологических возможностей и повышение грузоподъемности.

Поставленная цель достигается тем, что в манипуляторе модульного типа, содержащем исполнительный орган и модули стойки и механической руки, выполненные в виде телескопических звеньев с приводом винтового перемещения, установленных на основаниях, модули как руки, так и стойки, выполнены из двух параллельных рядов телескопических звеньев, расположенных в одной плоскости, причем первое звено первого ряда телескопических звеньев каждого модуля жестко связано со своим основанием, первое звено второго ряда телескопических звеньев каждого модуля шарнирно связано с тем же основанием, последние звенья обоих рядов телескопических звеньев модуля стойки шарнирно связаны с основанием модуля руки, а последние звенья обоих рядов телескопических звеньев модуля руки шарнирно связаны с исполнительным органом, при этом оси шарнирных соединений звеньев перпендикулярны плоскости расположения телескопических звеньев.

На фиг. 1 схематически изображен манипулятор модульного типа, осевой разрез; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1.

Манипулятор модульного типа содержит аналогичные модули стойки и руки.

Модуль стойки выполнен в виде поворотного основания 1, связанного с электродвигателем 2 привода поворота, двух параллельных рядов телескопических звеньев. Первый ряд состоит из телескопического механизма 3 винтового перемещения, содержащего первое звено 4, жестко связанное с основанием 1, звено 5, связанное с электродвигателем 6 привода винтового перемещения, установленного в первом звене 4, и последнее звено 7 с шарниром 8. Второй ряд состоит из телескопического механизма 9 винтового перемещения, содержащего первое звено 10, связанное с основанием 1 с помощью шарнира 11, звено 12, связанное с основанием электродвигателя 13 привода качания, установленного в первом звене 10, и последнее звено 14 с шарниром 15.

Модуль руки выполнен аналогично модулю стойки и содержит два параллельных ряда телескопических звеньев. Первый ряд состоит из телескопического механизма 16 винтового перемещения ,

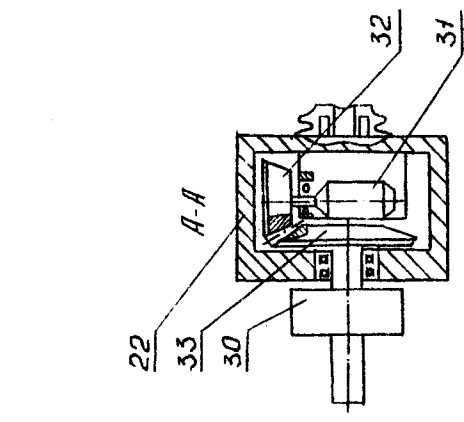


Рис. 1.12 (фиг. 2)

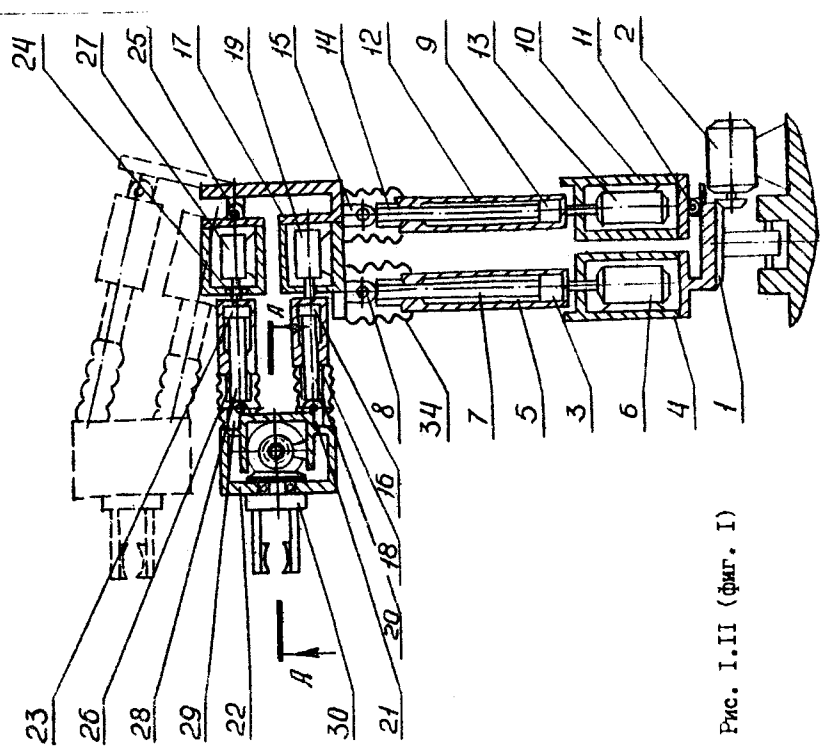


Рис. 1.11 (фиг. 1)

содержащего первое звено 17, закрепленное на шарнирах 8 и 15, звено 18, связанное с электродвигателем 19 привода горизонтального перемещения, установленного в звене 17, и последнее звено 20, связанное с помощью шарнира 21 с исполнительным органом 22. Второй ряд состоит из телескопического механизма 23 винтового перемещения, содержащего первое звено 24, связанное через шарнир 25 с первым звеном 17 механизма 16, звено 26, связанное с электродвигателем 27 привода качания исполнительного органа 22, установленного в звене 24, последнее звено 28 которого связано через шарнир 29 с исполнительным органом 22. Исполнительный орган 22 включает захват 30, электродвигатель 31 привода вращения захвата через шестерни 32 и 33. Выдвижные звенья всех телескопических механизмов винтового перемещения защищены гофрированными кожухами 34.

Манипулятор работает следующим образом.

Вращение манипулятора вокруг вертикальной оси осуществляется от электродвигателя 2, который приводит во вращение основание 1. Вертикальное перемещение механической руки осуществляется при одинаковом выдвигении последних звеньев 7 и 14 механизмов 3 и 9, происходящем при одновременном включении электродвигателей 6 и 13, вращение от которых передается на звенья 5 и 12, выполняющие функцию гайки и, следовательно, последние звенья 7 и 14, выполняющие функцию винтов, осуществляют вертикальное перемещение, так как они зафиксированы от разворота с помощью шарниров 8 и 15 на звене 17. При различном выдвигении последних звеньев 7 и 14 механизмов 3 и 9 осуществляется качание механической руки вокруг шарнира 8 механизма 3 в ту или иную сторону в зависимости от соотношения выдвигения последних звеньев 7 и 14. Рабочие перемещения звеньев механической руки осуществляются аналогично рабочим перемещениям звеньев вертикальной стойки. Например, горизонтальное перемещение исполнительного органа 22 осуществляется при одновременном и одинаковом выдвигении последних звеньев 20 и 28, механизма 16 и механизма 23 при включении электродвигателей 19 и 27. Качание исполнительного органа 22 вокруг шарнира 21 механизма 16 происходит при относительном выдвигении звеньев 20 и 28.

Вращение захвата 30 вокруг своей оси производится от электродвигателя 31 и через шестерни 32 и 33.

Гофрированные кожухи 34 предохраняют винтовые механизмы от попадания в них грязи и пыли.

Необходимым условием осуществления качательных движений как механической руки, так и исполнительного органа является установка механизмов 9 и 23 на шарнирах II и 25.

Телескопические механизмы 3, 9, 16 и 23 винтового перемещения могут иметь два и более выдвижных звеньев, при этом каждое предыдущее звено каждого механизма должно быть гайкой для последующего звена.

Использование предлагаемого манипулятора по сравнению с известным обеспечивает расширение технологических возможностей за счет расширения зоны обслуживания при использовании телескопических механизмов винтового перемещения с большим числом звеньев и сообщения ему дополнительных качательных движений. Кроме того, использование манипулятора позволяет повысить его грузоподъемность за счет распределения нагрузки на все приводные звенья.

Формула изобретения

Манипулятор модульного типа, содержащий исполнительный орган и модули стойки и механической руки, выполненные каждый в виде телескопических звеньев с механизмом винтового перемещения и установленные на основаниях, отличающийся тем, что с целью расширения технологических возможностей и повышения грузоподъемности модули как руки, так и стойки, выполнены из двух параллельных рядов телескопических звеньев, расположенных в одной плоскости, причем первое звено первого ряда телескопических звеньев каждого модуля жестко связано со своим основанием, первое звено второго ряда телескопических звеньев каждого модуля шарнирно связано с тем же основанием, последние звенья обоих рядов телескопических звеньев модуля стойки шарнирно связаны с основанием модуля руки, а последние звенья обоих рядов телескопических звеньев модуля руки шарнирно связаны с исполнительным органом; при этом оси шарнирных соединений звеньев перпендикулярны плоскости расположения телескопических звеньев.

1.6. Манипулятор модульного типа (авторское свидетельство СССР № I775289, кл. В 25J9/00, 1992 г.), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к манипуляторам и может быть использовано в машиностроении.

Известен манипулятор, содержащий вертикальную поворотную стойку, механическую руку с захватом и приводной электродвигатель (см. заявку ФРГ № 2341532, В 25 J II/00, 1976).

Недостатком известного манипулятора являются повышенные динамические нагрузки в узлах и звеньях манипулятора из-за громоздкости и сложности приводов, которые ведут к снижению надежности и повышению энергопотребления за счет увеличения длины кинематических цепей привода.

Известен манипулятор, содержащий вертикальную поворотную стойку, механическую руку с захватом и приводной электродвигатель по а.с. СССР, № 960006, В 25 J II/00, 1982, который обладает теми же недостатками, что и вышеприведенный.

Известен также манипулятор по а.с. СССР, № I530434, В 25 J II/00, 1989, Б.И. № 47, с. 80, содержащий портал, на котором с помощью направляющих последовательно расположены продольная, поперечная и вертикальная каретки, и трособлочную систему с противовесами, блоки которой смонтированы на портале и каретках, выполненную в виде двух тросов, один конец каждого из которых закреплен на портале, другой - на соответствующем противовесе, при этом один трос последовательно охватывает блоки поперечной и вертикальной кареток, другой - блоки поперечной каретки.

Известное техническое решение требует наличия приводов, имеющих большое количество звеньев. Это связано с тем, что в основу конструкции положены традиционные механизмы, не позволяющие обеспечить большое передаточное отношение. При этом передаточные и исполнительные механизмы отличаются кинематическими связями, учитывающими последовательное соединение традиционных механизмов, преобразующих вращательное движение двигателя в поступательное выходного звена манипулятора. Кинетическая энергия, накапливаемая такими кинематическими цепями, ограничивает возможности манипулятора по части его быстродействия и увеличивает погрешности позиционирования.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является манипулятор модульного типа по а.с. СССР, № 1558663, В 25 J 9/08, 1988, Б.И. № 15, 1990, с. 79, содержащий последовательно соединенные модули перемещений, первый из которых связан с основанием, а последний - с захватом, причем каждый из модулей включает в себя корпус, привод перемещения и стыковочные элементы, в котором с целью расширения технологических возможностей за счет обеспечения инвариантности компоновок в корпусе каждого модуля перемещения во взаимно перпендикулярных плоскостях выполнены отверстия, а стыковочные элементы выполнены в виде штанг, установленных в отверстия корпусов смежных модулей посредством введенных втулок, причем корпус одного из смежных модулей перемещений установлен с возможностью перемещения вдоль этих штанг; при этом привод перемещения каждого модуля выполнен в виде зубчато-реечной передачи и силового цилиндра, корпус которого смонтирован на корпусе модуля, а шток жестко связан с рейкой зубчато-реечной передачи.

Указанный прототип в части конструкции наиболее близок к заявляемому нами техническому решению, но в качестве модулей включает в себя механизмы, отличающиеся постоянным передаточным отношением, для изменения которого при переналадке манипулятора требуется большой набор звеньев и понижающих редукторов.

Манипулятор кроме электромеханических связей включает в себя силовые цилиндры, т.е. поступательное перемещение модулей осуществляется с использованием среды под давлением, что, естественно, усложняет его конструкцию, а регулирование скорости перемещения связано с трудностями, характерными для силовых цилиндров. То же самое можно сказать и о реверсировании движения. Эти недостатки манипулятора сказываются на усложнении его конструкции и снижении надежности. Следует подчеркнуть, что модульность и инвариантность компоновок с целью расширения технологических возможностей манипулятора реализуется в нем большим количеством промежуточных звеньев, а увеличение зоны обслуживания ограничено, так как расширение ее связано со значительным увеличением габаритов манипулятора, материалоемкости его, снижением надежности.

Целью изобретения является расширение технологических возможностей за счет увеличения зоны обслуживания.

Поставленная цель достигается тем, что корпус каждого модуля перемещения снабжен направляющей, а привод перемещения выходного звена каждого модуля выполнен в виде двигателя, смонтированного на корпусе, а также гибкой передачи и двух зубчато-реечных передач, зубчатые рейки которых смонтированы соответственно на корпусе и на выходном звене модуля, причем это звено установлено на направляющей корпуса этого же модуля, а зубчатые колеса передач заблокированы на одном валу, жестко связанном с гибким элементом гибкой передачи, опорные элементы которой размещены соответственно на выходном валу двигателя и на корпусе этого модуля.

На фиг. 1 изображен манипулятор модульного типа, общий вид; на фиг. 2 - вид по оси X_0 на фиг. 1; на фиг. 3 - вид по оси Z_0 на фиг. 1.

Манипулятор модульного типа обладает тремя степенями подвижности, т.е. тремя обобщенными координатами, реализующими движение вдоль трех взаимно перпендикулярных осей $X_0Y_0Z_0$, содержит установленный на станине 1 двигатель 2 (M1), на выходном валу которого установлено приводное звено 3 трособлочной системы, бесконечный ремень (цепь) 4 которой связан с блоком 5, установленным с возможностью вращения на неподвижной рейке 6, связанной жестко со станиной 1. В ползуне 7, установленном с возможностью движения вдоль направляющей станины 1, установлен с возможностью вращения вал 8, на котором жестко закреплен блок зубчатых колес 9 и 10, которые отличаются между собой на незначительное число зубьев (на незначительную величину диаметра).

Одна из шестерен 9 входит в зацепление с неподвижной рейкой 6, а вторая шестерня 10 входит в зацепление с рейкой II, установленной с возможностью поступательного движения в направляющей станины 1 (зубья реек и шестерен условно не показаны). Описанный привод обеспечивает продольное перемещение (вдоль оси X_0/SX_0). С подвижной рейкой II жестко связан (установлен неподвижно) портал 12, на котором установлен двигатель 13 (M2), на выходном валу которого установлено приводное звено 14 трособлочной системы, бесконечный ремень (цепь) 15 которой связан с блоком 16, установленным с возможностью вращения; в портале 12 жестко связана рейка 17, а подвижная рейка 18 установлена с возможностью поступательного движения в направляющей 19 портала 12.

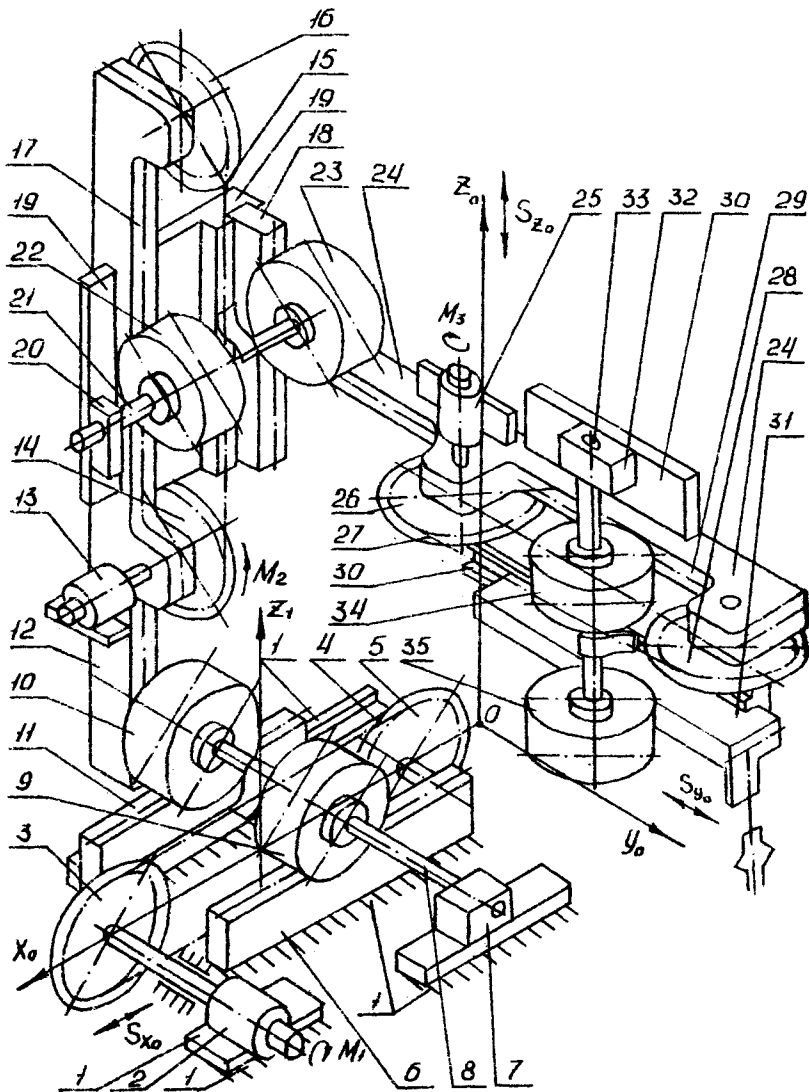


Рис. 1.13 (фиг. 1)

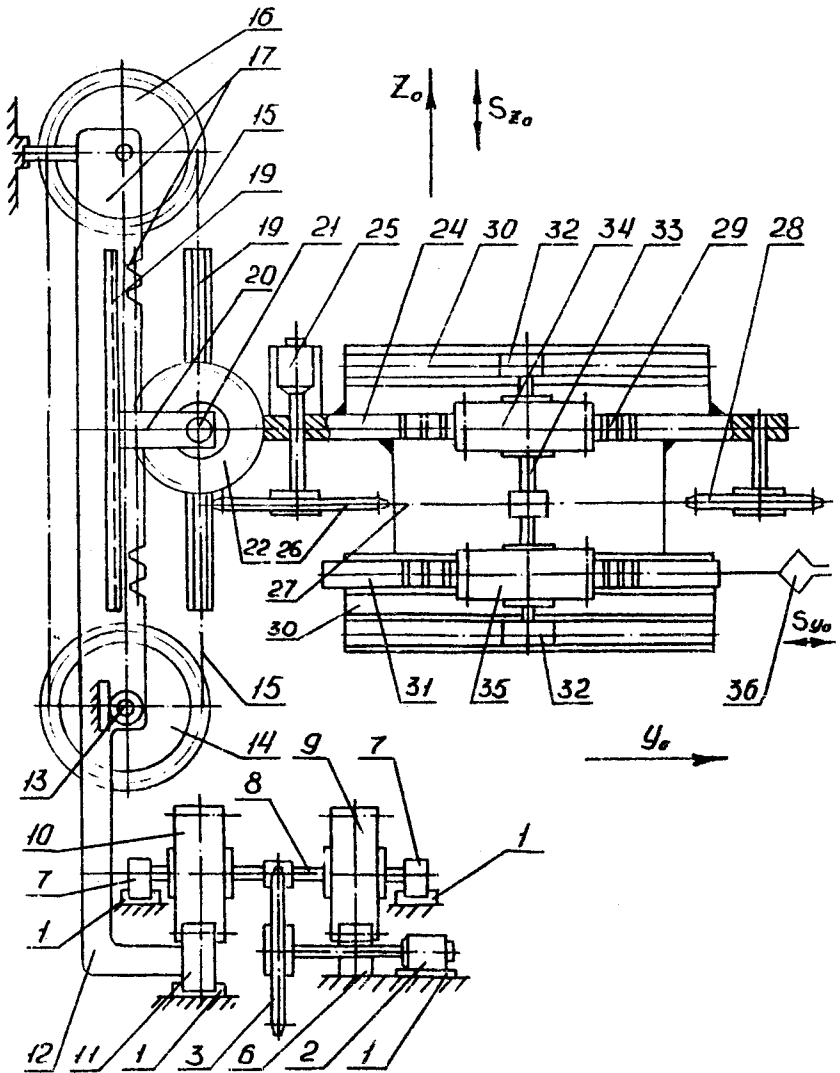


Рис. 1.14 (фиг. 2)

