

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технологическое оборудование»

А. И. Кочергин
Т. Н. Бабак

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Пособие
для студентов специальности
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2021

УДК 621.9.06
ББК 34.63
К75

Р е ц е н з е н т ы:

генеральный конструктор ОАО «МЗОР» *А. С. Трусковский*;
зав. кафедрой моделирования и проектирования
УО «Белорусский государственный аграрно-технический университет»,
канд. пед. наук, доцент *Н. Г. Серебрякова*

Кочергин, А. И.

К75 Анализ конструкции промышленного робота : пособие для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / А. И. Кочергин, Т. Н. Бабак. – Минск : БНТУ, 2021. – 43 с.
ISBN 978-985-583-314-8.

В пособии рассматриваются функциональные возможности промышленных роботов, их классификация и структура, а также общие принципы построения робототехнических комплексов, представлен анализ конструкции промышленного робота с ЧПУ модели М20П.40.01.

УДК 621.9.06
ББК 34.63

ISBN 978-985-583-314-8

© Кочергин А. И., Бабак Т. Н., 2021
© Белорусский национальный
технический университет, 2021

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИМЕНЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1. Назначение и области применения промышленных роботов

Промышленный робот – автономное устройство, состоящее из механического манипулятора и системы управления (позволяющей перепрограммировать в широких пределах движения исполнительных органов манипулятора, их количество и траекторию, а также задать другие количественные и качественные параметры конфигурации робота и оснастки), которое применяется для перемещения объектов в пространстве и для выполнения различных производственных процессов.

Промышленные роботы являются важными компонентами автоматизированных гибких производственных систем (ГПС), которые позволяют увеличить производительность труда.

Среди самых распространенных действий, совершаемых промышленными роботами, можно назвать следующие:

- перемещение деталей и заготовок от станка к станку или от станка к системам смены паллет;
- загрузка заготовок для ковки и объемной штамповки;
- сварка швов и точечная сварка;
- закалочные операции;
- окраска распылением;
- обслуживание транспортеров;
- выполнение операций резания с движением инструмента по сложной траектории, в том числе лазерная резка;
- упаковка;
- мелкосерийная сборка.

Достоинства использования ПР:

- достаточно быстрая окупаемость;

- исключение влияния человеческого фактора на конвейерных производствах, а также при проведении монотонных работ, требующих высокой точности;

- повышение точности выполнения технологических операций и, как следствие, улучшение качества;

- возможность использования технологического оборудования в три смены, 365 дней в году;

- рациональность использования производственных помещений;

- исключение воздействия вредных факторов на персонал на производствах с повышенной опасностью.

Применение роботов в производственных процессах позволяет:

- освободить человека от выполнения тяжелых, однообразных и опасных для жизни операций;

- обеспечить условия безопасного труда, снижение потерь рабочего времени от производственного травматизма и профзаболеваний;

- повысить производительность и качество выпускаемой продукции за счет снижения времени выполнения операций и обеспечения постоянного режима работы «без усталости»;

- увеличить выпуск продукции за счет роста коэффициента сменности работы оборудования;

- создавать новые прогрессивные высокоскоростные процессы;

- обеспечить стабильность энергозатрат за счет круглосуточной работы оборудования.

Экономическая эффективность применения роботов определена производительностью устройства и его сроком действия. К промышленным роботам предъявляют требования высокой подвижности, быстрой переналадки на новую программу, универсальности, долговечности и надежности. Манипуляторы делают от 200 до 1000 перемещений в час.

1.2. Классификация роботов данного класса

По ГОСТ 25685-83 «Роботы промышленные. Классификация» все промышленные роботы независимо от их конкретного назначения (сварочные, окрасочные, сборочные, загрузочно-разгрузочные) по признаку специализации делятся на:

- универсальные;
- специализированные;
- специальные.

Универсальные ПР предназначены для выполнения различных технологических операций и могут работать с различными группами моделей технологического оборудования.

Специализированные ПР имеют более узкое назначение и предназначены для выполнения технологических операций одного вида, могут работать с определенной группой моделей технологического оборудования.

Специальные ПР предназначены для выполнения строго конкретных операций, например установка и съем изделия. Самое простое программное устройство у специальных роботов.

По виду выполняемых технологических операций ПР делятся на:

– технологические роботы – ПР предназначены для выполнения основных технологических операций. Они непосредственно участвуют в технологическом процессе в качестве производящих или обрабатывающих машин. Выполняют такие операции как гибка, сварка, окраска, сборка и т. п.;

– вспомогательные – выполняющие вспомогательные технологические операции по обслуживанию технологического оборудования. Это подъемно-транспортные роботы. В эту же группу входят передвижные тележки, штабелеры.

Дополнительные признаки классификации:

- по грузоподъемности:
 - 1) сверхлегкие – до 1 кг;
 - 2) легкие – от 1 до 10 кг;
 - 3) средние – от 10 до 200 кг;

- 4) тяжелые – от 200 до 1000 кг;
- 5) сверхтяжелые – от 1000 и более кг;
- по возможности передвижения:
 - 1) стационарные;
 - 2) подвижные;
- по способу установки на рабочем месте:
 - 1) напольные;
 - 2) навесные;
 - 3) встроенные;
- по виду систем координат:
 - 1) прямоугольные декартовой системы координат;
 - 2) цилиндрической системы координат;
 - 3) сферической системы координат;
 - 4) других систем координат;
- по виду привода:
 - 1) с электромеханическими приводами;
 - 2) с пневматическими приводами;
 - 3) с гидравлическими приводами;
 - 4) с комбинированными приводами;
- по способу программирования:
 - 1) программирование обучением;
 - 2) программирование аналитически.