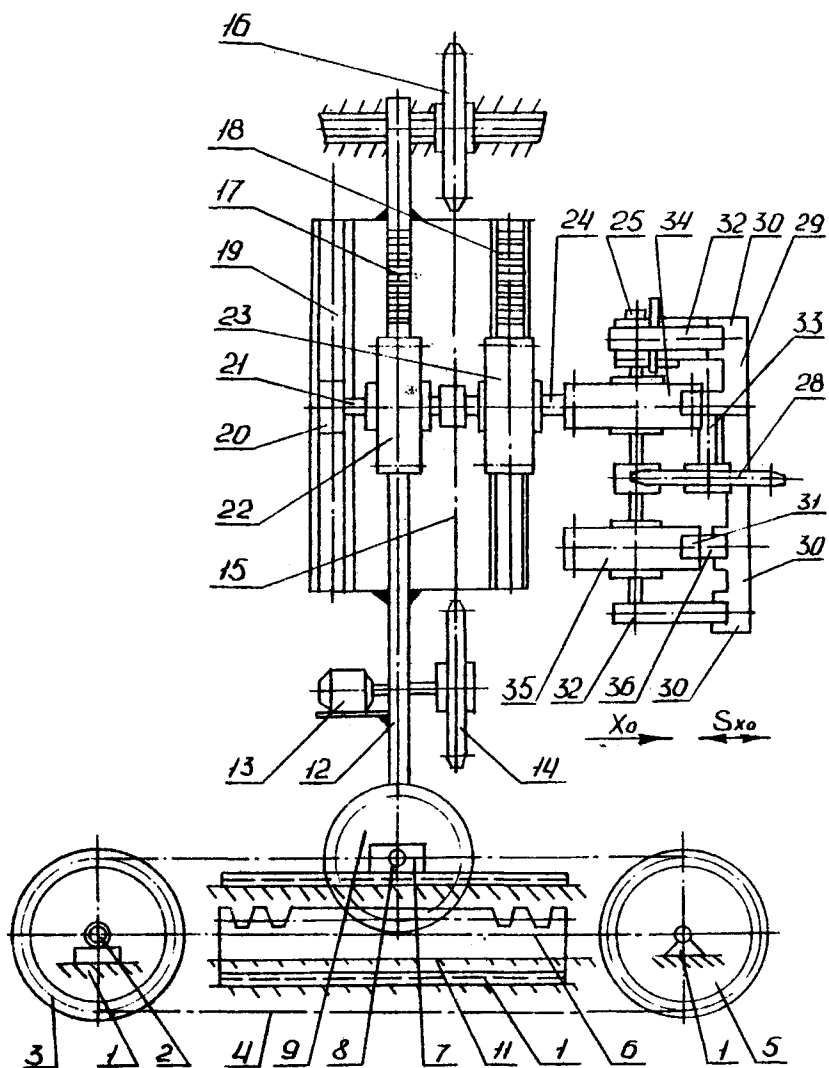


Рис. 1.15 (фиг. 3)

На той же направляющей 19 с другой стороны портала установлен ползун 20, в котором с возможностью вращения установлен вал 21, на котором жестко закреплен блок зубчатых колес 22 и 23, отличающихся между собой на незначительное число зубьев (на незначительную величину диаметра).

Одна из шестерен 22 входит в зацепление с рукой 17, а вторая шестерня 23 входит в зацепление с рейкой 18, установленной (как указано выше) с возможностью поступательного движения в направляющей 19 портала 12. Зубья реек и шестерен условно не показаны.

Описанный привод обеспечивает вертикальное перемещение (вдоль оси Z_0 / S_{z_0}).

С подвижной рейкой 18 жестко связана поперечина 24, на которой установлен двигатель 25 (МЗ), на выходном валу которого установлено приводное звено 26 трособлочной системы, бесконечный ремень (цепь) 27 которой связан с блоком 28, установленным с возможностью вращения в поперечине 24, жестко связанной с рейкой 29, а в направляющей 30 поперечины установлена с возможностью движения подвижная рейка 31. На той же направляющей 30 с другой стороны поперечины установлен ползун 32, в котором с возможностью вращения установлен вал 33, на котором жестко закреплен блок зубчатых колес 34, 35, отличающихся между собой на незначительное число зубьев (на незначительную величину диаметра).

Одна из шестерен 34 входит в зацепление с рейкой 29, а вторая шестерня 35 входит в зацепление с рейкой 31, на которой установлен схват 36 манипулятора, а сама рейка установлена (как указано выше) с возможностью поступательного движения в направляющей 30 поперечины 24.

Зубья реек и шестерен условно не показаны.

Описанный привод обеспечивает поперечное перемещение (вдоль оси Y_0 / S_{y_0}). Для устойчивости манипулятора портал 12 имеет выносную опору, образующую поступательную кинематическую пару (не показанную на чертеже) со станиной I.

Манипулятор модульного типа работает следующим образом.

Реверсивный двигатель 2 (М1) вращает приводное звено 3, которое передвигает бесконечный ремень (цепь) 4 и установленный на нем вал 8 блока зубчатых колес 9 и 10, причем шестерня 9 перека-

тывается по неподвижной рейке 6, а шестерня 10 при этом перемещает подвижную рейку II вместе с порталом 12 вдоль оси X_0 . Получаем продольное перемещение.

Реверсивный двигатель 13 (M2) вращает приводное звено 14, которое передвигает бесконечный ремень (цепь) 15 и установленный на нем вал 21 блока зубчатых колес 22 и 23, причем шестерня 22 перекачивается по неподвижной рейке 17 портала 12, а шестерня 23 при этом перемещает подвижную рейку 18 вместе с поперечиной 24 вдоль оси Z_0 . Получаем вертикальное перемещение.

Реверсивный двигатель 25 (M3) вращает приводное звено 26, которое передвигает бесконечный ремень (цепь) 27 и установленный на нем вал 33 блока зубчатых колес 34 и 35, причем шестерня 34 перекачивается по неподвижной рейке 29 поперечины 24, а шестерня 35 при этом перемещает подвижную рейку 31 вместе со схватом 36 вдоль оси U_0 .

Получаем поперечное перемещение. Портал 12 для устойчивости манипулятора имеет выносную опору, образующую поступательную кинематическую пару (не показанную на чертеже) со станиной I.

Предлагаемое техническое решение в отличие от технического решения, принятого за прототип, хотя и имеет общность в части инвариантности компоновки, в качестве модулей включает в себя механизмы, отличающиеся большим диапазоном изменения передаточного отношения, который может быть реализован минимальным количеством звеньев без понижающих редукторов.

Предлагаемый манипулятор при однажды выбранной постоянной длине его звеньев может обслужить определенное пространство, доставить в нем схват в любую точку без значительного увеличения длины звеньев в силу более простой конструкции в сравнении с прототипом и того, что он включает только электромеханические связи. В манипуляторе отсутствуют силовые цилиндры, т.е. поступательное движение вдоль осей координат и регулирование скорости его не связаны с использованием энергии среды под давлением. Предполагается, что в этой части надежность предлагаемого технического решения будет выше в сравнении с прототипом и конструкция его будет проще, а модульность и инвариантность компоновок реализуется меньшим количеством промежуточных звеньев. Техническое решение отличается однотипностью передаточных и исполнительных механизмов, положенных в основу манипулятора, при этом передаточ-

ные и исполнительные механизмы объединены новыми связями, позволяющими существенно сократить длины кинематических цепей путем подбора звеньев и сочетания механизмов, преобразующих вращательное движение в поступательное, а также их взаимного относительного расположения.

Предлагаемый манипулятор, несмотря на кажущуюся неустойчивость, легко превращается в устойчивый, если, как указано выше, снабдить его выносной опорой портала (на чертеже не показана), образующей поступательную кинематическую пару со станной.

Формула изобретения

Манипулятор модульного типа, содержащий портал, на котором размещены с возможностью поступательного перемещения каретки, и трособлочную систему, блоки которой смонтированы на портале и каретках, отличающийся тем, что с целью повышения надежности и снижения энергопотребления за счет уменьшения длины кинематических цепей приводы трособлочной системы и механизмов преобразования вращательного движения в поступательное выполнены в виде блоков шестерен, расположенных на тросах соответствующих трособлочных систем с возможностью вращения вокруг своих осей симметрии, входящих в зацепление с двумя рейками, одна из которых установлена с возможностью поступательного перемещения; при этом приводы связаны между собой через выходные звенья механизмов преобразования вращательного движения в поступательное так, что портал жестко связан с подвижной рейкой приводного механизма продольного перемещения, а приводной двигатель каретки вертикального перемещения установлен на портале, при этом подвижная рейка приводного механизма вертикального перемещения жестко связана с поперечной кареткой, на которой установлен приводной двигатель поперечного перемещения, при этом схват установлен на подвижной рейке поперечной каретки.

**1.7. Манипулятор (авторское свидетельство СССР
№ 1743850, кл. В 25 II/00, 1992 г.),
авторы: И.П. Филонов и др.**

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при создании и разработке средств автоматизации технологических процессов и складских работ.

Известен манипулятор, содержащий вертикальную поворотную стойку, механическую руку с захватом и приводной электродвигатель (заявка ФРГ № 2341532, кл. В 25 J I/00, 1976).

Недостатком известного манипулятора являются повышенные динамические нагрузки в узлах и звеньях манипулятора из-за громоздкости и сложности приводов.

Известен также манипулятор, содержащий вертикальную поворотную стойку, механическую руку с захватом и приводной электродвигатель (авторское свидетельство СССР № 960006, кл. В 25 J II/00, 1982 г.).

Однако он обладает теми же недостатками.

Цель изобретения состоит в устранении упомянутых недостатков известных манипуляторов, а именно, в расширении технологических возможностей и улучшении динамических характеристик.

Поставленная цель достигается тем, что манипулятор снабжен приводом наклона механической руки, двигатель которого смонтирован на стойке и кинематически связан с механической рукой, при этом стойка имеет параллельные стержневые элементы, а привод поворота механической руки выполнен в виде основного и дополнительного двигателей, размещенных на основании, и планетарного редуктора, центральные зубчатые колеса которого образуют первый блок зубчатых колес, установленный на одном из стержней стойки и кинематически связанный с основным двигателем, причем сателлит планетарного редуктора выполнен в виде второго блока зубчатых колес, установленного на другом стержне стойки, и кинематически связан с дополнительным двигателем посредством дополнительно введенного третьего блока зубчатых колес, размещенного на валу первого блока.

Введение упомянутых изменений в манипулятор обеспечивает расширение технологических возможностей и улучшение динамических характеристик.

На фиг. I схематически изображен предложенный манипулятор. Манипулятор содержит основание I с установленным на нем электродвигателем 2, на валу которого находится зубчатое колесо 3, связанное с блоком колес 4,5, установленным с возможностью свободного вращения на стойке - водиле 6. На водиле 6 также с возможностью свободного вращения установлен блок шестерен 7,8. Шестерня 8 входит в зацепление с шестерней 9, жестко связанной с шестерней 10. Блок шестерен 9, 10 установлен с возможностью свободного вращения относительно блока шестерен 4,5. Шестерня 10 входит в зацепление с шестерней 11, установленной на валу 12, жестко связанном с ротором двигателя 13, снабженного муфтой 14, обеспечивающей возможность присоединения ротора двигателя 13 к основанию I. На водиле 6 установлен двигатель 15, на роторе которого неподвижно насажена шестерня 16, входящая в зацепление с шестерней 17, установленной с возможностью перемещения относительно водила 6. На шестерне 17 жестко закреплено звено 18, на котором находится приводной гидроцилиндр 19, на штоке 20 которого жестко укреплена механическая рука 21 со схватом, несущая деталь 22.

Манипулятор работает следующим образом.

При включении муфты 14, обеспечивающей жесткое соединение ротора двигателя 13 с основанием I, шестерня 11 также становится неподвижной относительно станины, при этом двигатель 13 отключен от сети. Включение двигателя 2 обеспечивает передачу вращения на шестерню 3, и от нее - на блок шестерен 4,5 (последние установлены с возможностью вращения относительно стойки водила 6). Вращение от шестерни 5 передается на шестерню 7 блока шестерен 7,8. При этом блок шестерен 7,8, совершая вращение вокруг собственной оси вращения со скоростью ω^e , совершает планетарное движение со скоростью $\omega^e - \omega^h$ в круг оси симметрии стойки-водила 6 (оси Z). При этом шестерня 8 обегает шестерню 9 блока шестерен 9,10 в связи с тем, что он неподвижный, т.к. шестерня 10 сцепляется с неподвижной шестерней 11.

В рассмотренном случае стойка водила 6 вращается вокруг оси симметрии (оси Z) со скоростью $\omega^e - \omega^h$ планетарного движения блока шестерен 7,8, которое определяется из следующих соображений.

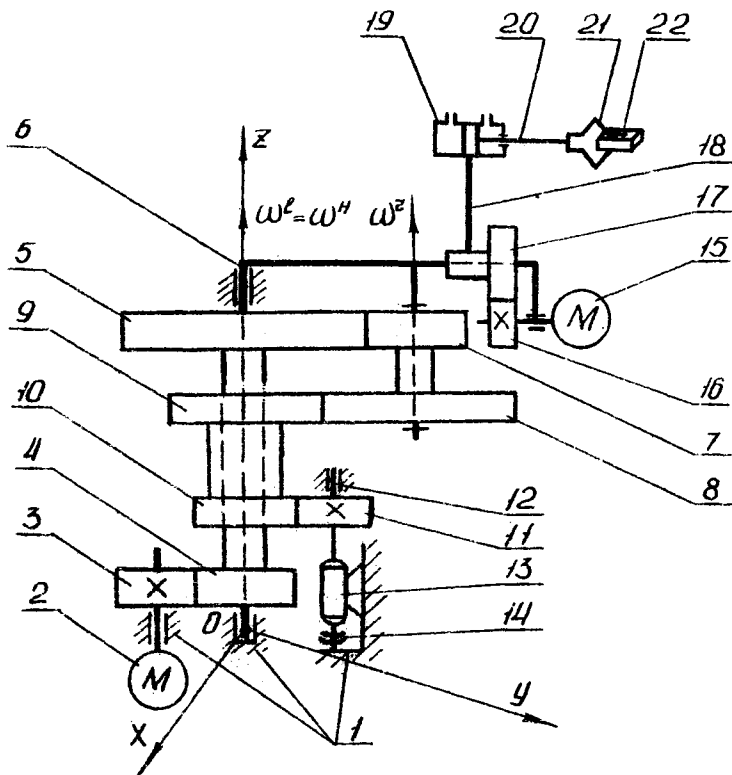


Рис. 1.16 (фиг. 1)

Передаточное отношение i_{57}^H в обратном движении имеет вид

$$i_{57}^H = \frac{\omega_5 - \omega^H}{\omega_7 - \omega^H} = \frac{Z_7 \cdot Z_9}{Z_5 \cdot Z_8}.$$

Из этого уравнения после некоторых преобразований получаем

$$\omega^H = \omega^P = \omega_5 \cdot i_{H4},$$

где $\omega_4 = \omega_5$; $i_{H4} = \frac{\omega_H}{\omega_4} = \frac{1}{1 - \frac{Z_7 \cdot Z_9}{Z_5 \cdot Z_8}}.$ (I.1)

Из этого соотношения видно, что угловая скорость стойки-водила 6 может быть весьма малой при большом значении скорости вращения двигателя 2. Это можно объяснить тем, что, например, при подборе чисел зубьев $Z_7 = 99, Z_9 = 101, Z_5 = Z_8 = 100$ выражение (I.1) имеет вид

$$i_{H4} = \frac{1}{1 - \frac{99 \cdot 101}{100 \cdot 100}} = 10\,000.$$

Такая возможность реализации большой редукции с помощью небольшого количества звеньев позволяет снизить материалоемкость манипулятора и тем самым снизить его динамическую нагруженность от сил инерции в процессе разгона (торможения).

Для перемещения детали 22 в пространстве кроме включения двигателя 2 необходима также одновременная работа двигателя 15 и гидроцилиндра 20.

В случае включения муфты 14, обеспечивающей отсоединение ротора двигателя 13 основания 1 и включение его в сеть, вращение от шестерни 11 передается шестерне 10 и шестерне 9, жестко связанной с последней. При этом передаточное отношение в обратном движении изменяется в связи с двумя угловыми скоростями $(\omega_4 = \omega_5, \omega_{10} = \omega_9)$

$$i_{59}^H = \frac{\omega_5 - \omega_H}{\omega_7 - \omega_H} = \frac{Z_7 \cdot Z_9}{Z_5 \cdot Z_3}; \quad (I.2)$$

$$\omega_7 = \omega_8; \quad i_{98} = \frac{\omega_9}{\omega_8} = -\frac{Z_8}{Z_9}. \quad (I.3)$$

Решение системы уравнений (I.2 - I.3) совместно дает возможность записать уравнение (I.2) в виде

$$\frac{\omega_5 - \omega_H}{-\omega_8 \frac{Z_8}{Z_9} - \omega_H} = \frac{Z_7 \cdot Z_9}{Z_5 \cdot Z_8}. \quad (I.4)$$

После некоторых преобразований уравнение (I.4) можно представить в виде

$$\omega^H = \frac{\omega_5 + \omega_8 \frac{Z_7}{Z_5}}{1 - \frac{Z_7 \cdot Z_9}{Z_5 \cdot Z_8}} \quad (I.5)$$

Выражение (I.5) указывает на то, что изменением угловой скорости двигателя I3 предоставляется возможность не только увеличить или уменьшить скорость вращения стойки-водила 6, но и остановить стойку-водило 6 без остановки других подвижных звеньев. Как видно из формулы (I.5), остановка водила 6 будет при $\omega^H = 0$, т.е. при $\omega_5 = \omega_8 \frac{Z_7}{Z_5}$. Это говорит о том, что, используя в качестве приводного двигателя I3 двигатель с бесступенчатым регулированием скорости, например, двигатель постоянного тока, предоставляется возможность изменить закон движения детали 22 вдоль заданной траектории без остановки подвижных звеньев манипулятора, т.е. без отключений двигателей 2, I5 и гидроцилиндра 20.

Предлагаемая конструкция манипулятора обеспечивает три необходимые минимальные подвижности (три обобщенные координаты: поворот стойки-водила 6, поворот звена I8 и поступательное перемещение штока 2I) при наличии минимального числа звеньев и большой редукции. Кроме того, предлагаемая конструкция позволяет плавно, без остановки (отключения) основных приводных двигателей изменять закон движения схвата (детали 22) вдоль заданной траектории. Она обеспечивает также и остановку водила стойки 6. Все это позволяет не только снизить динамическую нагруженность, но и повысить точность позиционирования путем установления обратной связи (коррекции) действительного перемещения схвата или его плавной остановки; тем самым достигается расширение технологических возможностей.

Формула изобретения

Манипулятор, содержащий основание, установленную на нем поворотную стойку, несущую механическую руку с приводом ее выдвижения и захватом, а также привод поворота механической руки, отличающийся тем, что с целью расширения технологических возможностей и улучшения динамических характеристик он снаб-

жем приводом наклона механической руки, двигатель которого смонтирован на стойке и кинематически связан с механической рукой; при этом стойка имеет параллельные стержневые элементы, а привод поворота механической руки выполнен в виде основного и дополнительного двигателей, размещенных на основании, и планетарного редуктора, центральные зубчатые колеса которого образуют первый блок зубчатых колес, установленный на одном из стержневых элементов стойки и кинематически связанный с основным двигателем, причем сателлит планетарного редуктора выполнен в виде второго блока зубчатых колес, установленного на другом стержневом элементе стойки, и кинематически связан с дополнительным двигателем посредством дополнительно введенного третьего блока зубчатых колес, размещенного на валу первого блока.

2. НОВЫЕ УЗЛЫ МАНИПУЛЯТОРОВ

2.1. Шарнир манипулятора (авторское свидетельство СССР № 1076277 А, кл. В 25J11/00, 1984 г.), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано при создании и разработке средств автоматизации технологических процессов и складских работ.

Известен шарнир манипулятора, содержащий закрепленные на предыдущем звене основную и промежуточную опоры с цапфами, установленные с возможностью вращения относительно последующего звена, жестко закрепленные в предыдущем звене силовые цилиндры приводов вращения и качания последующего звена, а также привод вращения основной опоры (авторское свидетельство СССР по заявке № 3372418/25-08, кл. В 25 J I/02, 1981).