1.3. Технические характеристики промышленных роботов

Общие технические характеристики промышленных роботов включают следующие параметры:

- 1) конструктивное исполнение манипулятора, в том числе количество рабочих органов (однорукий, двурукий и т. д.); степень автономности (встроенный в технологическое оборудование, автономный стационарный, автономный подвижный, напольный, подвесной и т. д.);
- 2) грузоподъемность (в килограммах);
- 3) система координат;

4) количество степеней подвижности, в том числе программируемых. Если робот передвижной, то его перемещение рассматривают как одну из степеней подвижности;

5) характеристики каждой из степеней подвижности (скорость и величину перемещения);

6) точность повторного позиционирования – параметр, который характеризует способность манипулятора многократно возвращаться в одно и то же положение;

7) разрешающая способность – характеристика, определяющая величину минимального перемещения манипулятора;

8) габаритные размеры (в миллиметрах);

9) масса (в килограммах).

Грузоподъемность является одной из важнейших характеристик промышленных роботов. Она определяет тип привода, массу и габаритные размеры робота.

1.4. Приводы

В промышленных роботах чаще используются три типа приводов: электромеханический, пневматический и гидравлический. Гидравлические приводы характеризуются большой мощностью и большим отношением развиваемой мощности к весу, однако источники питания имеют большие габариты и невысокий КПД. Пневматические приводы обеспечивают высокую скорость перемещения, просты в управлении, дешевы. Наиболее распространены электромеханические приводы. В них используются электродвигатели постоянного тока и механические передачи для переноса механической энергии к рабочему органу. Выбор типа передачи определяется передаваемой мощностью, видом перемещения и расположением источника механической энергии относительно звена.

1.5. Системы координат промышленных роботов


Манипулятор робота совершает движение в пространстве и очерчивает своей крайней точкой зону, которая называется рабочей зоной робота. Система координат, в которой работает промышленный робот, зависит от рабочей зоны, которую он обслуживает, и определяет выбор его кинематической схемы. Кинематические схемы содержат вращательные и поступательные кинематические пары. Их количество и взаимное расположение зависит от конфигурации рабочей зоны манипулятора (в виде параллелепипеда, цилиндра, сферы или комбинированной формы). Типам рабочих зон соответствуют системы координат, в которых осуществляется движение захвата манипулятора (прямоугольная, цилиндрическая, сферическая и комбинированная).



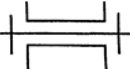
Выбор компоновочной схемы для конкретного робота проводится в зависимости от следующих факторов:

- компоновки роботизированной ячейки;
- особенностей обслуживаемого оборудования;
- особенностей транспортирования объекта манипулирования;
- числа и характера обслуживаемых позиций в РТК;
- величины, вида и формы движения элементов робота в РТК. В табл. 1.1 приведены условные обозначения движений промышленного робота, необходимые для описания его кинематической схемы.

Таблица 1.1

Движения промышленного робота

Тип движения	Буквенное обозначение	Условное графическое обозначение
Поступательное	П	
Поступательное вдоль оси руки	P_x	

Тип движения	Буквенное обозначение	Условное графическое обозначение
Поступательное перпендикулярно оси руки	P_y	
Поступательное вертикальное	P_z	
Вращательное	B	
Вращательное в горизонтальной плоскости	B_z	
Вращательное в вертикальной плоскости	B_y	
Ротация кисти – вращение вокруг оси x	B_x	

На рис. 1.1 приведены кинематическая схема и рабочая зона промышленного робота, действующего в прямоугольной системе координат. Для того чтобы такому роботу перенести предмет из точки A в точку B , ему надо переместить «руку» вверх по осям z , y , x на величины соответственно h , b и a . Если величины h , b и a являются предельно возможными величинами перемещения робота по осям z , y , x , то его рабочая зона будет представлять собой параллелепипед hba (рис. 1.1, a), а кинематическая схема в буквенном выражении описана как $P_y P_z P_x$. При этом ось x расположена вдоль оси «руки»; движения записываются последовательно, начиная от основания робота; начало системы координат – в условной точке пересечения продолжения оси «руки», находящейся в крайнем нижнем положении, с вертикальной осью робота.

На рис. 1.1, b представлена кинематическая схема промышленного робота, функционирующего в плоской прямоуголь-

ной системе координат. Такая система записывается следующим образом: $\Pi_z\Pi_x$.

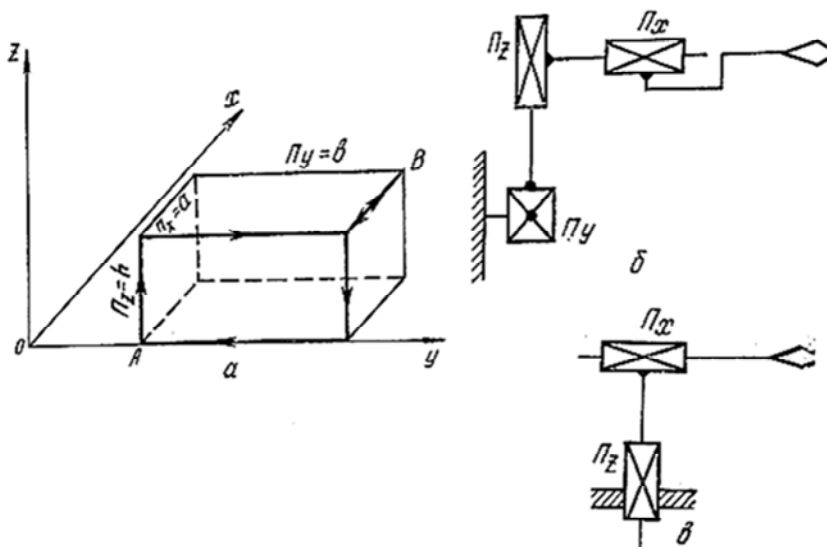


Рис. 1.1. Прямоугольная система координат движений промышленного робота:

a – конфигурация рабочей зоны ПР;
 δ, ϵ – кинематические схемы ПР

На рис. 1.2 показана цилиндрическая система координат. Для того чтобы перенести предмет из точки A в точку B , «рука» робота должна переместиться вверх на величину AC , повернуться вокруг вертикальной оси на угол $\Delta\varphi$ и выдвинуться на расстояние DB . При перемещении захват будет описывать цилиндрическую поверхность.