Недостатком шарнира является сложность выполнения сферических опор, паза в виде спирали Архимеда и т.д.

Цель изобретения - упрощение конструкции шарнира.

Поставленная цель достигается тем, что в шарнире манипулятора, содержащем закрепленную на предыдущем звене основную опору и промежуточную опору с цапфами, установленную с возможностью вращения относительно последующего звена, жестко за-

репленные в предыдущем звене силовые цилиндры приводов вращения и качания последующего звена, а также привод вращения основной опоры; промежуточная и основная опоры выполнены цилиндрическими; промежуточная опора эксцентрично и жестко связана со штоком силового цилиндра качания последующего звена, а цапфа промежуточной опоры установлена перпендикулярно оси вращения основной опоры; при этом корпус силового цилиндра привода вращения последующего звена посредством дополнительно введенных зубчатой передачи и паразитной шестерни, свободно посаженной на цапфе промежуточной опоры, связан с последующим звеном.

На фиг. 1 изображена предлагаемая конструкция, осевой разрез, на фиг. 2—разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 — разрез В-В на на фиг. 1.

Шарнир манипулятора содержит неподвижное звено I и связанное с ним подвижное звено 2 через шарнир, содержащий промежуточную опору 3 с цапфами 4, установленную с возможностью вращения на подвижном звене 2, основную опору 5, в которой установлена промежуточная опора 3 с цапфами 4 с возможностью вращения вокруг оси цапф 4. Основная опора 5 установлена с возможностью вращения относительно силового цилиндра 6, жестко связанного с неподвижным звеном I, и содержит силовой цилиндр 7 привода качания подвижного звена 2, шток 8 которого связан с промежуточной опорой 3 через тягу 9. Кроме того, на основной опоре 5 установлен силовой цилиндр 10 привода вращения подвижного звена 2 вокруг своей оси, корпус II которого имеет возможность вращения относительно основной опоры 5 и имеет на торце зубчатую нарезку 12. На одной из цапф промежуточной опоры 3 установлен блок 13 шестерен, входящий в зацепление с зубчатой нарезкой 12 и одновременно с зубчатой нарезкой 14, выполненной на подвижном звене 2. Для предохранения шарнира от пыли он снабжен гофрированным кожухом 15, закрепленным на подвижном звене 2 и неподвижном звене I.

Шарнир манипулятора работает следующим образом.

Вращение подвижного звена 2 вокруг оси неподвижного звена I осуществляется от силового цилиндра 6 при подаче среды под давлением в его рабочую полость, при этом основная опора 5 будет вращаться вместе с промежуточной опорой 3 и звеном 2 вокруг оси звена I. Качание подвижного звена 2 вокруг оси цапф 4 промежуточной опоры 3 осуществляется от силового цилиндра 7, при этом

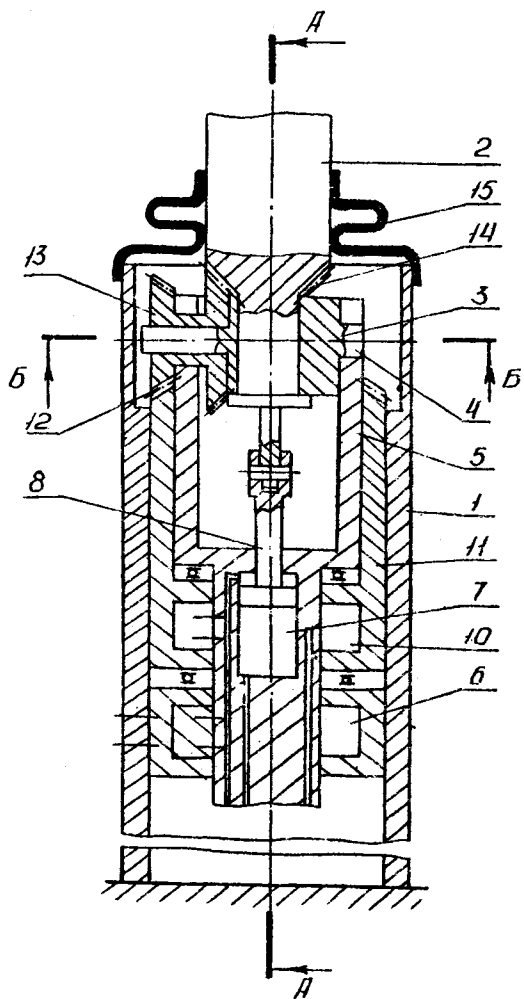


Рис. 2.1 (Фиг. I)

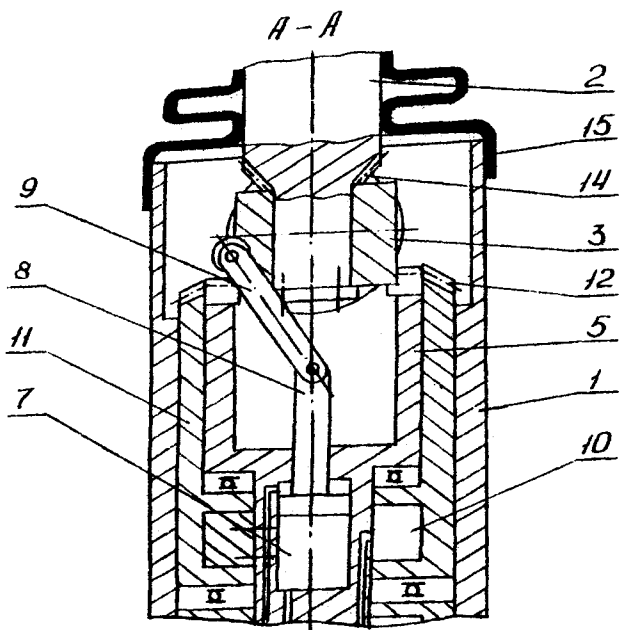


Рис. 2.2 (фиг. 2)

Б-Б

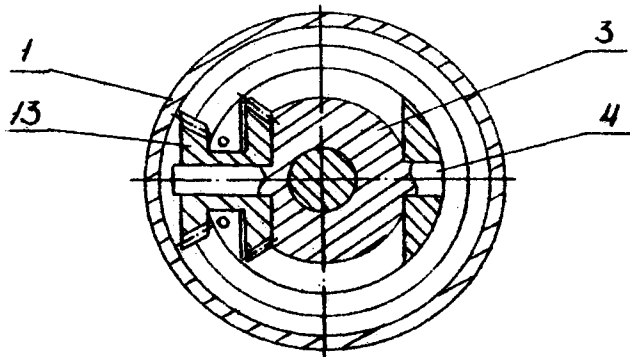


Рис. 2.3 (фиг. 3)

шток 8, перемещаясь в осевом направлении, разворачивает опору 3 вместе со звеном 2 вокруг оси цапф 4 с помощью тяги 9. Вращение подвижного звена 2 вокруг своей оси осуществляется от силового цилиндра 10, при этом при подаче среды под давлением в его рабочую полость корпус 11 будет вращаться вокруг основной опоры 5 и передавать вращение через блок 13 шестерни к подвижному звену 2.

Использование предлагаемого приводного шарнира позволит расширить технологические возможности манипулятора, повысить его маневренность, а также снизить вес подвижных частей и улучшить условия эксплуатации.

Формула изобретения

Шарнир манипулятора, содержащий закрепленную на предыдущем звене основную опору и промежуточную опору с цапфами, установленную с возможностью вращения относительно последующего звена, а также жестко закрепленные в предыдущем звене силовые цилиндры приводов вращения и качения последующего звена, а также привод вращения основной опоры, отличающийся тем, что с целью упрощения конструкции промежуточная и основная опоры выполнены цилиндрическими; при этом промежуточная опора эксцентрично и жестко связана со штоком силового цилиндра качания последующего звена, а цапфа промежуточной опоры установлена перпендикулярно оси вращения основной опоры; корпус силового цилиндра привода вращения последующего звена посредством дополнительно введенных зубчатой передачи и паразитной шестерни, свободно посаженной на цапфе промежуточной опоры, связан с последующим звеном.

2.2. Приводной шарнир манипулятора (авторское свидетельство СССР № 1159775 А, кл. 25J17/00, 1985 г.), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в средствах автоматизации технологических процессов.

Известен приводной шарнир манипулятора, содержащий шаровой палец, соединенный посредством входного вала с первым винтовым моментным цилиндром, и шаровую опору, соединенную посредством выходного вала со вторым винтовым моментным цилиндром, причем шаровой

палец и шаровая опора связаны между собой (авторское свидетельство СССР по заявке № 3372418/25-08, кл. В 25 J I/02, 1981).

Недостатки данного приводного шарнира - сложность его конструктивного исполнения, кроме того, большое количество шарнирно связанных между собой звеньев ухудшает точность позиционирования.

Цель изобретения - упрощение конструкции приводного шарнира манипулятора и повышение точности позиционирования.

Цель достигается тем, что в приводном шарнире манипулятора, содержащем шаровой палец, соединенный посредством входного вала с первым винтовым моментным цилиндром, и шаровую опору, соединенную посредством выходного вала со вторым винтовым моментным цилиндром, причем шаровой палец и шаровая опора связаны между собой, шаровой палец снабжен лопаткой, а шаровая опора выполнена в виде лопасти и связана с лопаткой соединением типа паз-выступ.

На фиг. 1 изображен приводной шарнир, осевой разрез; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1.

Приводной шарнир манипулятора содержит входное звено 1 и выходное звено 2, связанные между собой шаровым шарниром, содержащим шаровой палец 3, связанный с выходным звеном 2, и подпятник 4, установленный во входном звене 1, в котором выполнена рабочая полость 5 гидродвигателя привода вращения выходного звена 2, связанная с каналами 6 и 7 для подачи рабочей среды и закрытая крышкой 8. В полости 5 установлена шаровая опора 9, выполненная в виде лопасти и связанная с шаровым пальцем 3 лопаткой 10. В шаровой опоре 9 выполнена полость II гидродвигателя привода вращения выходного звена 2, в которой установлена лопатка 10 и которая связана с каналами 12 и 13 подачи рабочей среды.

Приводной шарнир манипулятора работает следующим образом.

При подаче рабочей среды в одну из полостей II гидродвигателя привода качания через каналы 12 и 13 осуществляется качание выходного звена 2 в ту или иную сторону. При подаче рабочей среды через канал 6 в полость 5 происходит перемещение шаровой опоры 9, следовательно, и шаровой палец 3 через лопатку 10 вращается вокруг оси входного звена 1 против часовой стрелки (фиг. 2). При подаче рабочей среды в полость 5 через канал 7 шаровой палец 3, а вместе с ним и выходное звено 2, осуществляют вращательное движение вокруг оси входного звена по часовой стрелке.

Использование предлагаемого приводного шарнира манипулятора позволит уменьшить габариты, сократить кинематическую цепь шарнира, что, в свою очередь, повысит точность позиционирования.

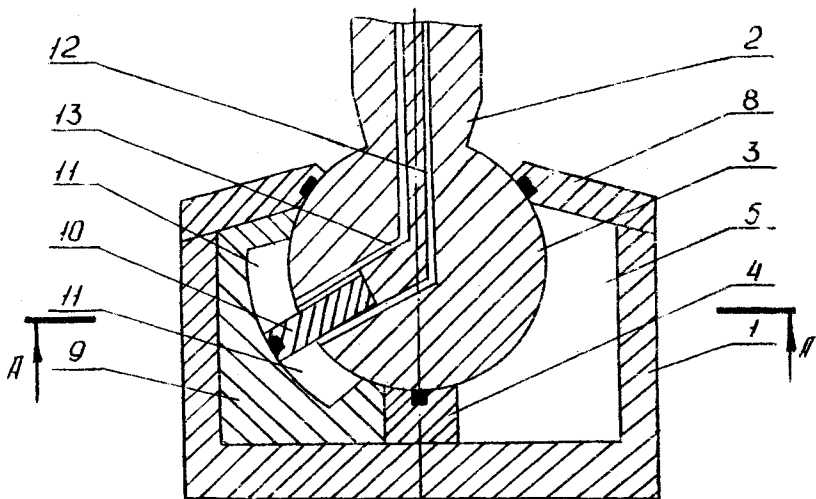


Рис. 2.4 (фиг. 1)

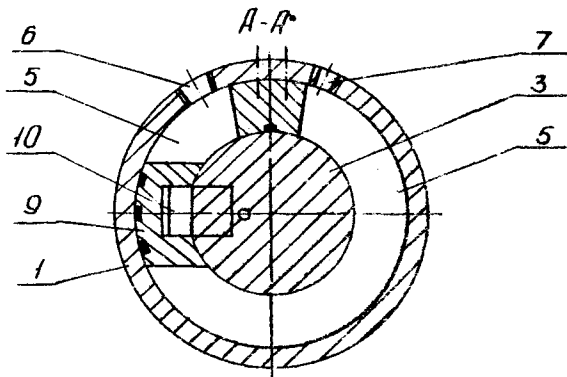


Рис. 2.5 (фиг. 2)

Формула изобретения

Приводной шарнир манипулятора, содержащий шаровой палец, соединенный посредством входного вала с первым винтовым моментным цилиндром, и шаровую опору, соединенную посредством выходного вала с вторым винтовым моментным цилиндром, причем шаровой палец и шаровая опора связаны между собой, отличающийся тем, что с целью упрощения его конструкции и повышения точности позиционирования шаровой палец снабжен лопаткой, а шаровая опора выполнена в виде лопасти и связана с лопаткой соединением типа паз - выступ.

2.3. Электромеханический модульный сустав манипулятора (авторское свидетельство СССР № 1371906 А1, кл. В 25J17/00, 1986 г.), авторы: И.П. Филонов, П.Ю. Шумилов

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в конструкциях промышленных роботов (ПР) и манипуляторов.

Целью изобретения является расширение технологических возможностей за счет получения двух степеней подвижности сустава при увеличении величины крутящего момента и повышение надежности работы за счет устранения проскальзывания тел качения.

На фиг. 1 изображен электромеханический модульный сустав манипулятора; на фиг. 2 - вид А на фиг. 1; на фиг. 3 - разрез Б-Б на фиг. 1; на фиг. 4 - узел I на фиг. 1 (простое и комбинированное тело качения планетарного механизма); на фиг. 5 - план скоростей тел качения волнового механизма; на фиг. 6 - план скоростей тела качения планетарного механизма.

На входном элементе I ведущего звена манипулятора установлен приводной двигатель 2, на роторе которого закреплен круглый диск 3 волнообразователя, состоящий из двух частей, разделенных прокладкой 4, обеспечивающих выборку зазоров и создание предварительного натяга с помощью болтов 5 в зоне контакта бочкообразных роликов 6 и короткого гибкого зубчатого колеса 7, которое, взаимодействуя с зубчатыми венцами входного элемента I и промежуточного элемента 8 ведущего звена, сообщает последнему вращательное движение. Для обеспечения жесткости и прочности конструкции элемент

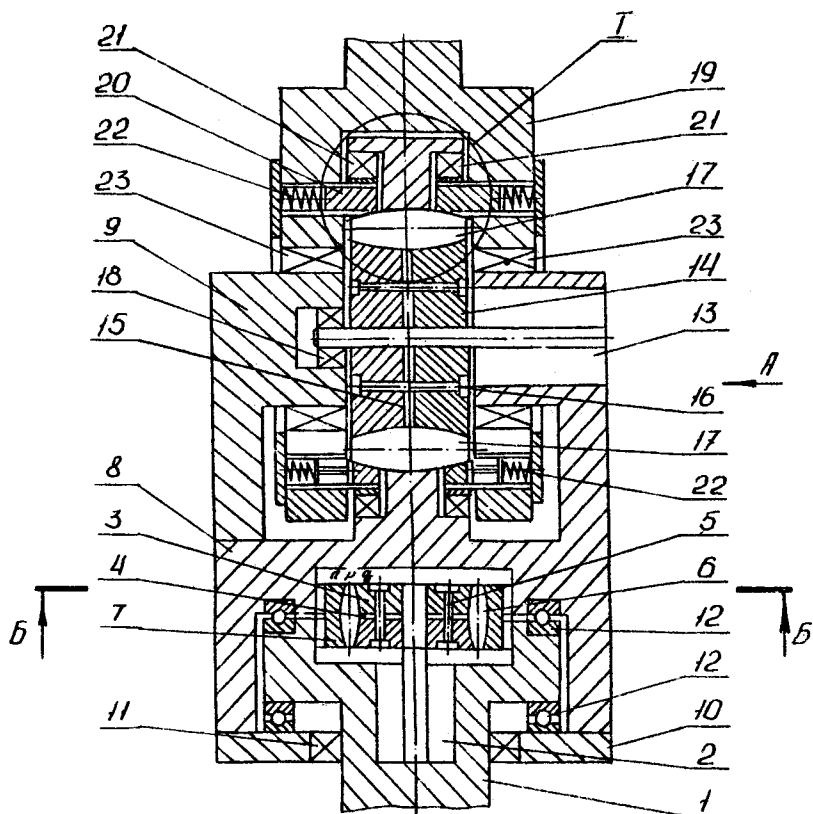


Рис. 2.6 (фиг. 1)

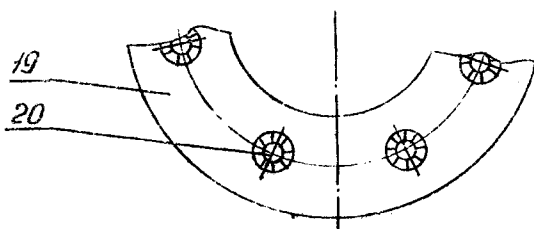


Рис. 2.7 (фиг. 2)

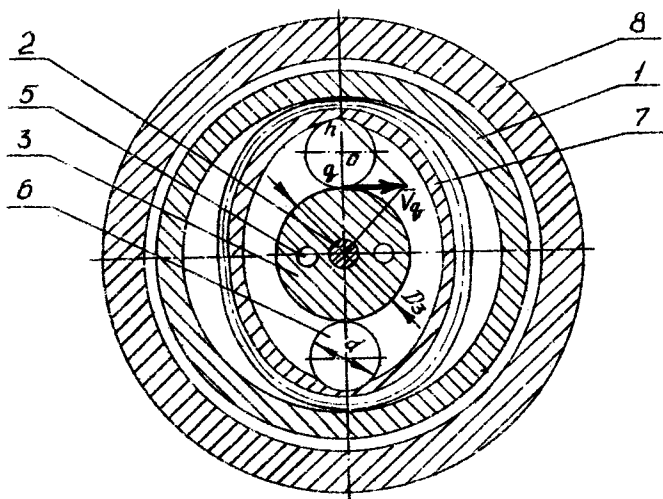


Рис. 2.8 (фиг. 3)

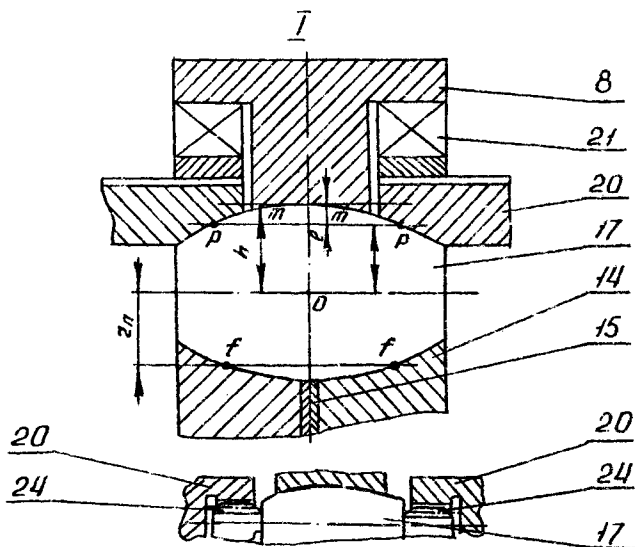


Рис. 2.9 (фиг. 4)

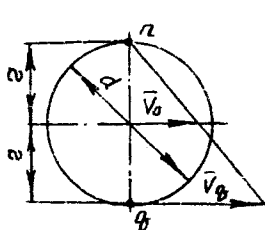


Рис. 2.10 (фиг. 5)

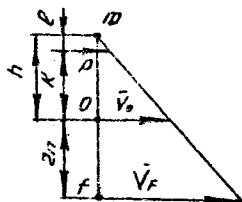


Рис. 2.11 (фиг. 6)

8 соединен неподвижно со звеном 9 и диском 10, посаженным на подшипник 11. С целью замены трения скольжения на трение качения применены подшипники 12. На промежуточном элементе 8 установлен второй приводной двигатель 13, на роторе которого закреплены диски 14 водила планетарного механизма, разделенные прокладкой 15. Благодаря поджатию болтов 16 происходит образование натяга в зоне контакта дисков 14 и бочкообразных роликов 17, а также роликов 17 и промежуточного элемента 8, причем ротор двигателя 13 посажен в подшипник 18, установленный в звене 9. Вращение с дисков 14 передается на выходное звено 19 манипулятора посредством взаимодействия роликов 17 с кольцами 20, посаженных с возможностью осевого перемещения в подшипники 21. Кольца 20 имеют пальцы, образующие подвижное шлицевое соединение со звеном 19 манипулятора (фиг.2), и подпружиниваются в сторону дисков 14 пружинами 22. для снижения нагрузок на тела качения - ролики 17 и замены трения скольжения на трение качения применены подшипники 23.