Кинематическая схема робота с цилиндрической системой координат изображена на рис. 1.2, δ . На нем ось «руки» совмещена с осью x прямоугольной системы координат. В этом случае величина выдвигания руки на величину $\Delta r = a$ может быть записана как Π_x , а кинематическая схема (рис. 1.2, δ) – в виде $B_z\Pi_z\Pi_x$.

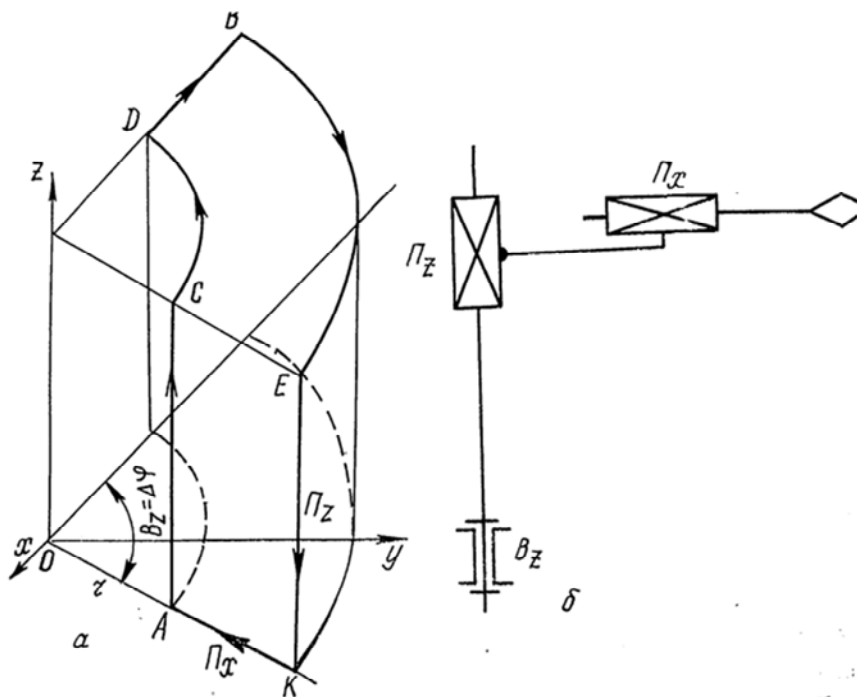


Рис. 1.2. Цилиндрическая система координат движений промышленного робота:
a – конфигурация рабочей зоны ПР; *б* – кинематическая схема ПР

На рис. 1.3 показана сферическая система координат. При перемещении предмета из точки *A* в точку *B* (рис. 1.3, *a*) необходимо выполнить радиальное перемещение r и поворот вокруг осей $z(B_z)$ и (B_y) . Кинематическая схема робота (рис. 1.3, *б*) имеет обозначение $B_z B_y \Pi_x$.

Роботы имеют обычно несколько степеней подвижности. Под степенью подвижности будем понимать возможность перемещения самого робота или его функциональных элементов в пространстве. Количество кинематических пар в манипуляторе (вращательных и поступательных) определяет число степеней подвижности промышленного робота.

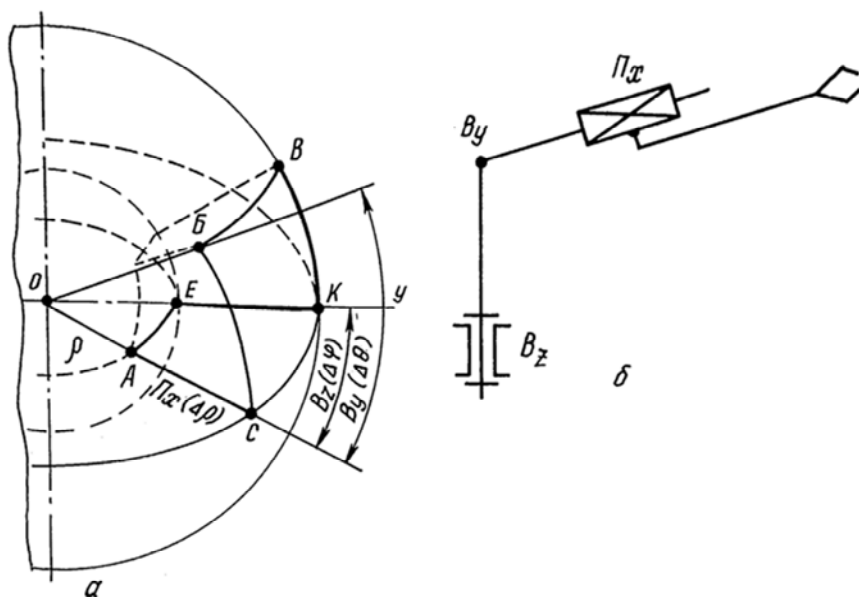


Рис. 1.3. Сферическая система координат движений промышленного робота:
a – конфигурация рабочей зоны ПР; *б* – кинематическая схема ПР

Для перемещения роботом предмета из одной точки пространства в другую необходимы три степени подвижности. Они называются переносными. Функции промышленного робота предусматривают кроме перемещения также и ориентирование предмета в пространстве. Это достигается поворотом кисти робота вокруг осей x , y , z . Такие движения называются ориентирующими степенями подвижности. Таким образом для переноса предмета с одновременным ориентированием промышленный робот должен иметь шесть степеней подвижности. В реальных конструкциях обычно имеется одна-две ориентирующие степени подвижности, что определяется специализацией робота. Добавление к системе еще одной степени подвижности увеличивает длительность цикла управления и снижает грузоподъемность и точность манипулятора.