Сустав работает следующим образом.

Приводной двигатель 2 вращает диск 3. Диск 3, взаимодействуя с роликами 6, сообщает им планетарное движение. Ролики 6 совершают сложное движение - относительное вращательное движение и переносное вращательное движение.

Ролики 6, обматываясь по внутренней тороидальной поверхности короткого гибкого зубчатого колеса 7, вводят его в зацепление с зубчатыми венцами входного элемента I и промежуточного элемента 8.

Общее передающее отношение $i_{8м}$ волнового механизма равно

$$i_{8м} = \frac{2(1 + Z_6/Z_3)}{1 - Z_8/Z_1}$$

где Z_6 - приводный радиус кривизны ролика;

Z_3 - радиус круглого диска 3;

Z_8 - число зубьев на промежуточном элементе 8;

Z_1 - число зубьев на входном элементе I.

На промежуточном элементе 8 установлен второй приводной двигатель 13, ротор которого приводит во вращение диск 14. Диск 14, взаимодействуя с роликами 17, сообщает им планетарное движение - движение обкатки внутренней тороидной поверхности промежуточного элемента 8 и дополнительно установленных колец 20. Кольца 20 имеют пальцы, которые входят в шлицевые пазы выходного звена 19 ма-

нипулятора, поэтому при вращении кольца 20 вращается выходное звено 19 манипулятора с такой же угловой скоростью.

Общее передаточное отношение $i_{пм}$ планетарного механизма равно

$$i_{пм} = \frac{(z_{17} + h)(z_{14} + 2z_{12})}{z_{14}(h - R)}$$

где z_{17} - приведенный радиус ролика 17;

z_{14} - радиус круглого диска 14;

h - расстояние от оси симметрии ролика 17 до его мгновенной оси абсолютного вращения $M-M$ (фиг. 4);

R - расстояние от оси симметрии ролика 17 до его мгновенной оси относительного вращения $f-f$ (фиг. 4).

Поджатием болтов 5 и 16 достигается осевое сближение дисков 3 и 14, тем самым производится выборка зазоров.

Сохранение постоянным передаточного отношения между роликом 17 и выходным звеном 19 манипулятора при изменении условий сцепления контактирующих поверхностей можно обеспечить путем введения зубчатого зацепления 24. С этой целью ролики 17 выполняются комбинированными с зубьями (фиг. 4), входящими в зацепление с контактирующими с ними рабочими поверхностями колец 20. В последнем случае представляется возможным, кроме сохранения кинематической точности в процессе износа, упростить конструкцию за счет жесткого соединения колец 20 с выходным звеном 19 манипулятора.

Формула изобретения

1. Электромеханический модульный сустав манипулятора, содержащий приводные двигатели, ведущее и ведомое звенья, кинематически связанные между собой и оснащенные волновым и планетарным механизмами, связанными с приводными двигателями, отличающийся тем, что с целью расширения технологических возможностей за счет получения двух степеней подвижности сустава при увеличении величины крутящего момента на ведомом звене соосно планетарному механизму жестко в радиальном направлении установлены два дополнительных подпружиненных в осевом направлении кольца с внутренней тороидной поверхностью, ведущее звено выполнено из двух шарнирно связанных элементов, и на них соосно приводным дви-

гателям установлены соответственно волновой и планетарный механизмы, оси симметрии которых взаимно перпендикулярны, имеющие разрезные, состоящие из двух круглых дисков с наружной тороидной поверхностью волнообразователи и водила, жестко закрепленные в радиальном направлении на роторах своих приводных двигателей; при этом каждая наружная тороидная поверхность дисков взаимодействует с двумя парами дополнительно введенных соосных волнообразователю и водилу бочкообразных роликов, причем одна пара роликов взаимодействует с внутренней тороидной поверхностью, выполненной на гибком зубчатом колесе волнового механизма, а другая пара роликов - с внутренней тороидной поверхностью, выполненной на ведущем звене, и с тороидными поверхностями дополнительно установленных подпружиненных колец ведомого звена.

2. Сустав манипулятора по п. 1, отличающийся тем, что с целью повышения надежности работы за счет устранения проскальзывания тел качения бочкообразные ролики и контактирующие с ними поверхности дополнительно установленных подпружиненных колец ведомого звена выполнены зубчатыми.

2.4. Электромеханический модуль и сустав манипулятора (положительное решение от 29.07.91 по заявке № 4802 I82/09), авторы: И.П. Филонов и др.

Изобретение относится к области машиностроения и может найти применение в промышленных роботах.

Целью изобретения является расширение технологических возможностей за счет увеличения числа степеней подвижности.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 приведено схематическое изображение электромеханического модульного сустава манипулятора, на фиг. 2 - схема, поясняющая расчет размеров V-образных промежуточных звеньев.

С входным звеном 1 сустава жестко связано V-образное промежуточное звено 2 с установленным на нем неподвижно статором двигателя 3, ротор которого связан с входным звеном передаточного механизма 4. Это звено представляет собой шестерню 5, входящую

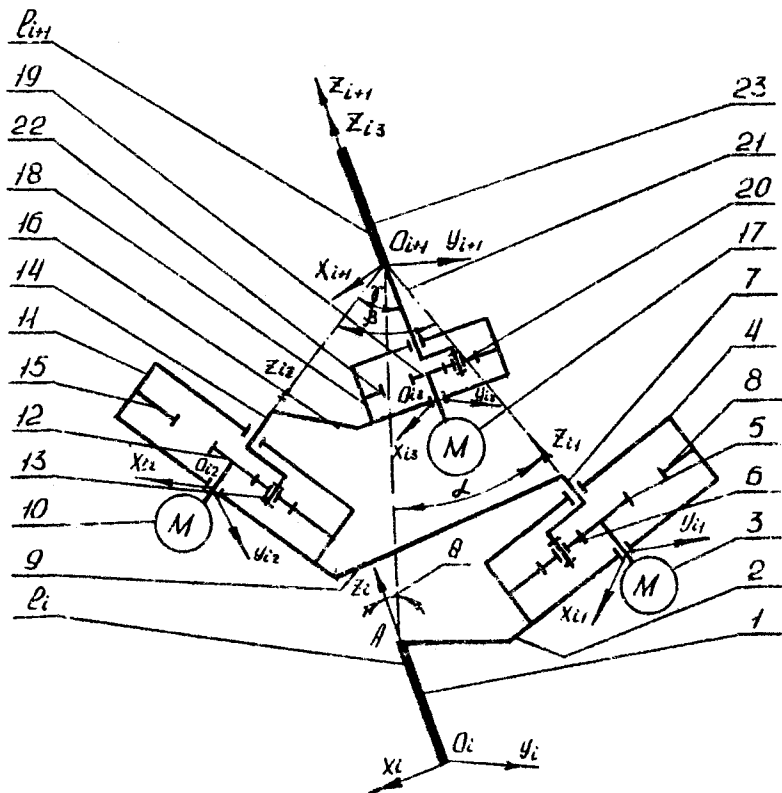


Рис. 2.12 (фиг. 1)

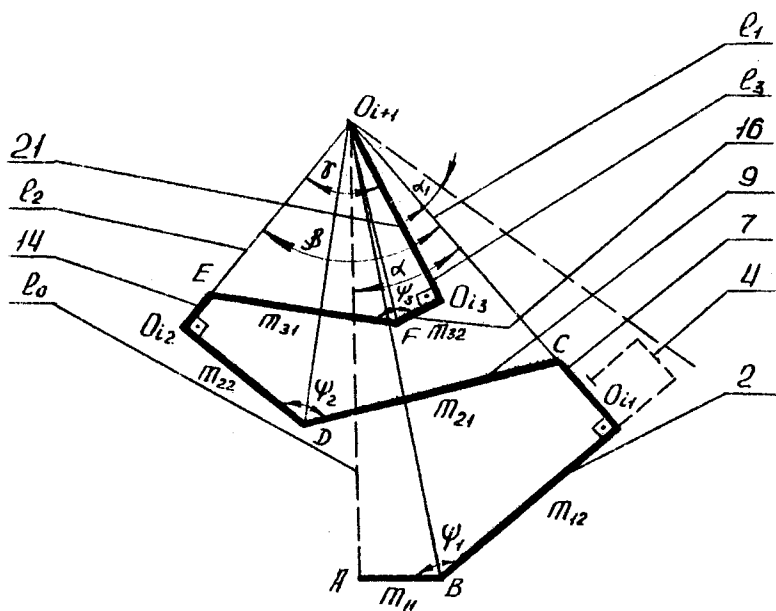


Рис. 2.13 (фиг. 2)

в зацепление с шестерней 6 водила 7. Шестерня 6 также входит во внутреннее зацепление с колесом 8. Водило 7, являющееся выходным звеном механизма 4, жестко связано с V-образным промежуточным звеном 9, на котором установлен неподвижно статор двигателя 10, ротор которого связан со входным звеном передаточного механизма II, представляющим собой шестерню 12, входящую в зацепление с шестерней 13 водила 14. Шестерня 13 также входит во внутреннее зацепление с колесом 15. Водило 14, являющееся выходным звеном механизма II, жестко связано с V-образным промежуточным звеном 16, на котором устанавливается неподвижно статор двигателя 17, ротор которого связан со входным звеном передаточного механизма 18, представляющим собой шестерню 19, входящую в зацепление с шестерней 20 водила 21. Шестерня 20 также входит во внутреннее зацепление с колесом 22. Водило 21 является выходным звеном механизма 18 и жестко соединено выходным звеном 23 сустава.

Точка O_{i+1} является точкой пересечения осей вращения Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3} выходных звеньев трех приводных устройств. Если на оси Z_i произвольным образом выбрать точку А и провести прямую AO_{i+1} , то в процессе работы электромеханического модульного сустава манипулятора, т.е. в процессе вращения его трех электродвигателей, углы θ, α, β и γ будут постоянны по величине, а отрезок AO_{i+1} будет иметь постоянную длину и ориентацию относительно ведущего звена манипулятора ρ_i .

При конструировании и непосредственном изготовлении данного шарнира задаются определенным необходимым соотношением размеров $\rho_1, \rho_2, \rho_3, m_{11}, m_{12}, m_{21}, m_{22}, m_{31}, m_{32}$ (фиг. 2).

Из фиг. 2 видно, что $\rho_0 = \rho_{O_{i+1}, A}$; $\rho_1 = \rho_{O_{i+1}, O_i}$; $\rho_2 = \rho_{O_{i+1}, O_{i2}}$; $\rho_3 = \rho_{O_{i+1}, O_{i3}}$ соответствуют расстояниям от точек соединения валов двигателей с входными звеньями приводных механизмов до точки пересечения O_{i+1} осей вращения выходных звеньев приводных механизмов. $\rho_{11} = \rho_{O_{i+1}, C}$; $\rho_{21} = \rho_{O_{i+1}, E}$ соответствуют расстояниям от точек пересечения выходных звеньев приводных механизмов с V-образными звеньями до точки пересечения O_{i+1} осей вращения выходных звеньев приводных механизмов.

$$m_{11} = \rho_{AB}; m_{12} = \rho_{BO_{i1}}; m_{21} = \rho_{CD}; m_{22} = \rho_{DO_{i2}}; m_{31} = \rho_{EF};$$

$m_{32} = \rho_{\Gamma O_{i3}}$ - размеры левых и правых частей V-образных звеньев.

Углы ψ_1, ψ_2, ψ_3 - углы развала между левыми и правыми частями V-образных звеньев.

Из $\triangle ABO_{i+1}$ и $\triangle BO_{i+1}O_{i+1}$ определяем величину угла ψ_1

$$\psi_1 = \angle ABO_{i+1} + \angle O_{i+1}BO_{i+1}.$$

Из $\triangle ABO_{i+1}$ по теореме косинусов

$$\rho_0^2 = (\rho_1^2 + m_{i2}^2) + m_{i1}^2 - 2 m_{i1} \sqrt{\rho_1^2 + m_{i2}^2} \cos \angle ABO_{i+1}.$$

Отсюда

$$\angle ABO_{i+1} = \arccos \frac{(\rho_1^2 + m_{i2}^2 + m_{i1}^2 - \rho_0^2)}{2 m_{i1} \sqrt{\rho_1^2 + m_{i2}^2}}.$$

Из $\triangle BO_{i+1}O_{i+1}$ имеем

$$\angle O_{i+1}BO_{i+1} = \arctg(\rho_1/m_{i2});$$

$$\psi_1 = \arccos \frac{(\rho_1^2 + m_{i2}^2) + m_{i1}^2 - \rho_0^2}{2 m_{i1} \sqrt{\rho_1^2 + m_{i2}^2}} + \arctg \frac{\rho_1}{m_{i2}}.$$

Из $\triangle O_{i+1}O_{i2}D$ и $\triangle O_{i+1}CD$ определяем величину угла ψ_2

$$\psi_2 = \angle O_{i+1}DO_{i2} + \angle O_{i+1}DC.$$

Из $\triangle O_{i+1}O_{i2}D$ имеем

$$\angle O_{i+1}DO_{i2} = \arctg \frac{\rho_2}{m_{22}}.$$

Из $\triangle O_{i+1}DC$ по теореме косинусов

$$\rho_{i1}^2 = m_{21}^2 + (\rho_2^2 + m_{22}^2) - 2 m_{21} \sqrt{\rho_2^2 + m_{22}^2} \cos \angle O_{i+1}DC.$$

Отсюда

$$\angle O_{i+1}DC = \arccos \frac{(m_{21}^2 + \rho_2^2 + m_{22}^2 - \rho_{i1}^2)}{2 m_{21} \sqrt{\rho_2^2 + m_{22}^2}};$$

$$\psi_2 = \arccos \frac{(m_{21}^2 + \rho_2^2 + m_{22}^2 - \rho_{i1}^2)}{2 m_{21} \sqrt{\rho_2^2 + m_{22}^2}} + \arctg \frac{\rho_2}{m_{22}}.$$

Из $\triangle EFO_{i+1}$ и $\triangle FO_{i3}O_{i+1}$ определяем величину угла ψ_3

$$\psi_3 = \angle EFO_{i+1} + \angle O_{i3}FO_{i+1}.$$

Из $\triangle FO_{i3}O_{i+1}$ имеем $\angle O_{i3}FO_{i+1} = \alpha \operatorname{ctg} \frac{\rho_3}{m_{32}}.$

Из $\triangle EFO_{i+1}$ по теореме косинусов

$$\rho_2^2 = m_{31}^2 + (m_{32}^2 + \rho_3^2) - 2 m_{31} \sqrt{m_{32}^2 + \rho_3^2} \cdot \cos \angle EFO_{i+1},$$

откуда

$$\angle EFO_{i+1} = \alpha \arccos \frac{(m_{31}^2 + m_{32}^2 + \rho_3^2 - \rho_2^2)}{2 m_{31} \sqrt{m_{32}^2 + \rho_3^2}};$$

$$\psi_3 = \alpha \arccos \frac{(m_{31}^2 + m_{32}^2 + \rho_3^2 - \rho_2^2)}{2 m_{31} \sqrt{m_{32}^2 + \rho_3^2}} + \alpha \operatorname{ctg} \frac{\rho_3}{m_{32}}.$$

Электромеханический модульный сустав манипулятора состоит из входного звена I сустава, жестко соединенного с промежуточным V-образным звеном 2, на котором размещен приводной электродвигатель 3, ротор которого является входным элементом планетарного редуктора 4 и жестко соединен с шестерней 5, входящей в зацепление с шестерней 6, которая связана с водилом 7, а также входит в зацепление с колесом 8. Водило 7 является выходным звеном редуктора 4 и жестко соединено с промежуточным V-образным звеном 9, на котором размещен приводной электродвигатель 10, ротор которого является входным элементом планетарного редуктора II и жестко соединен с шестерней 12, входящей в зацепление с шестерней 13, которая связана с водилом 14, а также входит в зацепление с колесом 15. Водило 14 является выходным звеном редуктора II и жестко соединено с V-образным промежуточным звеном 16, на котором размещен приводной электродвигатель 17, ротор которого является входным элементом планетарного редуктора 18 и жестко соединен с шестерней 19, входящей в зацепление с шестерней 20, которая связана с водилом 21 и также входит в зацепление с колесом 22. Водило 21 является выходным звеном редуктора 18 и жестко соединено с V-образным промежуточным звеном 16, на котором

размещен приводной электродвигатель 17, ротор которого является входным элементом планетарного редуктора 18 и жестко соединен с шестерней 19, входящей в зацепление с шестерней 20, которая связана с водилом 21 и также входит в зацепление с колесом 22. Водило 21 является выходным звеном редуктора 18 и жестко соединено с выходным звеном 23 сустава манипулятора.

Электромеханический модульный сустав манипулятора работает следующим образом. Вращение от электродвигателя 3 передается шестерне 5, которая, входя в зацепление с шестерней 6, сообщает ей сложное движение, состоящее из собственного вращения вокруг своей оси и планетарного вращения вокруг оси Z_{11} .

Передаточное отношение

$$i_{5H} = \frac{\omega_5}{\omega_H} = 1 + \frac{Z_8}{Z_5},$$

где H - водило или звено 7;

Z_5 - число зубьев шестерни 5;

Z_8 - число зубьев колеса 8.

Таким образом, при неизменных энергозатратах двигателя 3 механизм 4 позволяет увеличить в несколько раз момент на выходном звене, т.е. водиле 7, причем выбор другой схемы планетарного редуктора может обеспечить значительно большую редукцию и соответственно увеличить момент на выходном звене на большую величину.

Водило 7 приводит во вращение V-образное промежуточное звено 9, соединенное с механизмом 11, электродвигатель 10 которого вращает жестко насаженную на его роторе шестерню 12.

Шестерня 12, взаимодействуя с шестерней 13, сообщает ей сложное движение. Шестерня 13 связана с водилом 14 и, обегая зубчатое колесо 15, сообщает водилу, являющемуся выходным звеном механизма 11, вращательное движение вокруг оси Z_{12} .

Водило 14, в свою очередь, приводит во вращение V-образное промежуточное звено 16, соединенное с механизмом 18, электродвигатель 17 которого вращает жестко насаженную на его роторе шестерню 19. Шестерня 19, взаимодействуя с шестерней 20, сообщает последней сложное движение. Шестерня 20 связана с водилом 21 и, обегая зубчатое колесо 22, сообщает водилу, являющемуся выходным звеном механизма 18, вращательное движение вокруг оси Z_{13} , причем выходное звено механизма 18 жестко связано с выход-

ным звеном 23 сустава и сообщает последнему вращение вокруг той же оси Z_{13} .

Таким образом, при работе трех приводных двигателей 3,10,17 сустава выходное звено сустава ℓ_{i+1} совершает сложное движение, состоящее из переносного вращательного движения механизма II вокруг оси Z_{ii} , относительного вращения механизма 18 вокруг оси Z_{12} , являющегося, в свою очередь, переносным для относительного вращения выходного звена 21 механизма 18 вокруг оси Z_{13} .