1.6. Захватные устройства

Захватные устройства (ЗУ) промышленных роботов (ПР) и манипуляторов (М) служат для захватывания и удержания в определенном положении объектов манипулирования. Эти объекты могут иметь различные размеры, форму, массу и обладать разнообразными физическими свойствами, поэтому ЗУ относятся к числу сменных элементов ПР. Как правило, ПР и М комплектуют набором типовых (для данной модели) ЗУ, которые можно менять в зависимости от требований конкретного рабочего задания. Иногда на типовой захват устанавливают сменные рабочие элементы (губки, присоски и т. п.). При необходимости ПР оснащают специальными ЗУ, предназначенными для выполнения определенных операций. К ЗУ предъявляются требования общего характера и специальные, связанные с конкретными условиями работы. К числу обязательных требований относятся надежность захватывания и удержания объекта, стабильность базирования, недопустимость повреждений или разрушения объектов. Прочность ЗУ должна быть высокой при малых габаритных размерах и массе. Кинематическая схема руки должна обеспечивать захват в любой точке заданной рабочей зоны и любую необходимую ориентацию захвата в каждой точке.

При обслуживании одним ПР нескольких единиц оборудования применение широкодиапазонных ЗУ или их автоматическая смена может оказаться единственно возможным решением, если одновременно обрабатываются детали различных конфигураций и массы.

Поэтому к ЗУ для ПР, работающих в условиях серийного производства, предъявляются дополнительные требования: возможность захватывания и базирования деталей в широком диапазоне массы, размеров и формы, обеспечение захватывания близко расположенных деталей, легкость и быстрота замены (вплоть до автоматической смены ЗУ). В ряде случаев необходимо автоматическое изменение усилия удержания объекта в зависимости от массы детали.

Ведутся разработки конструкций ЗУ, способных захватывать и базировать неориентированно расположенные объекты. При работе с листовыми материалами и стеклянными изделиями сложной формы применяют вакуумные захваты с присосками. При наложении присосок на гладкую площадку воздух из-под присосок откачивается вакуум-насосом, и деталь переносится, например, на станок.

Для магнитных материалов большой массы используют электромагнитные захваты. Преимущество их в том, что у электромагнитов большая сила притяжения на единицу площади, быстрота срабатывания и простота конструкции.

В основе многих типов захватных устройств лежат рычажные, клиновые, винтовые механизмы.

Большинство захватных механизмов предусматривает регулировку величины раскрытия губок. В качестве привода движения используют гидро- или пневмоцилиндры. Пневмопривод применяют для зажима деталей сравнительно небольшой массы, а также в том случае, когда заготовка нагрета. Гидропривод используют для создания больших зажимных усилий, но не при работе манипулятора с нагретыми деталями, когда может произойти загорание прокладок уплотнений и изменяется коэффициент вязкости жидкости.

1.7. Роботизированные технологические комплексы (РТК)

Робототехническим называется комплекс, в состав которого входит промышленный робот. В РТК механообработки робот выполняет функцию обслуживания основного оборудования (загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей).

К РТК предъявляются следующие требования:

– планировка комплекса должна обеспечить свободный, удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала к основному и вспомогательному оборудованию, а также к органам управления комплекса (ГОСТ 12.2.072-98);

- организация рабочих мест обслуживающего персонала таким образом, чтобы все работы по наладке и обслуживанию ПР производились вне рабочего пространства;
- конструкция ПР должна обеспечивать удобную установку ограничителей диапазона перемещения ПР по основным осям;
- планировка должна исключать пересечение трасс следования оператора и ПР в процессе его работы по программе; комплекс должен быть обеспечен защитными ограждениями от возможного проникновения человека в зону действия ПР;
- размещение средств управления должно обеспечивать свободный и быстрый доступ к органам аварийного отключения.

1.7.1. Планировки РТК

В машиностроении роботов часто применяют для обслуживания нескольких станков. Планировке рабочих зон уделяют большое внимание.

Рассмотрим пример кольцевой планировки из шести металлорежущих станков с применением робота (рис. 1.4, *а*). Максимальный угол поворота манипулятора равен 300 °С. Робот 3 установлен в центре рабочей зоны, металлорежущие станки 2 – по дуге окружности. Между станками расположен стол для заготовок и готовой продукции 1. Каждый станок имеет ЧПУ. Достаточно большой угол поворота руки и большое радиальное перемещение ее позволяют обеспечить широкую область работы.

Роботов также встраивают в автоматические линии (рис. 1.4, *б*). В этом случае робот 3 перемещается по рельсовому пути 5 и обслуживает оборудование 2 с обеих сторон. Заготовки поступают на робот из автоматизированного склада 1, а детали робот укладывает на транспортер 4.

Применяют схемы планировки с двумя роботами (рис. 1.4, *в*). Один робот 4 перемещается по рельсовому пути 5 и производит транспортировку заготовок с конвейера 6 и установ их на оборудование. Второй подвесной робот 3 перемещается по

монорельсу 2, производит сѐм деталей и транспортировку на другой участок обработки 1. Такая компоновка оборудования позволяет использовать и верхнее пространство помещения.

Нашла применение кольцевая планировка для роботов с перекидным манипулятором (рис. 1.4, з). Робот 3 установлен в центре площадки и обслуживает диаметрально противоположные станки 2. Заготовки снимаются со стола 1, туда же укладываются готовые детали.

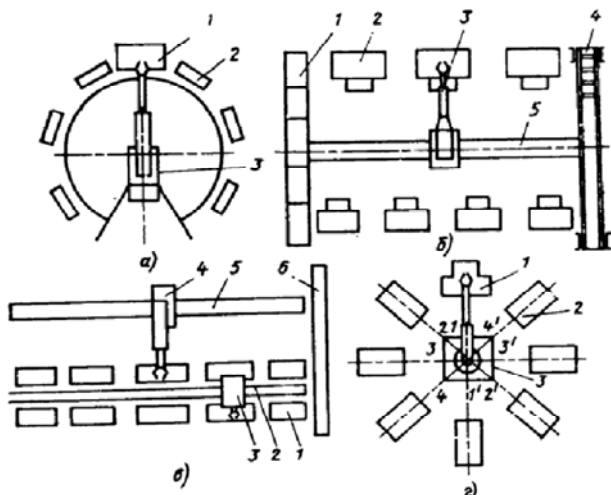


Рис. 1.4. Планировочные схемы с использованием роботов:
 а – секторная; б – продольная двусторонняя;
 в – с двумя роботами; з – кольцевая

Схема работы следующая. Робот берет заготовку, поднимает ее вертикально и подает на противоположную сторону. При этом происходит излом руки манипулятора, состоящего из двух половин. При обслуживании станков в другом направлении робот берет заготовку и поворачивается для установки на станок. Загружает один станок, перекидывает руку, берет деталь со второго станка и укладывает на стол. Подобную схему применяют при автоматизации прессового оборудования.

1.7.2. Примеры токарных РТК

РТК с роботом напольного типа модели М20П.40.01 (рис. 1.5) включает токарный станок с ЧПУ 1 модели 16К20ФЗ, 16К20РФЗ или 16К20Т1, УЧПУ 2 станком, УЧПУ роботом 3, пульт обучения робота 4, захват 5, поворотный блок 6, шток 7 горизонтального перемещения охвата, поворотное устройство 8 в горизонтальной плоскости, каретку 9 вертикального перемещения схвата, тактовый стол 10, зажимный патрон 11, подвижное ограждение рабочей зоны 12, револьверную головку 13 с режущим инструментом и заднюю бабку 14.

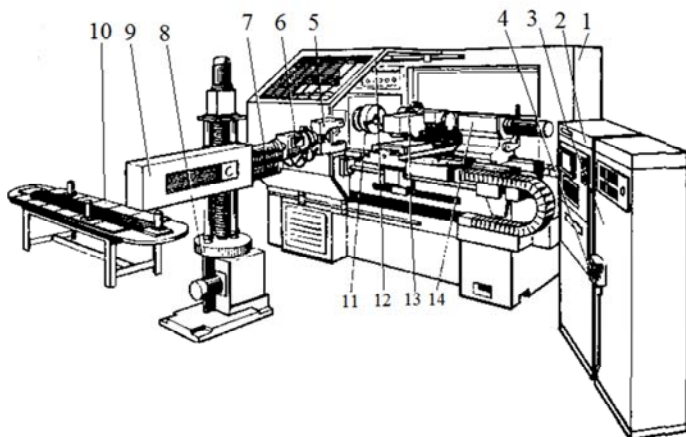


Рис. 1.5. РТК 16К20ФЗР с роботом напольного исполнения М20П.40.01

Следует отметить, что установка и сьем обрабатываемой детали в данном РТК осуществляется путем поворота робота устройством 8, так как расстояние между осью поворота ПР и патроном достаточно большое. Подпружиненный схват компенсирует погрешности поворотного вместо поступательного движения загружаемой детали в патрон.

Поскольку основные движения ПР программируются, наладчик может найти в зависимости от конкретной ситуации наиболее целесообразное решение.

Применение тактового стола (ТС) не обязательно. Можно, используя УЧПУ робота, запрограммировать съем и укладку обрабатываемых деталей на стационарном столе – режим палетирования деталей. Это достигается благодаря возможности программирования ПР по вертикали (устройство 9) и по углу (устройство 8). Применение ТС или стационарного стола зависит от конкретных производственных условий. В первом случае требуется больше производственной площади, в другом – программа работы ПР.

Если при сопоставлении цикла обработки детали на станке и продолжительности вспомогательного времени, требуемого на загрузку-выгрузку заготовок, окажется, что робот может обслуживать два станка и более, то в таком случае возможно разместить станки под углом или параллельно друг другу (рис. 1.6). Робот, разворачиваясь вокруг вертикальной оси, может обслуживать два станка. Такая компоновка РТК целесообразна с точки зрения сокращения затрат производственных площадей.

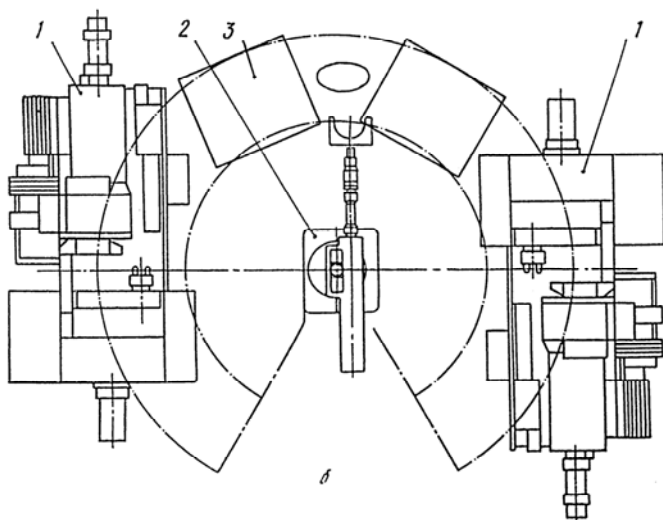


Рис. 1.6. Схема РТК с параллельным расположением токарных станков:

1 – токарные станки с ЧПУ; 2 – промышленный робот;

3 – накопители деталей и заготовок

2. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МОДЕЛИ М20П.40.01 И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Назначение робота

Промышленный робот с ЧПУ модели М20П.40.01 (рис. 2.1) предназначен для автоматизации загрузки-выгрузки деталей и смены инструментов на металлорежущих станках с ЧПУ. Робот может обслуживать один или два станка, образуя с ними комплекс (станок – робот), который является базой для создания станочных модулей, предназначенных для продолжительной работы без участия оператора.

Управление ПР осуществляется от отдельно стоящей системы ЧПУ.

2.2. Требования техники безопасности при обслуживании промышленного робота

1. К работе на технологических участках с ПР может допускаться только персонал, прошедший специальное обучение по безопасности обслуживания ПР со сдачей экзамена в комиссии, назначаемой главным инженером предприятия (института).

2. Категорически запрещается находиться в рабочей зоне ПР при его работе в автоматическом режиме.