Формула изобретения

Электромеханический модульный сустав манипулятора, содержащий входное и выходное звенья, связанные между собой приводом их относительного перемещения, отличающийся тем, что с целью расширения технологических возможностей за счет увеличения числа степеней подвижности привод относительного перемещения звеньев выполнен в виде трех передаточных механизмов и трех двигателей, роторы которых связаны с входными элементами соответствующих передаточных механизмов, а статоры - с корпусами этих механизмов, при этом на входном звене сустава закреплен корпус первого передаточного механизма, выходной элемент которого жестко связан с корпусом второго передаточного механизма, который, в свою очередь, своим выходным элементом жестко связан с корпусом третьего передаточного механизма, на выходном элементе которого закреплено выходное звено сустава, причем передаточные механизмы расположены в пространстве так, что оси вращения их выходных элементов пересекаются в одной точке.

3. КОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА (ПР) РИМА-560

3.1. Назначение ПР РИМА-560 и основные технические характеристики манипулятора

Промышленный робот РИМА-560 предназначен для выполнения основных и вспомогательных технологических операций.

Первоначально конструктивная схема ПР PUMA - 560 разрабатывалась с учетом его использования преимущественно для сборки узлов автомобилей. Однако развитая кинематика, система управления на базе микропроцессоров и гибкость программирования сделали этот ПР многоцелевым устройством. Робот может выполнять следующие виды основных технологических операций:

- сборка механических узлов;
- монтаж печатных плат;
- дуговая сварка;
- склеивание;
- окраска;
- механообработка (сверление, зачистка заусенцев и т.д.).

ПР хорошо приспособлен для работы с системами технического зрения и другими средствами осязательного восприятия.

Основные технические характеристики манипулятора ПР PUMA-560 приведены в табл. 3.1, 3.2.

Т а б л и ц а 3.1

Общие технические характеристики

№ п/п	Наименование параметров	Величина
1	Номинальная грузоподъемность, кг	2,5
2	Точность позиционирования на схвате, мм	+ 0,1
3	Максимальная скорость перемещения схвата с максимальной нагрузкой:	
	свободный ход, м/с	1,0
	ход по прямой линии, м/с	0,5
4	Статическая сила, развиваемая схватом с инструментом, Н	60
5	Тип привода	Электрический, постоянного тока
6	Число степеней подвижности	6 (вращательное)
7	Масса манипулятора, кг	62
8	Средний срок службы, лет	10

Т а б л и ц а 3.2

Технические характеристики по степеням подвижности

Степени подвижности	Радиус действия	Максимальная скорость, рад/с	Максимальный вращающий момент, Н·м
1	320	1,4	67
2	260	0,9	113
3	280	2,1	57
4	280	4,0	14
5	200	4,2	12
6	530	4,0	14

3.2. Устройство и принцип работы

Промышленный робот PUMA-560 состоит из:

- а) манипулятора;
- б) системы управления, выполненной в виде стойки.

Манипулятор электромеханического типа имеет 6 степеней подвижности. Манипулятор построен по антропоморфной схеме, т.е. по аналогии с рукой человека. Все кинематические пары - вращательные. Причем приводные электродвигатели располагаются непосредственно на звеньях манипулятора, что позволяет избежать сложных передаточных механизмов от приводного двигателя к звену, но увеличивает перемещаемую массу манипулятора.

Схема манипулятора ПР PUMA-560 показана на рис. 3.1.

Звенья манипулятора имеют следующие названия:

колонна - 1; плечо - 2; нижнее звено - 3; верхнее звено - 4; запястье - 5.

Суставы манипулятора:

талия - 6; плечо - 7; локоть - 8; запястье - 9, 10, 11.

Геометрические характеристики рабочей зоны манипулятора показаны на рис. 3.2. Максимальный вылет руки составляет 0,864 м.

Перемещение схвата манипулятора осуществляется согласованным

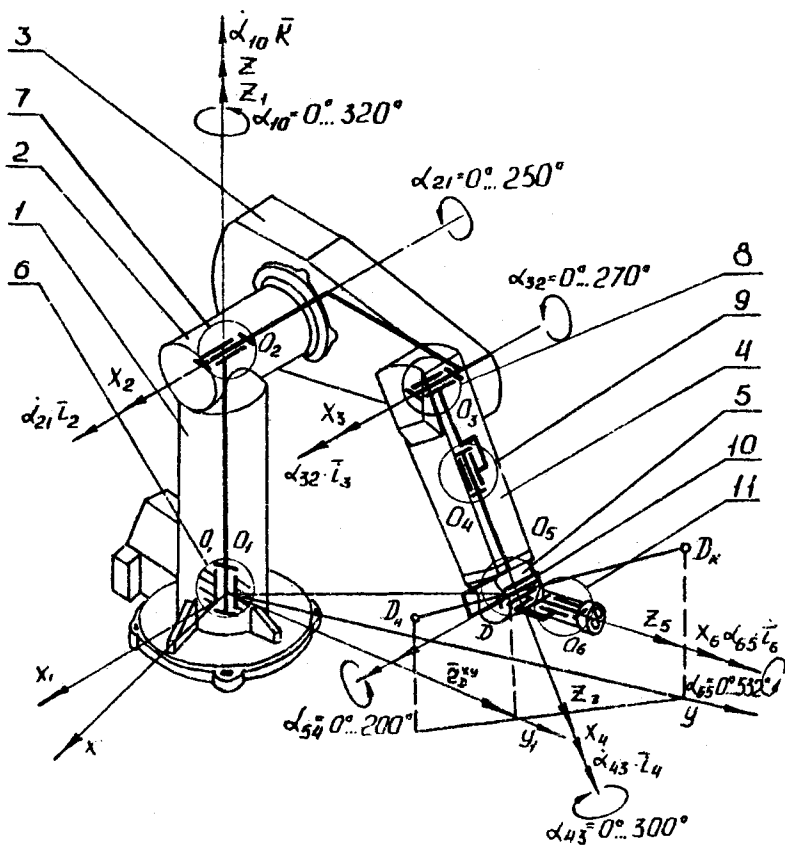


Рис.3.1. Схема манипулятора ПР РИМА-560

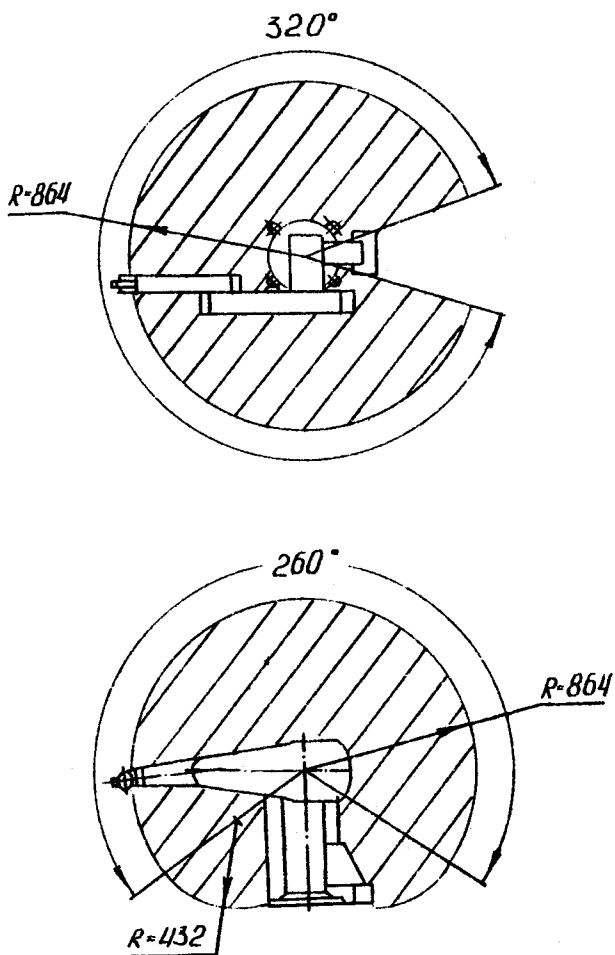


Рис.3.2. Рабочая зона манипулятора ПР РИМА-560

вращением звеньев манипулятора, причем каждое звено приводится в движение собственным электродвигателем и передачей. Для контроля правильности движения звеньев каждый приводной электродвигатель имеет датчики положения и скорости, сигналы от которых по каналам обратной связи поступают в систему управления ПР.

3.3. Кинематическая схема манипулятора

3.3.1. Талия - сустав I

Движение от электродвигателя Д1, неподвижно закрепленного на основании манипулятора, через ведущую цилиндрическую шестерню I и ведомое колесо 2 передается на промежуточный вал В1, а с вала В1 через цилиндрическую шестерню 3 и большое колесо 4 - на вал В2 колонны, что обеспечивает вращение плеча вокруг оси симметрии колонны. Зубчатые передачи I-2 и 3-4 образуют двухступенчатый редуктор ($i \approx 60$).

3.3.2. Плечо - сустав 2

Движение от электродвигателя Д2, расположенного на нижнем звене, через ведущую коническую шестерню 5 и ведомое колесо 6 передается на вал В3, на другом конце которого имеется цилиндрическая ведущая шестерня 7. Последняя, вращаясь, обегает большое колесо 8, неподвижно закрепленное на плече, и тем самым поворачивает нижнее звено, сидящее на валу В4, относительно плеча. Зубчатые передачи 5-6 и 7-8 образуют двухступенчатый редуктор ($i \approx 50$).

3.3.3. Локоть - сустав 3

Движение от электродвигателя Д3, также расположенного на нижнем звене, передается через приводной вал В5, ведущую коническую шестерню 9 (на валу В6) и ведомое колесо 10 на промежуточный вал В7. С вала В7 движение передается через ведущую цилиндрическую шестерню 11 ведомому большому колесу 12, неподвижно закреп-

ленному на валу В8 верхнего звена. Благодаря этому последнее поворачивается вокруг оси локтя. Зубчатые передачи 9-10 и 11-12 образуют двухступенчатый редуктор ($i \approx 30$).

3.3.4. Кисть - сустав 4

Движение от электродвигателя Д4, расположенного в верхнем звене, через приводной вал В9, снабженный с обоих концов компенсационными муфтами, передается на вал В10. С этого вала движение через ведущую цилиндрическую шестерню 13 и ведомое колесо 14 передается на промежуточный вал В11 - через ведущую цилиндрическую шестерню 15 на ведомое большое колесо 16, неподвижно закрепленное на стакане сустава 4 запястья. Благодаря этому последнее вращается относительно верхнего звена. Зубчатые передачи 13 - 14 и 15 - 16 образуют двухступенчатый редуктор ($i \approx 20$).

3.3.5. Кисть - сустав 5

Движение от электродвигателя Д5, расположенного также на верхнем звене, передается через приводной вал В12, снабженный с обоих концов компенсационными муфтами, на вал В13, а с него через ведущую цилиндрическую шестерню 17 и ведомое колесо 18 - на промежуточный вал В14. С вала В14 движение передается через ведущую коническую шестерню 19 на ведомое колесо 20, неподвижно закрепленное на корпусе кинематической пары 5 запястья. Тем самым сустав 5 вращается вокруг оси симметрии вала 15. Зубчатые передачи 17-18 и 19-20 образуют двухступенчатый редуктор ($i \approx 15$).

3.3.6. Кисть - сустав 6

Движение от электродвигателя Д6, расположенного так же, как и двигатели Д4, Д5, и на верхнем звене передается через приводной вал В16, снабженный с обоих концов компенсационными муфтами, на вал В17, а с него через ведущую коническую шестерню 21 и ведомое колесо 22 - на вал В18. С вала В18 движение передается через ве-

дущую коническую шестерню 23 и ведомое колесо 24 на вал В19, на торце которого расположен фланец крепления рабочего органа (схвата) ПР. Передачи 21-22 и 23-24 образуют двухступенчатый редуктор ($i \approx 20$).

Поставляемый схват с пневматическим приводом представляет собой пневмоцилиндр возвратно-поступательного действия, два пальца с губками, перемещающимися по прямолинейным направляющим, и системы шарнирных тяг, связывающих шток цилиндра с пальцами.

3.3.7. Кинематическое взаимовлияние звеньев

Суставы 1, 2 и 3 кинематически независимы друг от друга и от суставов 4-6.

При вращении кисти в суставе 4 из нейтрального положения в одно из крайних параллельность валов В12 и В16 нарушается. Их концы, обращенные к кисти, увлекаются ее вращением, а оси самих валов образуют в пространстве скрепляющиеся прямые. При вращении кисти в суставе 4 происходит также обкатка зубчатых колес 18 и 22 вокруг шестерен соответственно 17 и 21, и как следствие - поворот звеньев в суставах 5 и 6 без участия их приводов Д5 и Д6. Поэтому для того, чтобы сохранить неизменное положение звеньев кисти в суставах 5 и 6 при вращении сустава 4, требуются определенные компенсационные противодвижения, обрабатываемые двигателями Д5 и Д6.

Аналогичная картина влияния наблюдается при работе сустава 5 по отношению к суставу 6.

Работа суставов 6 не влияет на работу суставов 4 и 5, а сустава 5 - на сустав 4.

3.3.8. Состав блока электродвигателя

Блок каждого электродвигателя (рис.33) содержит следующие кинематические элементы: собственно электродвигатель ЭД с электромагнитным тормозом якоря ЭМТ; инкрементальный датчик ДИ, связанный с валом двигателя скользящей дисковой муфтой; потенциомет-

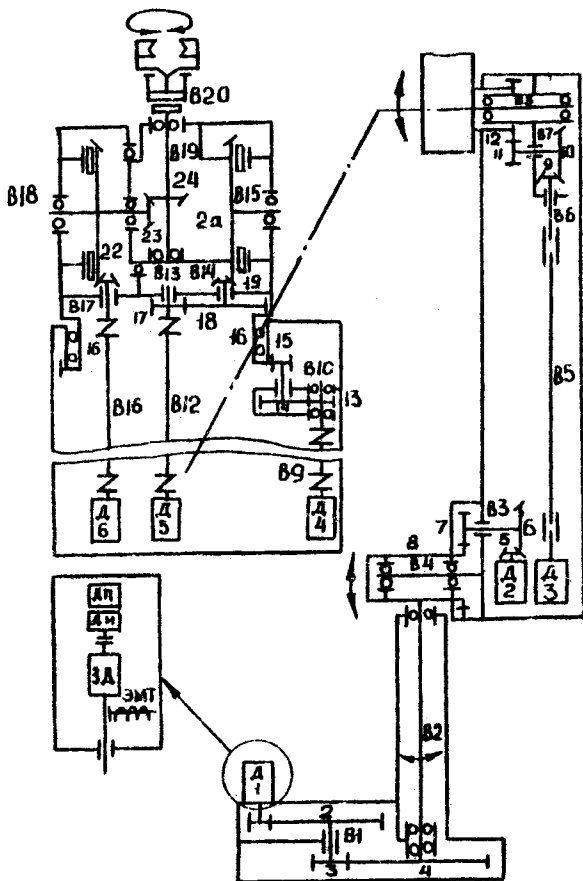


Рис.3.3. Кинематическая схема манипулятора
 ПР РУМА-560

рический датчик ДП, связанный с валом двигателя через редуктор, образованный цилиндрическими шестернями.

3.4. Особенности конструктивного исполнения манипулятора ПР РИМА-560

3.4.1. Талия - сустав I

Колонна ПР I представляет собой литую корпусную деталь из алюминиевого сплава, выполненную в виде трубы с установочным фланцем на одном из его концов. В месте перехода трубы во фланец имеется 3 наклонных ребра жесткости, которые имеют осевое продолжение по всей длине трубы. Четвертое наклонное ребро жесткости не нужно, т.к. его роль выполняет прилив с посадочным местом под двигатель сустава I (рис. 3.4).

На фланце имеется 4 отверстия под болты (шпильки) М12 для крепления манипулятора к монтажной позиции (подставке). Последняя должна быть достаточно прочной и жесткой, т.к. момент силы реакции при повороте плеча манипулятора может достигать 136 Н·м. На фланце имеется также 2 противорасположенных отверстия под установочные штифты, которые служат для точного позиционирования манипулятора на подставке.

Прилив под двигатель - пустотелый, внутри уложена электропроводка, идущая от двух разъемов 2, закрепленных на радиальной по отношению к фланцу торце прилива. На верхней установочной площадке прилива четырьмя винтами крепится электродвигатель 3. Крепление выполнено с возможностью подвижки двигателя по плоскости для устранения люфта в зубчатом зацеплении 1-2 (здесь и далее нумерация в скобках соответствует позициям элементов на кинематической схеме (рис. 3.3). Снаружи двигатель 3 закрывается защитным кожухом, который крепится 4-мя винтами (кожух на рис. 3.3 не показан).

Основание плеча 4 (вращающаяся часть сустава I) выполнено в виде двух пересекающихся под прямым углом труб. Вертикальная

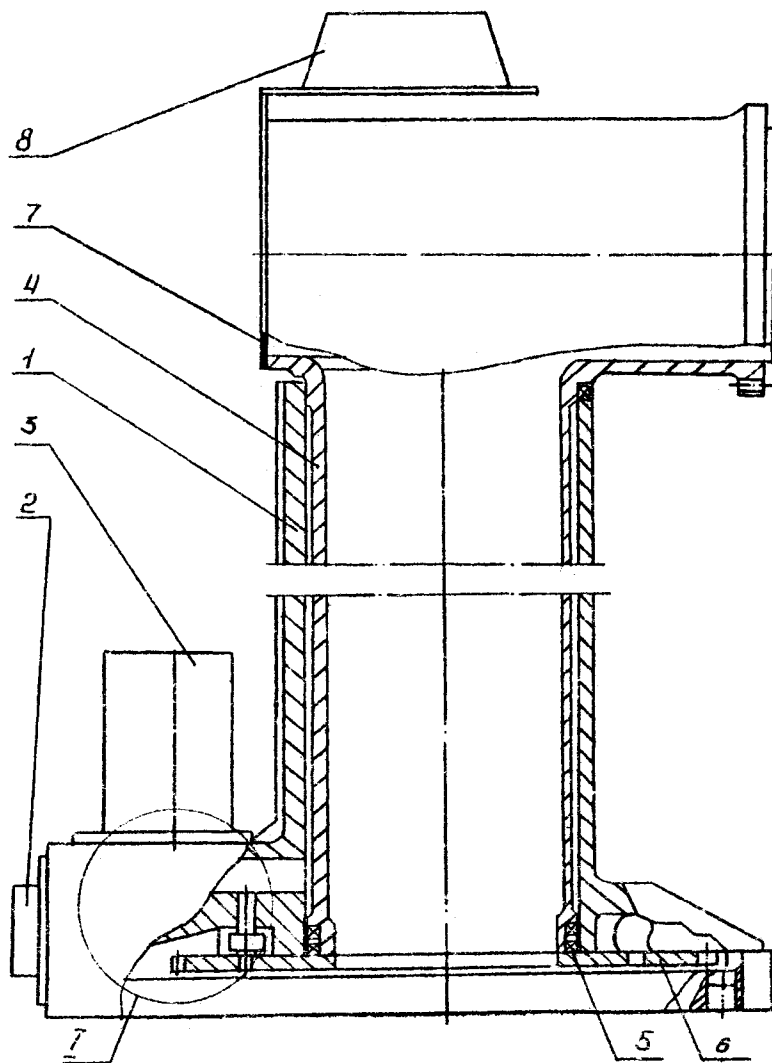


Рис. 3.4. Колонна ПР I

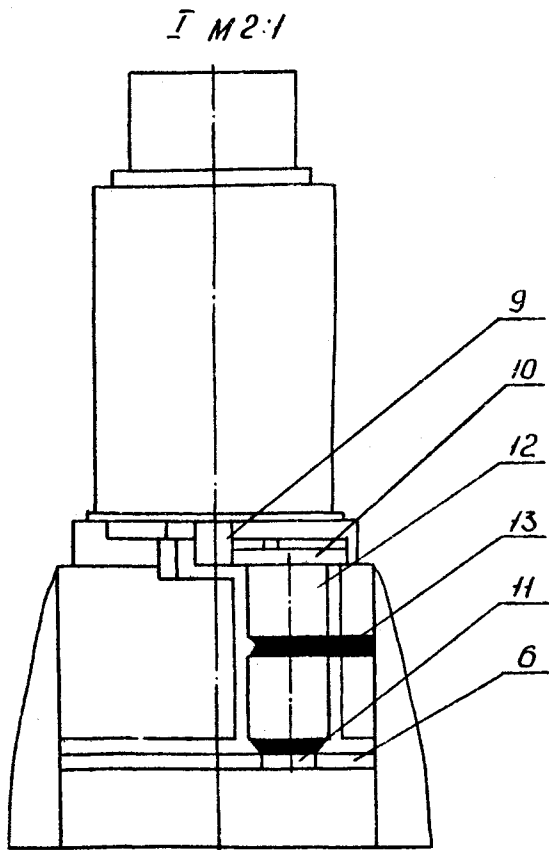


Рис. 3.5. Редуктор сустава I

труба основания плеча установлена внутри и концентрично трубе колонны манипулятора в подшипниках качения 5. Нижняя опора содержит двоярный подшипник, верхняя - одиночный. К нижнему торцу вертикальной трубы основания плеча жестко прикреплено большое ведомое зубчатое колесо 6 (4).