3. До начала работы ПР из его рабочей зоны необходимо удалить посторонние предметы, инструменты и приборы.

4. К работе по программированию, обучению и исполнению программы управления ПР допускаются лица со специальной подготовкой: знающие техническое описание и инструкцию по эксплуатации ПР технологического оборудования; правила безопасной работы при эксплуатации электроустановок потребителей.

Обучение работающих безопасности труда должно проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004-2015.

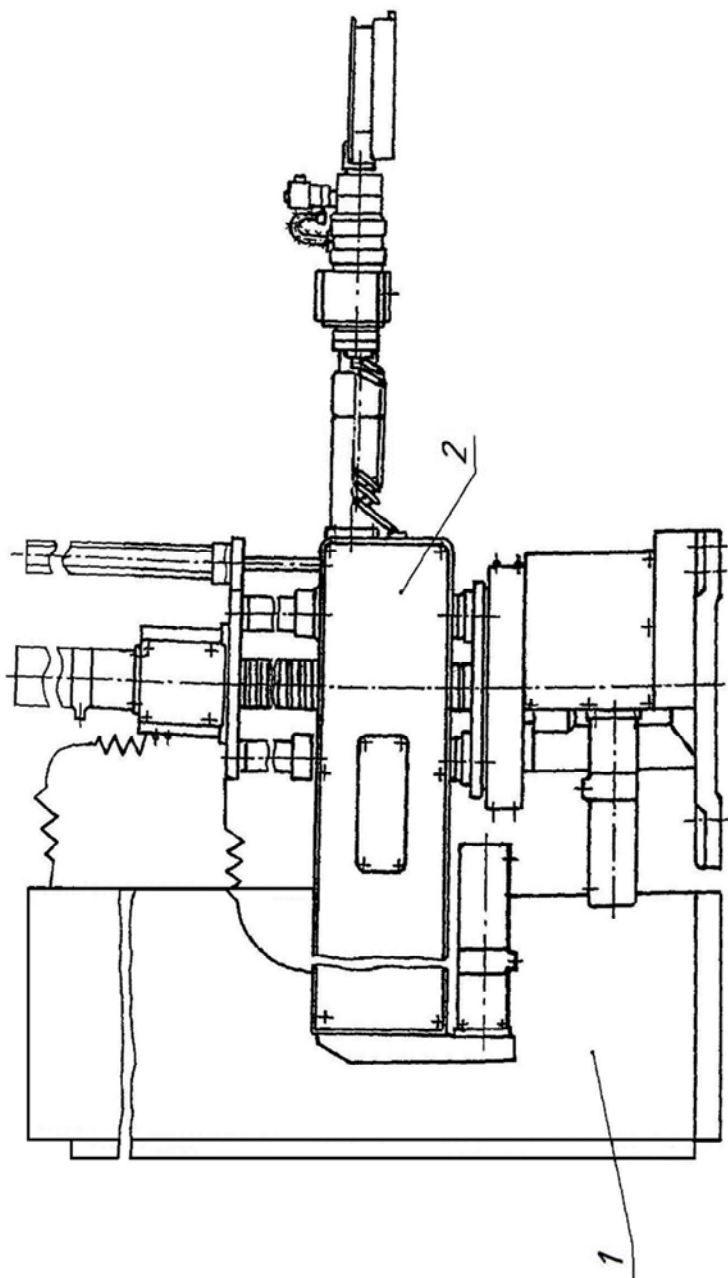


Рис. 2.1. Промышленный робот модели М20П.40.01. Общий вид:
1 – устройство управления автономного типа; 2 – манипулятор

5. Перед началом работы преподаватель (лаборант, учебный мастер) должны устранить все ранее отмеченные в журнале неполадки, убедиться в исправности основного, вспомогательного технологического оборудования и средств обеспечения безопасности (ограждений, блокировок, сигнализации и т. д.) и в отсутствии посторонних лиц и предметов в рабочей зоне ПР.

2.3. Основные технические данные и технические характеристики

Основные исполнительные перемещения узлов ПР показаны на рис. 2.2.

Технические характеристики ПР указаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технические характеристики ПР
с ЧПУ модели M20П.40.01

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя
1	Количество обслуживаемых станков	1 или 2
2	Номинальная грузоподъемность, кг, при установке: – одинарного захвата (модель 001); – двойного	10 10×2
3	Максимальная абсолютная погрешность позиционирования, мм	+1
4	Максимальные линейные перемещения, мм: – по оси Z; – по оси R	500 500
5	Максимальное угловое перемещение, град.: – по оси α (блок поворота Б) – ротация; – по оси β (блок поворота Б) – изгиб	90 или 180° (в зависимости от установленного блока) 3,5° (механическая установка)

Окончание табл. 2.1

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя
6	Диапазон скоростей линейных перемещений, м/с: – по оси Z ; – по оси R	0,008...0,5 0,008...1,0
7	Диапазон скоростей угловых перемещений, град./с: – оси Z ; – по оси R	1...60 60
8	Число степеней подвижности	5
9	Сила захватывания, Н	500
9.1	Время захватывания при полном ходе, с	2
9.2	Время опускания при полном ходе, с	2
9.3	Диапазон размеров загружаемых деталей, мм: – по наружному диаметру; – по внутреннему диаметру	50...250 38...268
9.4	Количество рук/захватов на руку	1/1 или 1/2
10	Тип привода перемещения робота: – электромеханический (оси Z , R , Θ); – пневматический (оси α)	

Технические характеристики устройства управления представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Технические характеристики устройства управления

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя
1	Тип системы управления (устройство ЧПУ «Контур-1»)	Позиционная
2	Наибольшее количество одновременно управляемых координат	3
3	Число программируемых точек	300
4	Ввод данных	С клавиатуры пульта обучения
5	Способ программирования	Обучение

3. УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ РОБОТА И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ЕГО УЗЛОВ

Промышленный робот (рис. 3.1) состоит из основания *1*, механизма поворота *2* (движение по координате Θ), механизма подъема *5* (движение Z), балансира *28* (рис. 3.4), механизма выдвижения руки *4* (см. рис. 3.1, движение R), руки *6*, блока поворота *7* (движение α), захвата *8*, системы управления ЧПУ автономного типа «Контур-1» *3*, вертикальных цилиндрических направляющих *9*, механической системы (*1*, *2*, *4–7*) и захватов.