В горизонтальной трубе основания плеча размещаются подшипниковые опоры собственного плеча (вращающаяся часть сустава 2). На противоположном от плеча торце горизонтальной трубы основания винтами крепится крышка 7. На последней может устанавливаться фонарь предупредительной световой сигнализации 8.

Внутри труб основания плеча укладывается электропроводка и трубка подвода сжатого воздуха от штуцера на приливе колонны к штуцерам на передней руке для пневмосети схвата (степень очистки от влаги и механических включений - по 8 классу ГОСТ 17433-80, максимальный расход - 0,028 м³/с при давлении 710 кПа). Редуктор сустава I (см. рис. 3.5) образован зубчатыми колесами 9-10 (I-2) и II-6 (3-4). Шестерня 9 нарезана непосредственно на выходном валу электродвигателя 3 (Д1). Подшипниковые опоры качения промежуточного вала (В1) расположены внутри эксцентриковой втулки I2, которая установлена в расточке прилива колонны с возможностью поворота вокруг своей оси. Осевое положение втулки фиксируется запорным кольцом I3, а регулируемое угловое положение - стопорным винтом. Вращение втулки для выборки люфта в зацеплении II-6 (3-4) осуществляется поворотом специально предусмотренной для этой цели регулировочной манжеты втулки. Поворот ведет к изменению положения шестерни II (3) относительно колеса 6 (4), а следовательно, и зазора в зацеплении. При этом происходит и изменение положения колеса 10 (2) относительно шестерни 9 (1), которое компенсируется подвижкой двигателя при помощи двух регулировочных винтов (рис. 3.5).

3.4.2. Плечо - сустав 2

Вращением плеча в суставе 2 осуществляется поворот нижнего звена. Корпус I этого звена представляет собой плоскую продолговатую деталь коробчатой формы, литую из алюминиевого сплава. Окна в корпусе закрываются четырьмя крышками с резиновыми уплотняющими прокладками по периметру (рис. 3.6).

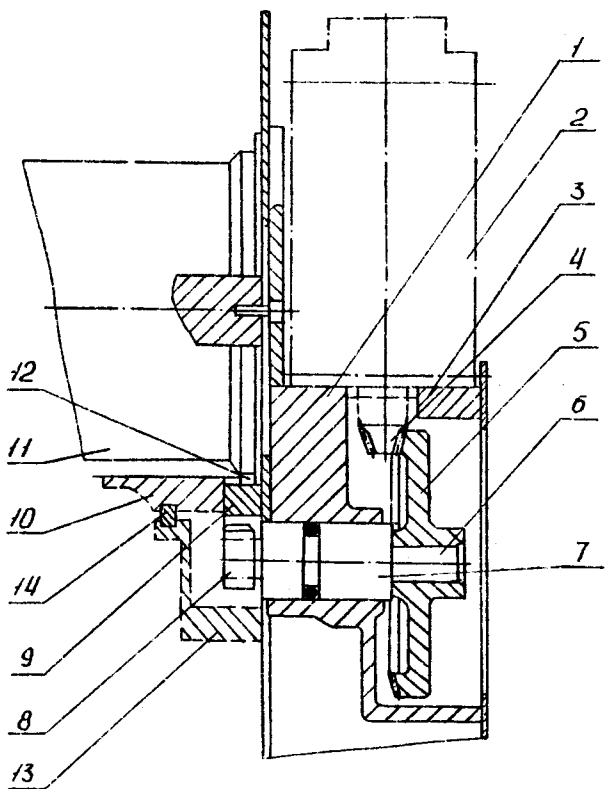


Рис. 3.6. Плечо - сустав 2

Двигатель 2 (Д2) сустава 2 крепится в корпусе своим торцовым фланцем при помощи 4-х винтов. Однозначность его положения обеспечивается центрирующим посадочным цилиндрическим пояском 3. Шестерня 4 (5) нарезана непосредственно на выходном валу двигателя.

Промежуточный вал 6 (В3) редуктора установлен в эксцентриковой втулке 7, назначение и конструктивное исполнение которой аналогично описанной втулке 12 редуктора сустава I (рис. 3.3). Втулка 7 вращается специальным регулировочным винтом.

На валу 6 жестко посажены шестерни 5 (6) и 8 (7). Последняя входит в зацепление с колесом 9, жестко посаженным на торце горизонтальной трубы 10 основания плеча. Вал II (В4) звена устанавливается в трубе 10 в подшипниках качения 12. Зубчатое зацепление 8-9 защищено от внешних воздействий крышкой 13 с уплотнительным кольцом 14.

3.4.3. Локоть - сустав 3

Двигатель (Д3) (на рис. 5.7 не показан) привода локтя также расположен в корпусе I нижнего звена рядом с двигателем-приводным валом 2 (В5) с жесткими некомпенсирующими муфтами 3 в виде втулок. Конструктивное оформление установки валов 4 (6) и 5 (7) в корпусе I аналогично описанной выше установке вала (В1) редуктора сустава I (рис. 3.3). Цилиндрическое зубчатое колесо 6 (12) жестко закреплено винтами на корпусе 7 передней руки и сцентрировано по внутреннему посадочному диаметру. Подшипниковые опоры вала (В8) верхнего звена смонтированы в стакане 8. Выбор локфтов в зацеплениях осуществляется поворотом эксцентриковых втулок 8 и 9 при помощи специальных регулировочных винтов.

3.4.4. Запястье - сустав 4

Электродвигатель 2 (Д4) сустава 4, как и двигатели 3,4 (Д5, Д6) других суставов запястья, расположен в верхнем звене около оси локтя и крепится к корпусу I руки винтами 5 при помощи фланца 6 с центрированием по цилиндрическому пояску 7.

Корпус верхнего звена так же, как и нижнего, представляет собой

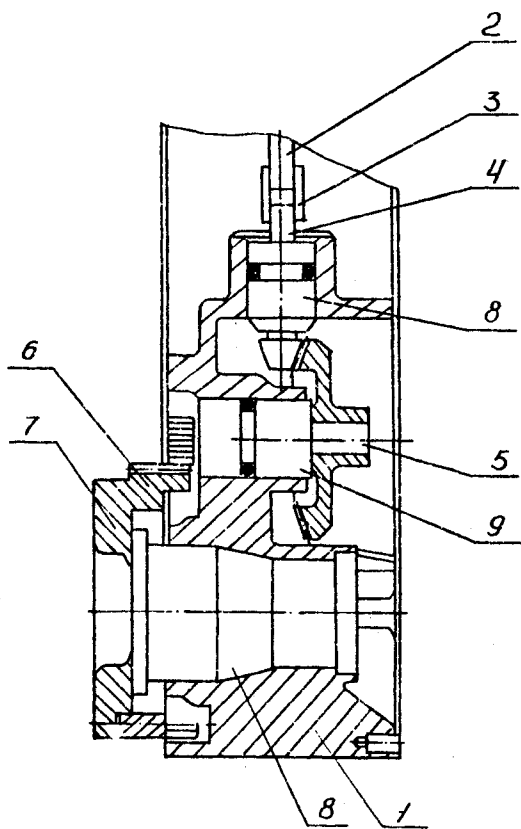


Рис. 3.7. Локоть - сустав 3

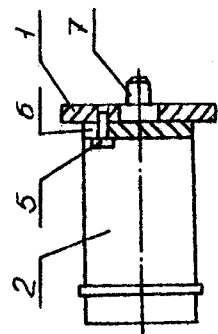
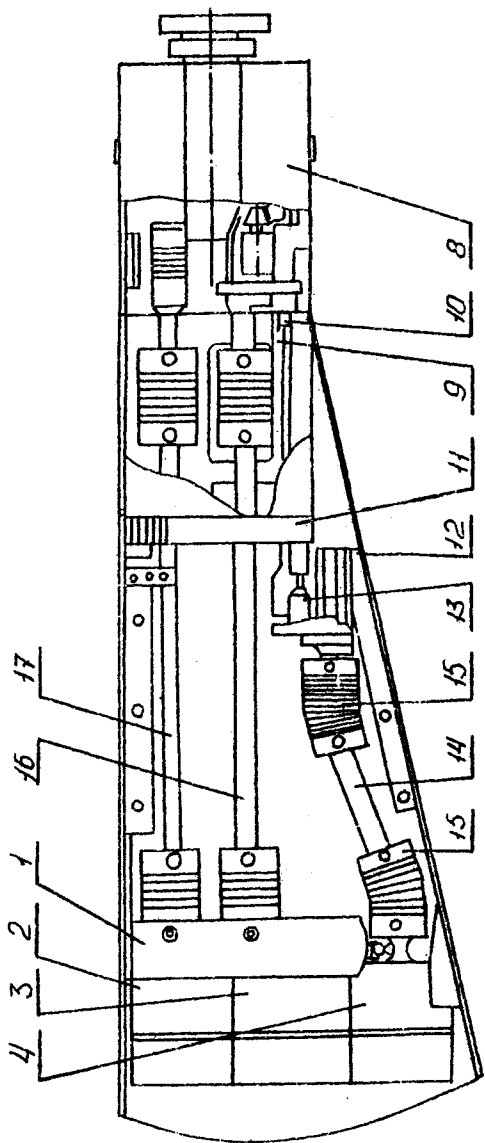


Рис. 3.8. Запясъгъе - сугстав 4

литую из алюминиевого сплава деталь коробчатой формы. Окна в корпусе закрываются крышками с плоскими резиновыми уплотнениями. На боковой поверхности корпуса установлены на резьбе два штуцера пневмосистемы схвата (от штуцеров передача давления на схват и сообщение с атмосферой осуществляется наружными гибкими трубками).

Кисть 8 жестко крепится к фланцу стакана 9 сустава 4 винтами. Стакан установлен в корпусе I руки в 2-х подшипниках качения 10. Зубчатое колесо II привода вращения стакана нарезано на противоположном от кисти конце стакана и входит во внешнее зацепление с выходной ведущей шестерней (на рис. 3.8 не видна) редуктора 12 сустава 4. Валы редуктора (VIC, VII) установлены в подшипниках качения внутри эксцентриковых втулок 13. Вращение втулок при регулировке зазора в зацеплениях (13-14) и (15-16) осуществляется регулировочными винтами, образующими с втулками червячную передачу. После регулировки положение червячного винта фиксируется стопорным винтом.

Выходной вал двигателя 2 (Д4) и входной вал (B10) редуктора 12 связаны приводным валом 14 (B9) посредством 2-х компенсирующих муфт 15, что позволяет компенсировать конструктивное и монтажное поперечное, продольное и угловое смещение валов двигателя 2 (Д4) и редуктора 12 (B10), а в приводе суставов 5,6-валы 16 (B12), 17 (B16) с аналогичными муфтами обеспечивают также передачу вращения в условиях пространственного перемещения одного из концов вала. При этом сохраняется высокая точность передачи углового движения (практически отсутствует скручивание муфт).

Конструктивно муфта 15 представляет собой втулку в виде толстостенной трубы. В стенке втулки выполнена сквозная винтовая прорезь, и втулка фактически превращается в винтовую пружину с прямоугольным сечением витка. Размер сечения в радиальном направлении превосходит размер в осевом направлении, что обеспечивает пружине повышенную податливость на растяжение-сжатие, а следовательно, и на изгиб (растяжение-по одной образующей, сжатие-по противоположной), и повышенную жесткость на кручение.

3.4.5. Запястье - сустав 5

Корпус запястья, в котором расположены суставы 5 и 6, состоит из двух половин I и 2, объединенных болтовым соединением через фланец 3. Последний крепится к стакану сустава 4 (см. рис. 3.8).

Крепление двигателя 3 (Д5) (см. рис. 3.8) и конструкция приводного механизма I6 (B12) для запястья аналогичны описанным выше для сустава 4.

Вал 4 (B13) (рис. 3.9) с шестерней 5 (I7) установлен в эксцентриковой втулке 6 на подшипниках качения. Втулка 6 установлена в расточках фланца 3 и корпуса I с возможностью проворота вокруг своей оси. Этот проворот осуществляется для выборки люфта в зацеплении (I7-I8) при помощи регулировочного червячного винта 7, взаимодействующего с червячным колесом 8, нарезанным непосредственно на наружной стороне втулки 6. Для фиксации отрегулированного углового положения втулки служит стопорный винт 9. Осевое положение втулки фиксируется стопорным кольцом I0, контактирующим с кольцевой выточкой корпуса I. Для обеспечения зацепления колеса II (I8) с шестерней 5 (I7) во втулке 6 выполнено окно. Втулка 6 вместе с втулками остальных двух входных валов кисти I6, I7 (B12, B17) служит одновременно базирующим элементом для обеспечения точного взаимоположения фланца 3 и корпуса I, т.е. осей ведущих шестерен I2, I4 (I9, 2I) и ведомых колес I3, I5 (20, 22).

Опора вала I6 (B14) конструктивно выполнена аналогично валу 4 (B13).

Колесо I3 крепится винтами I8 к торцу корпуса I9 подвижной части сустава 5. Корпус выполнен в виде пустотелого ступенчатого стакана, на торце большего цилиндра которого радиально расположен фланец 20 с подшипниковым узлом 2I для установки вала 22 (B19) сустава 6. Относительно корпуса I9 колесо I3 точно базируется на валу 23 (B15). Вся сборка корпус I9 - вал 23 - колесо I3 установлена в корпусе 2-3 кисти на радиальных 24, 25 и упорном 26 подшипниках качения. Осевая нагрузка на корпус I9 в направлении от упорного подшипника 26 воспринимается упорным подшипником 27 через вал 28 (B18) сустава 5.

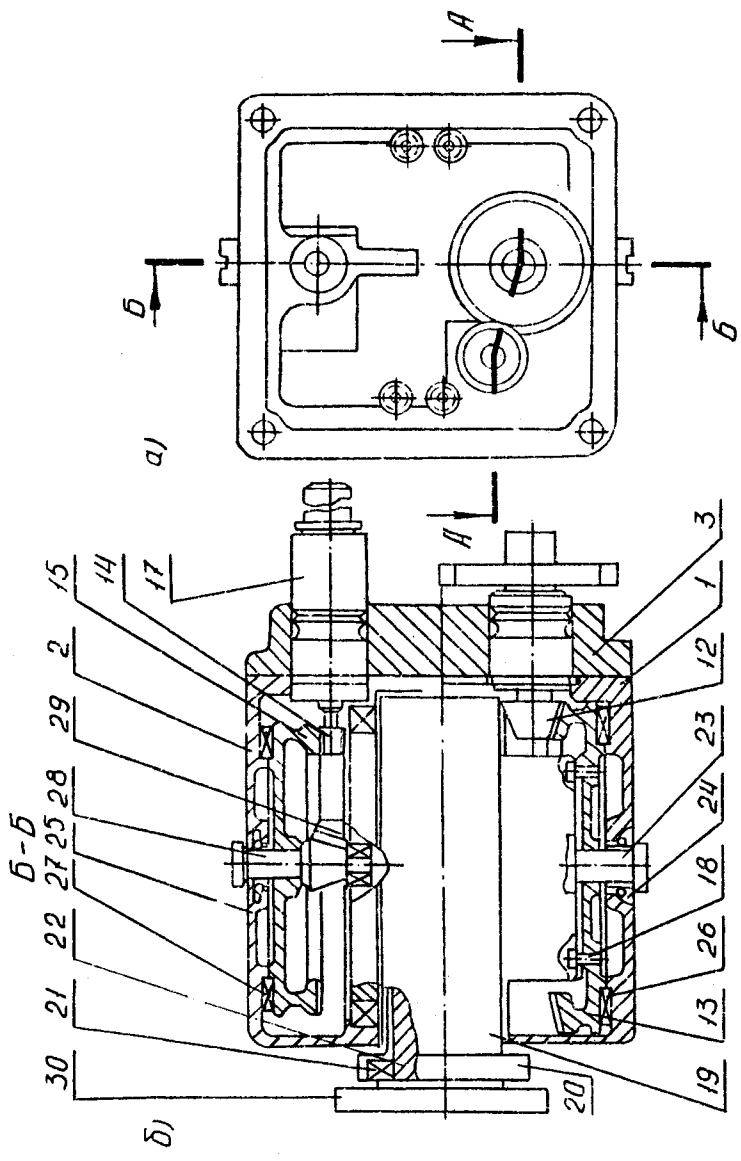


Рис. 3.9. Запаягье - сугав 5

3.4.6. Запястье - сустав 6

Конструктивное исполнение кинематической цепи сустава 6 от двигателя до вала 28 (В18) аналогично соответствующим элементам сустава 5. Вторая подшипниковая опора 29 вала 28 (В18) смонтирована в расточке корпуса 19. Подвижная часть сустава 6, т.е. выходной вал 22 (В19) с монтажным фланцем 30 для крепления рабочего органа, установлена в корпусе 19 на подшипниках качения 21. Регулировка зазора в зацеплении (23-24) осуществляется осевой подвижкой колеса (24) при помощи равномерного перемещения трех регулировочных винтов, расположенных по окружности в торце фланца 30.

3.4.7. Конструктивные особенности манипулятора, обеспечивающие ему при заданной грузоподъемности высокую точность и динамические характеристики, а также их стабильность во времени

На точность манипулятора, в основном, влияют следующие факторы (вопросы влияния системы управления и датчиков здесь не рассматриваются):

кинематическая точность передач (количество зубчатых передач, точность и люфт зубчатого зацепления каждой передачи, передаточное отношение, деформации кручения валов и муфт);

упругие деформации звеньев (нагрузки, собственный вес, место приложения усилий, геометрические параметры, форма и материал несущих конструкций и валов, расположение опор и баз);

смещения, вызванные наличием зазоров в опорах (величина зазоров в каждой опоре, количество и взаимное расположение опор, величина базы опор).

На динамические характеристики, в основном, влияют следующие факторы:

динамические характеристики электродвигателей;

величина и пространственное распределение перемещаемых масс;

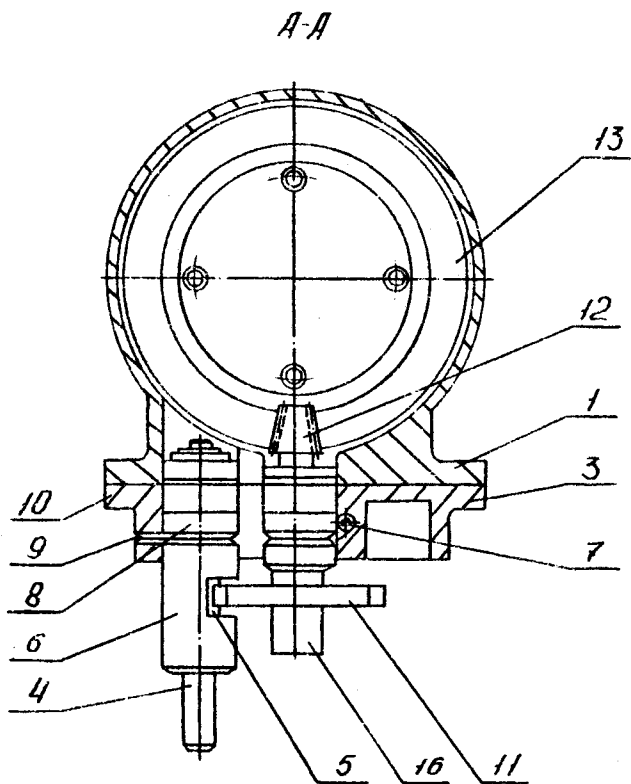


Рис. 3.10. Запястье - сустав 6

люфты как возможная причина возникновения автоколебаний.

На стабильность характеристик во времени влияют следующие факторы:

величина и характер действия статических и динамических нагрузок;

прочность, долговечность, износостойкость, смазка, габариты и форма нагруженных элементов;

люфты (ударные нагрузки при инерционной выборке зазоров).

Все указанные факторы учтены в конструкции манипулятора ПР РИМА - 560. Ниже рассматривается, каким образом осуществлен этот учет. Схема манипулятора "Приводы на звеньях" позволила свести к минимуму длину кинематических цепей и кинематическую зависимость звеньев друг от друга. Привод каждого звена содержит не более двух зубчатых зацеплений, высокая точность которых и наличие механизма выборки люфта в них обеспечивает высокую точность передачи движений в целом. Для уменьшения погрешности кинематических цепей, вызванной деформацией скручивания валов, наиболее нагруженные и длинные из них выполнены в виде труб большого диаметра (В2, В4, В8, В19, стакан сустава 4). В наибольшей степени подвержены деформациям на изгиб известные конструкции компенсирующих муфт. Однако имеющаяся в ПР РИМА-560 оригинальная конструкция (см. раздел 3.4.4) такой муфты практически исключает деформацию кручения, обеспечивая при этом требуемую повышенную податливость на изгиб и растяжение - сжатие. Муфта проста по конструкции (3 детали) и не содержит подвижных элементов, за счет чего обеспечивается ее высокая надежность и долговечность.

С точки зрения теории сопротивления материалов манипулятор ПР РИМА-560 представляет собой консольную балку переменного сечения, воспринимающую неравномерно распределенную статическую и динамическую нагрузку (собственный вес звеньев, вес детали со схватом или инструментом). Наибольшая статическая нагрузка действует в вертикальной плоскости, динамическая - в горизонтальной. Балка состоит из шарнирно соединенных звеньев, замыкание шарниров - силовое (замыкаются электромагнитными силами между статором и ротором электродвигателей). Требуемый значительный стопорящий и поворачивающий шарниры момент (до 136 Н·м для сустава I) обеспечива-

ется ограниченной величиной момента сопротивления и вращения вала электродвигателей благодаря большому передаточному отношению от каждого электродвигателя до сустава. Эти передаточные отношения колеблются от 60...30 для наиболее нагруженных первых до 20...15 - для менее нагруженных последних.

Схемы манипуляторов с точки зрения обеспечения минимальных упругих деформаций являются неблагоприятными (разомкнутая кинематическая схема с рабочей нагрузкой на консоли). Этим объясняется относительно малое отношение "грузоподъемность - собственный вес". В частности, для ПР РУМА-560 оно составляет 4%.

В целом исполнение манипулятора ПР РУМА - 560 является примером исключительно удачного конструктивного решения.

Колонна в виде трубы с продольными ребрами жесткости и фланцем, усиленным наклонными ребрами - "косынками", обеспечивает большую жесткость конструкции на изгиб, одинаковую для всех угловых положений талии. Трубчатую конструкцию имеет также корпус плеча.

Корпуса нижнего и верхнего звеньев имеют монококовую конструкцию. (Моноккок - метод конструирования, при котором наружные корпусные детали несут всю или часть нагрузки). Это обеспечивает максимальную прочность и жесткость при минимальном весе. Кроме того, высота корпусов рук в поперечном сечении превосходит ширину, чем достигается большая жесткость в направлении больших нагрузок, а по мере удаления от шарниров площадь сечения уменьшается, что приближает руки к балкам равного сопротивления. Все это обеспечивает рациональное использование несущей способности материала корпусов, т.е. снижение их веса.

Все тяжело нагруженные и длинные валы (В2, В4, В8, стакан сустава 4, корпус сустава 5, В19) манипулятора выполнены в виде труб, т.е. профилей, с помощью которых достигаются наибольшие устойчивость и жесткость на изгиб и кручение. При этом в их опорах применяются подшипники больших диаметров, но более легких серий, что обеспечивает при сохранении веса конструкции большую несущую способность, плавность вращения, долговечность.

Подшипниковые опоры всех валов максимально разнесены в пределах габаритов звеньев и приближены к точкам приложения нагрузок.

Это обеспечивает повышенную жесткость, минимальные реакции в опорах от изгибающих моментов, снижение влияния деформации и зазоров в опорах при смещении выходного звена (угол наклона оси вала в целом).

Все зубчатые колеса, непосредственно связанные с перемещаемыми звеньями (4,8,12,16,19,24), имеют максимально возможный диаметр при имеющихся габаритах корпусов. Это позволяет при одном и том же моменте сопротивления уменьшить усилия в зацеплениях, а следовательно, уменьшить деформации зубьев, влияние этой деформации и люфта на угловое смещение звена в целом.

Кроме описанных мер облегчения конструкции в манипуляторе осуществлено также рациональное размещение масс. Центры тяжести рук приближены к центрам их вращения. Для этого узлы в звеньях располагаются по обе стороны от сустава, причем более массивные части корпуса и узлы — такие, например, как электродвигатели, — располагаются на коротком плече. Таким образом, конструкция звена полностью или частично уравнивается, что снижает требуемую мощность (массу) двигателя на преодоление статических нагрузок. Для уменьшения динамических нагрузок (моментов инерции) массивные узлы расположены максимально близко к оси вращения сустава.

3.4.8. Конструктивные особенности манипулятора, обеспечивающие удобство эксплуатации

Звенья манипулятора имеют правильную геометрическую форму с гладкой поверхностью без выступающих и вдающихся элементов. Это повышает безопасность персонала при работе с ним.

Корпуса имеют минимальное количество крышек, при снятии которых обеспечивается хороший доступ ко всем внутренним устройствам.

Регулировку зазоров во всех зубчатых зацеплениях (всего 12) можно производить, не снимая крышек со звеньев. Для этого достаточно снять пластиковые пробки с регулировочных отверстий. Только

регулировка в суставе I требует снятия крышки двигателя. Смазка всех механизмов производится одним и тем же способом - через специальные отверстия. Лишь некоторые зацепления смазываются непосредственным нанесением смазки на кромки колес.

Удобством и надежностью в эксплуатации отличается оригинальная конструкция крепежных элементов крышек. Здесь вместо обычных винтов используется специальный винт с винтовой и запирающей канавками, образующий с двумя внутренними выступами съемной гайки байонет. При этом запирающая пружина гайки служит одновременно для крепления ее самой в прямоугольном гнезде тонкостенного корпуса. Назовем преимущества такого крепления по сравнению с обычным винтовым:

не подвержен ослаблению предварительной затяжки, вызванной релаксацией напряжений;

не подвержен самоотвинчиванию при вибрациях;

быстросъемность (для фиксации достаточно 0,5 оборота);

нет трудностей крепления к тонкостенным деталям (не требует нарезки в них резьбы либо крепления гаек).

4. АВТООПЕРАТОРЫ ФИРМЫ "БОИНГ"

4.1. Автооператор поворотный (ПВ)

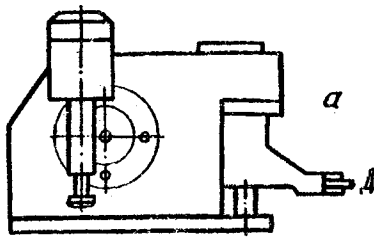
На рис. 4.1 изображен внешний вид и цикл перемещений точки Д схвата автооператора фирмы "Боинг" - поворотный ПВ.

За начальную точку цикла перемещений выбрано крайнее правое нижнее положение "0" (рис. 1б). Цикл перемещений точки Д схвата автооператора замкнут и предусматривает последовательное прохождение точек от "0" до "7", после чего (7 - 0)-схват разжимается, и цикл повторяется.

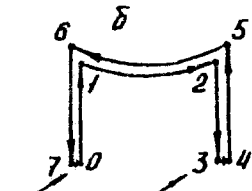
На рис. 4.2 изображена электромеханическая система управления.

Электрическая часть системы управления состоит из переключателя 1, диодного выпрямителя 2 и электродвигателя постоянного тока 3.

Механическая часть СУ состоит из маховика 4 ручной наст-



- 0-1 Подъем руки
- 1-2 Поворот руки
- 2-3 Опускание руки
- 3-4 Зажим детали
- 4-5 Подъем руки
- 5-6 Поворот руки
- 6-7 Опускание руки
- 7-0 Разжим руки



Крайнее правое
нижнее положение

Крайнее левое
нижнее положение

Рис. 4.1. Цикл перемещений точки *A* остова автооператора фирмы "Бсинг" ПВ

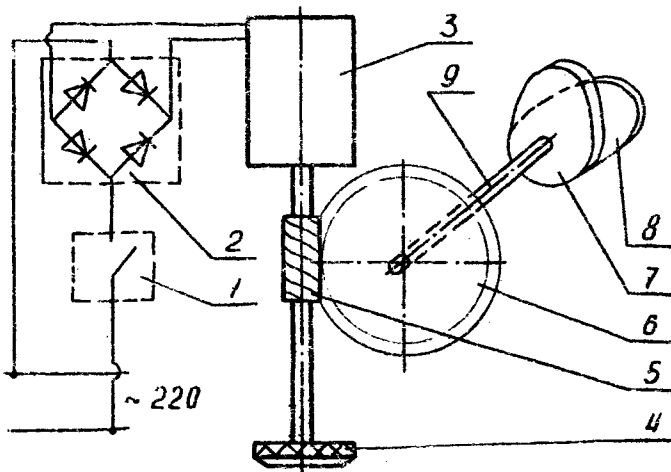


Рис. 4.2. Электромеханическая система управления

ройки исходного положения руки автооператора, червячка 5 и червячного колеса 6, а также кулачка I - 7 и кулачка 2 - 8, жестко закрепленных на приводном валу 9.

Жесткая СУ работает следующим образом. При замкнутом переключателе I переменный электрический ток поступает на диодный выпрямитель 2, после чего постоянный электрический ток приводит в движение ротор электродвигателя 3, который через червячное зацепление 5-6 передает вращение при помощи приводного вала 9 на кулачки 7 и 8.

На рис. 4.3 изображен механизм поворота руки от кулачка I.

Механизм состоит из кулачка I - I, жестко посаженного на приводной вал 2; ролика 3, закрепленного на звене 4 с возвратно вращательным движением; шатуна 5; прижимных пружин 6; вертикальных направляющих 7, жестко соединенных с поворотной шайбой 8; вала 9, который через подшипник 10 соединен с корпусом II.

Здесь $\varphi_{п.с.}$, $\varphi_{л.с.}$, $\varphi_{л.}$, $\varphi_{п.}$ - фазовые углы кулачка, соответствующие правому и левому неподвижному положению поворотной шайбы - соответственно $\varphi_{п.с.}$ и $\varphi_{л.с.}$ и переходу из одного положения в другое - $\varphi_{л.}$ и $\varphi_{п.}$.

$$\varphi_{п.с.} + \varphi_{п.} + \varphi_{л.с.} + \varphi_{л.} = 2\pi ;$$

$$T_{п.с.} + T_{п.} + T_{л.с.} + T_{л.} = T ;$$

$T_{п.с.}$, $T_{л.с.}$, $T_{п.}$, $T_{л.}$ - время поворота кулачка на соответствующие углы.

$$2\pi = \omega_k \cdot T ,$$

где T - быстроедействие (цикловое время поворота руки).

Механизм поворота работает следующим образом. Вращение от электродвигателя через приводной вал 2 передается кулачку I-I. Под воздействием прижимных пружин 6 ролик 3 постоянно прижат к кулачку I и обкатывается по его поверхности. В результате этого звено 4 и шатун 5 совершают движения, которые преобразуются во вращательные движения поворотной шайбы 8. Таким образом, вертикальные направляющие 7 совершают вращательные движения вокруг оси симметрии поворотной шайбы 8 и производят поворот руки.

На рис.4.4 изображен механизм подъема-опускания руки и зажима-разжима схвата от кулачка 2.

Механизм состоит из кулачка 2 - I, жестко посаженного на приводной вал 2; ролика 3, закрепленного на звене 4 с возвратно-вращательным движением; прижимной пружины 5; вертикальных направляющих 6; цилиндра 7, к которому крепится пластмассовая защелка 8, имеющая выступ 9 и подпружиненная пружиной 10. Звено 4 посредством ролика II соединено с подъемной муфтой 12, к которой крепится с возможностью вращения приводное звено рейки 13, имеющее клиновидный выступ 14. Звено 13 крепится также с возможностью вращения к руке 15 и к валу-рейке 16, которая входит в зацепление с зубчатыми секторами 17, размещенными на губках 18 схвата. Пластмассовая оправка 19 жестко крепится к корпусу 20.

Здесь $\varphi_{вс}$, $\varphi_{нс}$, $\varphi_{н}$, $\varphi_{в}$ - фазовые углы кулачка, соответствующие верхнему и нижнему неподвижному положению звена 4 с возвратно-вращательным движением соответственно $\varphi_{вс}$ и $\varphi_{нс}$ и переходу из одного положения в другое - $\varphi_{в}$ и $\varphi_{н}$.

$$\begin{aligned} \varphi_{в} + \varphi_{нс} + \varphi_{н} + \varphi_{вс} &= \pi ; \\ T_{в} + T_{нс} + T_{н} + T_{вс} &= T/2, \end{aligned}$$

где $T_{в}$, $T_{нс}$, $T_{н}$, $T_{вс}$ - время поворота кулачка на соответствующие углы.

$$\pi = \omega_{к} \cdot \frac{T}{2},$$

где T - быстродействие (цикловое время подъема-опускания руки).

Механизм подъема-опускания работает следующим образом.

Вращение от электродвигателя через приводной вал 2 передается кулачку 2 - I. Под воздействием прижимной пружины 5 ролик 3 постоянно прижат к кулачку 2 и обкатывается по его поверхности, в результате чего звено 4 совершает колебательные движения, которые посредством ролика II преобразуются в возвратно-поступательные движения подъемной шайбы, которая, действуя на цилиндр 7, осуществляет возвратно-поступательные (подъем-опускание) движения руки 15.

Механизм зажима-разжима схвата работает следующим образом. Находясь в крайне левом нижнем положении, губки схвата 18 разжаты, причем выступ 9 пластмассовой защелки 8, находясь в соприкосновении с оправкой 19, переводит защелку 8 в положение II. При движе-

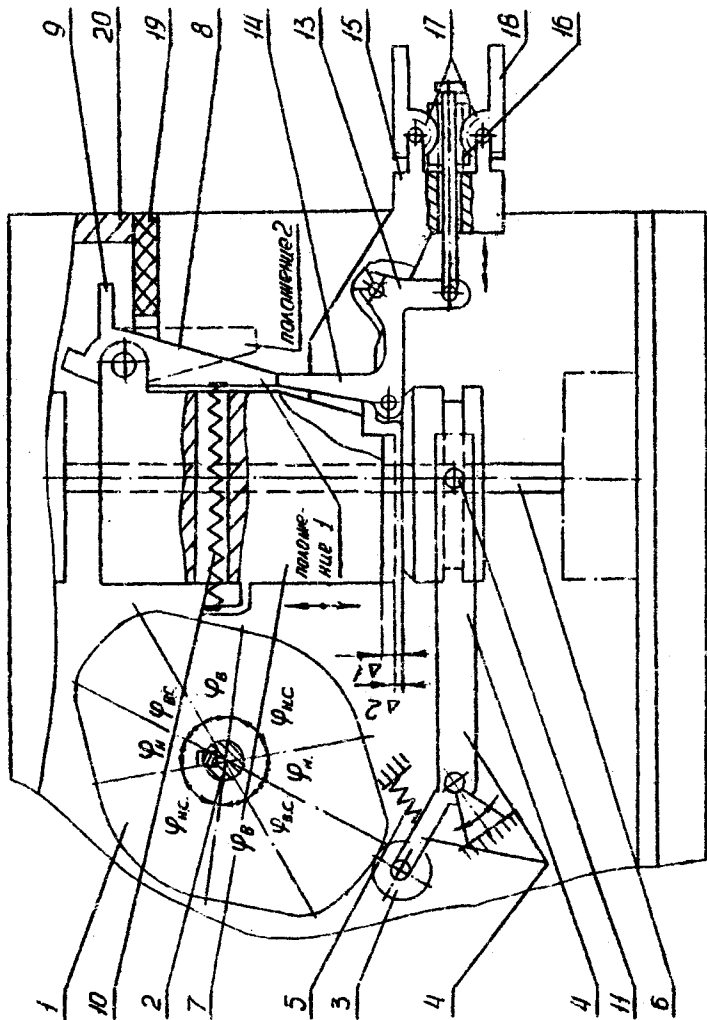


Рис. 4.4. Механизм подъема-опускания руки от кулачка 2 и замыкания-размыкания схвата, автооператор "Боинг" ЛВ

нии подъемной муфты 12 вверх клиновидный выступ 14 проходит между защелкой 8 и цилиндром 7. Расстояние между подъемной муфтой 12 и цилиндром 7 становится равным ($\Delta 2$), в результате чего звено 13 поворачивается на некоторый угол, втягивает вал-рейку 16, и губки схвата сжимаются.

Находясь в крайнем правом нижнем положении, губки схвата 18 разжаты; выступ 9 пластмассовой защелки 8 не находится в соприкосновении с оправкой 19, т.к. в ней имеется соответствующий вырез, и защелка 8 находится в положении I под воздействием пружины 10. При движении подъемной шайбы 12 вверх клиновидный выступ 14 приходит в соприкосновение с защелкой 8. Расстояние между подъемной шайбой 12 и цилиндром 7 становится равным ($\Delta 1$), в результате чего вал-рейка 16 находится в нормальном (не втянутом) положении, и губки схвата разжаты.

4.2. Автооператор поступательный (ПП)

На рис.4.5 изображен внешний вид и цикл перемещений точки Д схвата автооператора фирмы "Боинг" ПП (перемещения поступательные).

За начальную точку цикла перемещений выберем крайнее нижнее втянутое положение. Цикл перемещений точки Д схвата автооператора замкнут и предусматривает последовательное прохождение точек от "0" до "7", после чего (7-0) - схват зажимает деталь, и цикл повторяется.

На рис.4.6 изображена электромеханическая СУ автооператором фирмы "Боинг" ПП.

Электрическая часть СУ состоит из переключателя 1, диодного выпрямителя 2 и электродвигателя постоянного тока 3.

Механическая часть СУ состоит из маховика 4 ручной настройки исходного положения руки автооператора, червяка 5 и червячного колеса 6, а также кулачка 1 - 7, кулачка 2 - 8 и кулачка 3 - 9, жестко закрепленных на приводном валу 10.

Жесткая СУ работает следующим образом. При замкнутом переключателе 1 переменный электрический ток поступает на диодный выпрямитель 2, после чего постоянный электрический ток приводит в

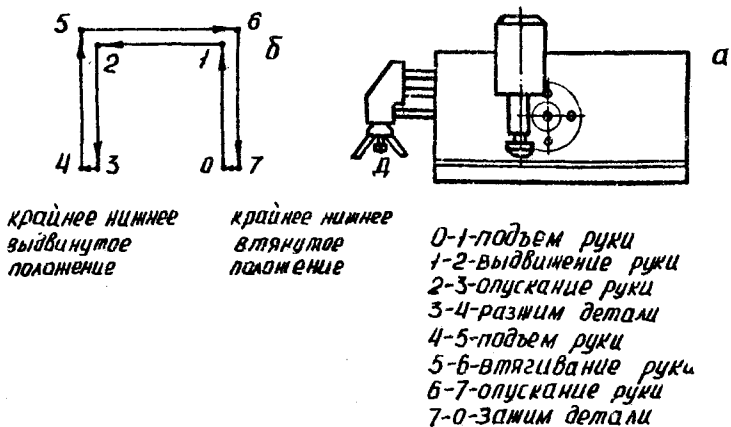


Рис. 4.5. Цикл перемещений точки *D* servста автооператора фирмы "Бойнг" III

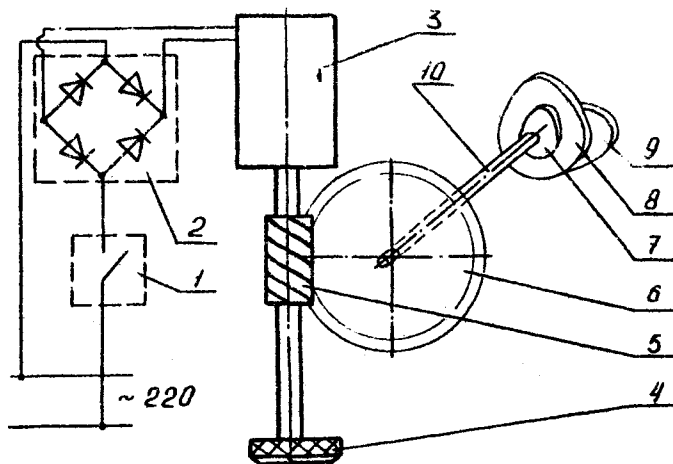


Рис. 4.6. Электромеханическая система управления автооператора фирмы "Бойнг" III

движение ротор электродвигателя 3, который через червячное зацепление 5 - 6 передает вращение при помощи приводного вала 10 на кулачки 7, 8 и 9.