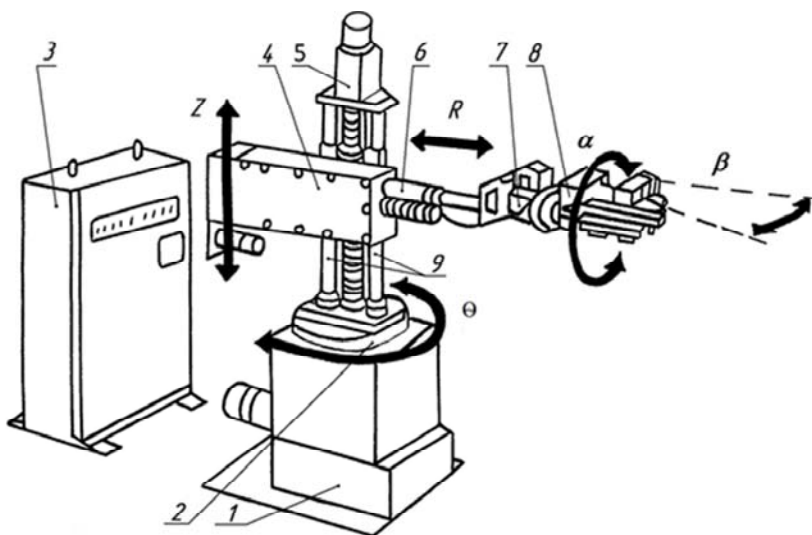


Рис. 3.1. Компоновочная схема промышленного робота.
Основные узлы и движения

Автоматический манипулятор промышленного робота (ПР) работает в цилиндрической системе координат.

ПР может работать в 3-х режимах: обучение, повторение и редактирование, которые выбираются при помощи кнопок режима на панели обучения.

Робот может управляться вручную или автоматически, в зависимости от положения переключателя «авто/ручной» на па-

нели оператора сигналом «авто» на интерфейсах соединения управления станком.

Основные приемы работы ПР в трех базовых режимах приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Основные приемы работы ПР

Режим	Основные операции
Обучение	Возврат в нулевую точку Ручное управление Управление обучением
Повторение	Автоматическое управление Управление повторением (испытательный пробег)
Редактирование	Редактирование данных управления роботом

3.1. Возврат в нулевую точку

Возврат ПР в исходную позицию (нулевую точку) осуществляется с помощью блока обучения сразу после подачи питания. Эта нулевая точка перемещения служит основной точкой всех позиционных данных управления ПР. Если отключен блок питания или возникает сигнал тревоги в сервосистеме, ПР теряет свою текущую позиционную информацию и возвращается к нулевой точке.

Таблица 3.2

Положение координатной оси в нулевой точке

№ п/п	Управляемые оси	Положение в нулевой точке
1	Ось Z (вверх-вниз)	0 мм (крайнее нижнее положение)
2	Ось Θ (вращение)	0° (крайнее правое положение)
3	Ось R (выдвижение руки)	0 мм
4	Ось α (вращение поворотного блока – ротация)	-90° (крайнее левое положение)

3.2. Ручное управление

Перемещение по каждой контролируемой оси происходит на скорости ручного управления при нажатой кнопке на панели обучения. Для обучения робот движется в позицию, заданную в режиме ручного управления, после возврата в нулевую точку до заучивания позиции и т. д. Робота можно устанавливать в позицию посредством шаговой подачи и другими способами в соответствии с ходом перебега в режиме ручного управления.

3.3. Автоматическое управление

При работе в автоматическом режиме ПР осуществляет смену деталей и инструмента на станке параллельно с механической обработкой.

В этом режиме данные управления роботом повторяются по командам обслуживания ЧПУ станка. Робот загружает и разгружает детали каждый раз по команде из ЧПУ станка. После смены детали ПР посылает станку команду пуска цикла для начала механической обработки. Описание рабочего цикла при смене детали на токарном станке приведено в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Рабочий цикл при смене детали на токарном станке

Робот	Станок
	1. Резание завершено (шпиндель останавливается)
	2. Отвод ограждения
3. Подвод руки к патрону	
4. Захват зажимает деталь	
	5. Патрон разжимается
6. Рука отходит от патрона	
7. Рука подходит к тактовому столу	

Робот	Станок
	8. Патрон освобождается от стружки и т. д.
9. Захват берет следующую деталь	
10. Рука подводит деталь к патрону	
	11. Кулачки патрона отжимаются
12. Захват опускает деталь	
13. Рука уходит от патрона	
	14. Ограждение закрывается
	15. Начинается цикл обработки

Автоматически операции могут осуществляться в следующей последовательности (рис. 3.2).

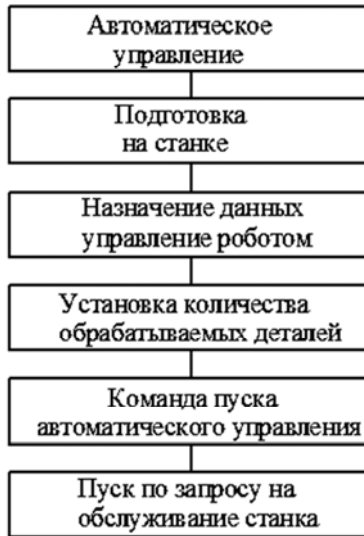


Рис. 3.2. Структура выполнения автоматических операций

Для управления роботом служит панель органов управления (рис. 3.3). Перечень кнопок на панели управления, их назначение и способ их использования приведены в табл. 3.4.