На рис. 4.7 изображен механизм зажима-разжима схвата от кулачка I.

Он состоит из кулачка I-I, жестко посаженного на приводной вал 2; звена с возвратно-вращательным движением 3, посаженного на вал 4 с возможностью вращения вокруг его оси; прижимной пружины 5; направляющих вертикального перемещения 6, жестко прикрепленных к корпусу 7; верхней направляющей 8 и нижней направляющей 9; защелки 10; упора 11; пружины возврата защелки 12; штанги горизонтального перемещения 13; штанги зажима-разжима схвата 14; рейки 15 и губок схвата 16 с зубчатыми секторами 17.

Здесь φ_n , φ_o , $\varphi_{б.с.}$, $\varphi_{д.с.}$ - фазовые углы кулачка, соответствующие ближнему и дальнему неподвижному положению звена 3 с возвратно-вращательным движением соответственно $\varphi_{б.с.}$ и $\varphi_{д.с.}$ и переходу из одного положения в другое,

$$\varphi_n + \varphi_o + \varphi_{б.с.} + \varphi_{д.с.} = 2\pi;$$

$$T_n + T_o + T_{б.с.} + T_{д.с.} = T;$$

T_n , T_o , $T_{б.с.}$, $T_{д.с.}$ - время поворота кулачка на соответствующие углы.

$$2\pi = \omega_k \cdot T;$$

T - быстродействие (цикловое время зажима-разжима схвата).

Механизм зажима-разжима схвата работает следующим образом. Вращение от электродвигателя через приводной вал 2 передается кулачку I-I. Под воздействием прижимной пружины 5 маятниковая планка 3 постоянно прижата к кулачку I.

При нахождении точки II схвата автооператора в крайнем нижнем втянутом положении кулачок I касается звена 3 участком сектора. Звено 3 находится в соприкосновении с защелкой 10 и удерживает ее в положении I. При движении нижней направляющей 9 вверх упор II не соприкасается с защелкой 10, в результате чего расстояние между нижней направляющей 9 и верхней направляющей 8 сокращается до I, рейка 15 втягивается и, действуя на зубчатые секторы 17, сжимает губки схвата.

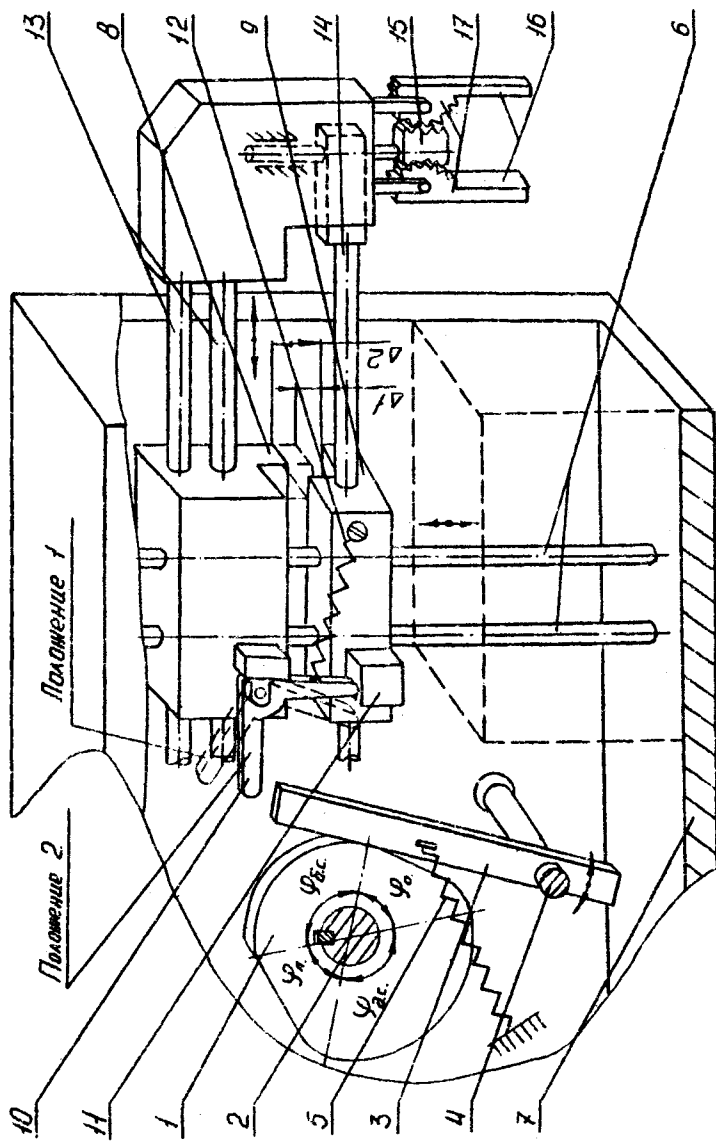


Рис. 4.7. Механизм зажима-разжима съвата от кулачка I, автооператор
 формы «БОНИТ» III

При нахождении точки Д схвата автооператора в крайнем нижнем выдвинутом положении кулачок I касается звена 3 участком сектора.

Звено 3 не касается защелки IO, которая под воздействием пружины I2 находится в положении 2. При движении нижней направляющей 9 вверх упор II соприкасается с защелкой IO, в результате чего расстояние между нитней направляющей 9 и верхней направляющей 8 сокращается до 2, рейка I5 находится в нормальном (не втянутом) положении и губки схвата I6 разжаты.

На рис.4.8 изображен механизм выдвижения руки от кулачка 2.

Механизм состоит из кулачка 2 - I, жестко посаженного на приводной вал 2; ролика 3, закрепленного на одном из плечей рычажной системы 4; ролика-толкателя 5, способного перемещаться внутри направляющей 6; прижимных пружин 7, одним концом прикрепленных к корпусу 8, другим - к рычажной системе 4; руки 9.

Здесь $\varphi_{в.}$, $\varphi_{в.т.}$, $\varphi_{б.с.}$, $\varphi_{д.с.}$ - фазовые углы кулачка, соответствующие ближнему и дальнему неподвижному положению рычажной системы соответственно $\varphi_{б.с.}$ и $\varphi_{д.с.}$ и переходу из одного положения в другое $\varphi_{в.}$ и $\varphi_{в.т.}$

$$\varphi_{в.} + \varphi_{в.т.} + \varphi_{б.с.} + \varphi_{д.с.} = 2\pi ;$$

$$T_{в.} + T_{в.т.} + T_{б.с.} + T_{д.с.} = T ;$$

$T_{в.}$, $T_{в.т.}$, $T_{б.с.}$, $T_{д.с.}$ - время поворота кулачка на соответствующие углы.

$$2\pi = \omega_k \cdot T ;$$

T - быстродействие (цикловое время выдвижения руки).

Механизм работает следующим образом. Вращение от электродвигателя через приводной вал 2 передается кулачку 2 - I. Под воздействием прижимных пружин 7 ролик 3 постоянно прижат к кулачку 2 и обкатывается по его поверхности, в результате чего рычажная система 4 совершает колебательные движения, которые посредством ролика 5 и направляющей 6 преобразуются в поступательное движение руки 9.

На рис.4.9 изображен механизм подъема-опускания руки от кулачка 3.

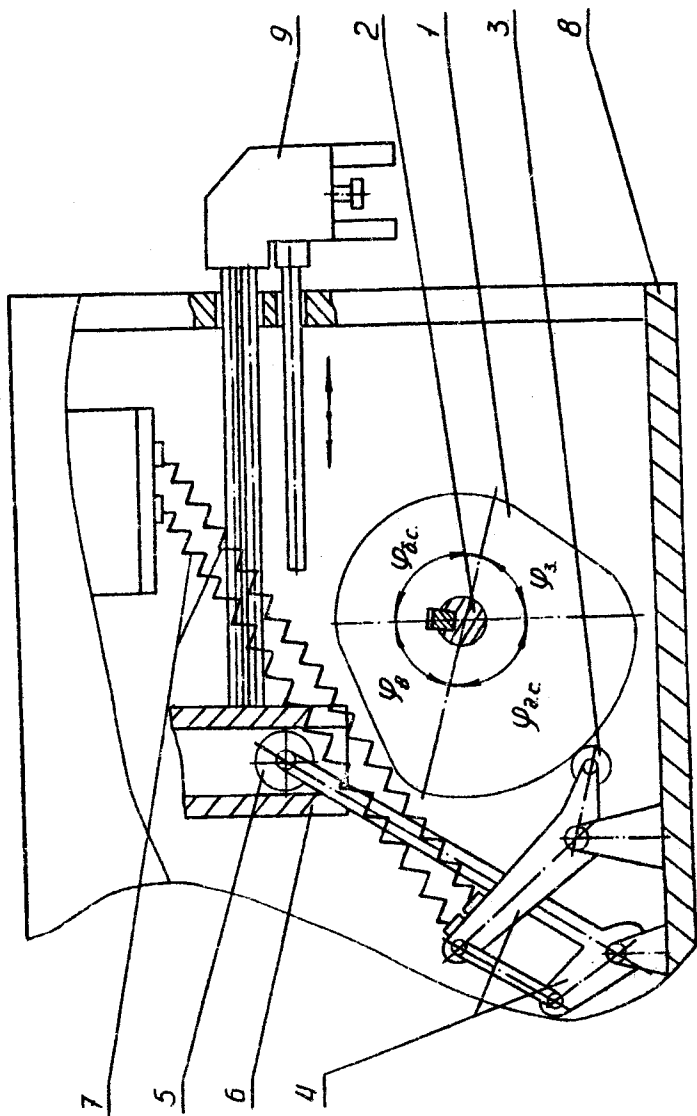


Рис. 4.8. Металлический выжимной рычаг от кулачка 2, автооператор фирмы "Бомат" III

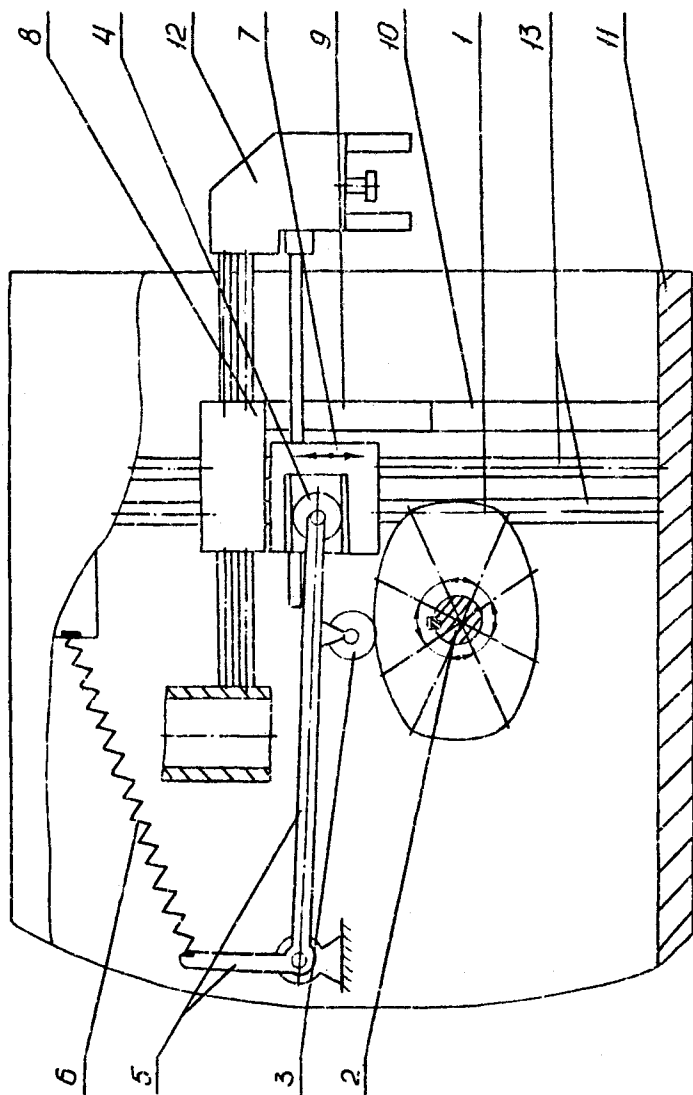


Рис. 4.9. Механизм подъема-опускающей руки от кулачка 3, автооператор фирмы "Бенеттон" III

Механизм состоит из кулачка 3 - I, жестко посаженного на приводной вал 2; ролика 3 и ролика 4, закрепленных с возможностью вращения на звене с возвратно-вращательным движением 5; прижимной пружины 6; нижней направляющей 7 и верхней направляющей 8, имеющей упор 9; упорной планки 10, жестко прикрепленной к корпусу 11; руки 12 и направляющих вертикального перемещения 13.

Здесь $\varphi_{в.}$, $\varphi_{н.}$, $\varphi_{н.с.}$, $\varphi_{в.с.}$ - фазовые углы кулачка, соответствующие верхнему и нижнему неподвижному положению звена 5 с возвратно-вращательным движением соответственно $\varphi_{в.с.}$ и $\varphi_{н.с.}$ и переходу из одного положения в другое $\varphi_{в.}$ и $\varphi_{н.}$.

$$\begin{aligned}\varphi_{в.} + \varphi_{н.} + \varphi_{н.с.} + \varphi_{в.с.} &= \pi; \\ T_{в.} + T_{н.} + T_{н.с.} + T_{в.с.} &= T/2,\end{aligned}$$

где $T_{в.}$, $T_{н.}$, $T_{н.с.}$, $T_{в.с.}$ - время поворота кулачка на соответствующие углы.

$$\pi = \omega_{н.} \cdot \frac{T}{2},$$

где T - быстродействие (цикловое время подъема-опускания руки).

Механизм работает следующим образом. Вращение от электродвигателя через приводной вал 2 передается кулачку 3 - I. Под воздействием прижимной пружины 6 ролик 3 постоянно прижат к кулачку 3 и обкатывается по его поверхности, в результате чего звено 5 совершает колебательные движения, которые посредством ролика 4 преобразуются в поступательное движение нижней направляющей 7, на которую под действием силы тяжести опирается верхняя направляющая 8, связанная с рукой 12. Упор 9 и упорная планка 10 необходимы для облегчения перехода защелки 10 (см. рис.4.7) из положения 1 в положение 2 и наоборот.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструктивными особенностями новых схем манипуляторов.
2. Ознакомиться с конструктивными особенностями новых узлов манипуляторов.

3. Ознакомиться с назначением и основными техническими характеристиками ПР РУМА -560.
4. Изучить устройство и принцип работы манипулятора ПР РУМА-560.
5. Изучить кинематическую схему манипулятора.
6. Изучить конструктивные особенности манипулятора.
7. Ознакомиться с принципом работы и изучить конструктивные особенности автооператоров фирмы "Боинг"-поворотного(ПВ) и поступательного (ПП).

Содержание отчета

1. Схема и краткое описание принципа работы одной из заданных преподавателем конструкций манипулятора или узла манипулятора.
2. Основные технические характеристики манипулятора ПР РУМА-560.
3. Кинематическая схема манипулятора, параметры его рабочей зоны.
4. Основные конструктивные особенности манипулятора, обеспечивающие высокую точность позиционирования и уменьшенные динамические нагрузки.
5. Система управления и конструктивные особенности автооператора фирмы "Боинг"-поворотный ПВ.
6. Система управления и конструктивные особенности автооператора фирмы "Боинг"-поступательный ПП.

Контрольные вопросы

1. Указать новизну рассматриваемых изобретений.
2. Указать конструктивные элементы, позволяющие добиться новизны и улучшения технических характеристик схем и узлов манипуляторов рассматриваемых изобретений.
3. Указать основные технические характеристики и области применения ПР РУМА-560.

4. Нарисовать упрощенную кинематическую схему манипулятора и его рабочую зону.
5. Объяснить устройство и принцип работы кинематической схемы манипулятора.
6. Дать объяснение особенностей конструктивного исполнения звеньев и суставов манипулятора ПР РИМА-560.
7. Какие факторы влияют на точность позиционирования манипулятора ?
8. Какие факторы влияют на динамические характеристики звеньев манипулятора?
9. Какие факторы влияют на стабильность характеристик манипулятора во времени ?

Л и т е р а т у р а

1. Авторское свидетельство СССР № 960006, кл. В 25 J II/00, 1982.
2. Авторское свидетельство СССР № 973350, кл. В 25 J 9/00, 1982.
3. Авторское свидетельство СССР № 1007960 А, кл. В 25JI/02 // В 25 J I7/00, 1983.
4. Авторское свидетельство СССР № 1093540, кл. В 25 J II/00, 1984.
5. Авторское свидетельство СССР № 1263521 А1, кл. В 25 J 9/00, 1986.
6. Авторское свидетельство СССР № 1775289, кл. В 25 J 9/00, 1992.
7. Авторское свидетельство СССР № 1743850, кл. В 25 J II/00, 1992.
8. Авторское свидетельство СССР № 1076277 А, кл. В 25 J II/00, 1984.
9. Авторское свидетельство СССР № 1159775 А, кл. В 25 J I7/00, 1985.
10. Авторское свидетельство СССР № 1371906 А1, кл. В 25 J I7/00, 1986.
11. Положительное решение от 29.07.91 г. по заявке № 4802182/08.
12. Современные промышленные роботы: Каталог. - М.: Машиностроение, 1984 .
13. Паспорт ПР РИМА-560.

С о д е р ж а н и е

I. ОПИСАНИЕ СХЕМ МАНИПУЛЯТОРОВ И КОНСТРУКЦИЙ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ	3
I.1. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 960006)	3
I.2. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 973350)	7
I.3. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 1007960 А)	12
I.4. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 1093540)	17
I.5. Манипулятор модульного типа (авторское свидетельство СССР № 1263521 А1)	22
I.6. Манипулятор модульного типа (авторское свидетельство СССР № 1775289)	27
I.7. Манипулятор (авторское свидетельство СССР № 1743650)	36
2. НОВЫЕ УЗЛЫ МАНИПУЛЯТОРОВ	41
2.1. Шарнир манипулятора (авторское свидетельство СССР № 1076277 А)	41
2.2. Приводной шарнир манипулятора (авторское свидетельство СССР № 1159775 А)	45
2.3. Электромеханический модульный сустав манипулятора (авторское свидетельство СССР № 1371906 А1)	48
2.4. Электромеханический модульный сустав манипулятора (положительное решение от 29.07.91 по заявке № 4802182/08)	54
3. КОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА (ПР) РУМА-560	61
3.1. Назначение ПР РУМА-560 и основные характеристики манипулятора	61
3.2. Устройство и принцип работы	63
3.3. Кинематическая схема манипулятора	66
3.4. Особенности конструктивного исполнения манипулятора ПР РУМА-560	70

4. АВТООПЕРАТОРЫ ФИРМЫ "БОИНГ"	86
4.1. Автооператор поворотный (ПВ)	86
4.2. Автооператор поступательный (ПП)	92
Порядок выполнения работы	99
Содержание отчета	100
Контрольные вопросы	100
Л и т е р а т у р а	101

Учебное издание

ФИЛОНОВ Игорь Павлович
КУРЧ Леонид Витальевич и др.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРАМИ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ**

Учебное пособие по курсам "Автоматизация
производственных процессов в машиностроении", "Теория
движения манипуляционных механизмов" для студентов
специальностей 12.01 - "Технология машиностроения",
12.02 - "Металлорежущие станки и инструменты", 21.06 -
"Робототехнические системы и комплексы", 21.03 -
"Автоматизация технологических процессов"

Редактор Т.А. Палилова. Корректор М.П. Антонова.

Подписано в печать 21.09.93.

Формат 60x84¹/16. Бумага тип. № 2. Офсет печать.

Усл. печ. л. 6,1. Уч.-изд. л. 4,7. Тир 300. Зак. 903.

Белорусская государственная политехническая академия.

Отпечатано на ротапринтере БГПА. 220027, Минск, пр. Ф.Скорины, 65.