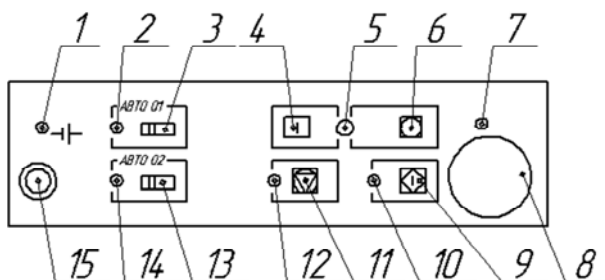


Рис. 3.3. Панель органов управления ПР

Таблица 3.4

Элементы на панели управления

№ позиции на рис. 3.3	Органы управления	Способ использования
1	Сигнальная лампа состояния батареи	Загорается при разрядке батареи ниже допустимого предела
2	Сигнальная лампа выбора режима работы 1-го станка	Загорается при автоматическом режиме работы 1-го станка
3	Переключатель режима работы для 1-го станка	Используется для выбора режима работы 1-го станка
4	Кнопка включения устройства управления	Используется для подачи питания
5	Сигнальная лампа включения устройства управления	Загорается при подаче питания
6	Кнопка отключения устройства управления	Используется для снятия питания
7	Сигнальная лампа аварийного останова	Загорается при выключении работы робота в аварийной ситуации

№ позиции на рис. 3.3	Органы управления	Способ использования
8	Кнопка аварийного останова	Включает работу робота в аварийной ситуации
9	Кнопка останова программы	Используется для временной остановки робота
10	Сигнальная лампа останова программы	Загорается при временной остановке ПР
11	Кнопка пуска программы	Используется для пуска программы
12	Сигнальная лампа пуска программы	Загорается при отработке программы
13	Переключатель режима работы 2-го станка	Используется для выбора режима работы 2-го станка
14	Сигнальная лампа выбора режима работы 2-го станка	Загорается при автоматическом режиме работы 2-го станка
15	Переключатель с ключом	Используется для блокировки памяти устройства управления

3.4. Анализ конструкции механической системы ПР

3.4.1. Механизм поворота руки (движение Θ) (рис. 3.4)

На основание робота крепится червячный редуктор 6, 7, соединенный через зубчатую муфту 5 с электродвигателем «М». На выходном валу IV червячного редуктора сидит ведущее зубчатое колесо 9. Оно входит в зацепление с цилиндрическим зубчатым колесом 10, которое соединено с валом V. Таким образом, вращение электродвигателя постоянного тока через червячный редуктор и пару цилиндрических прямозубых колес передается валу V, служащему опорой для привода перемещений по оси Z. На рис. 3.5 приведена конструкция механизма поворота.

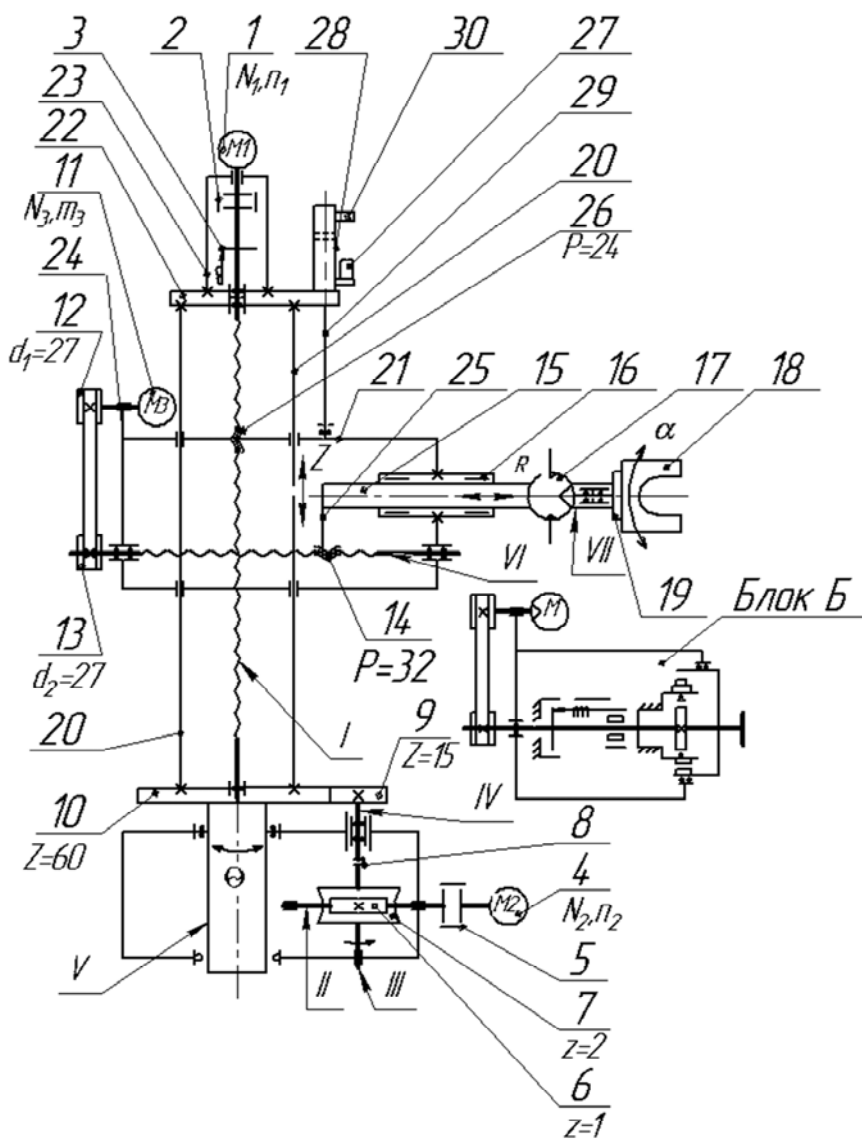


Рис. 3.4. Кинематическая схема ПР с ЧПУ модели М20П.40.01

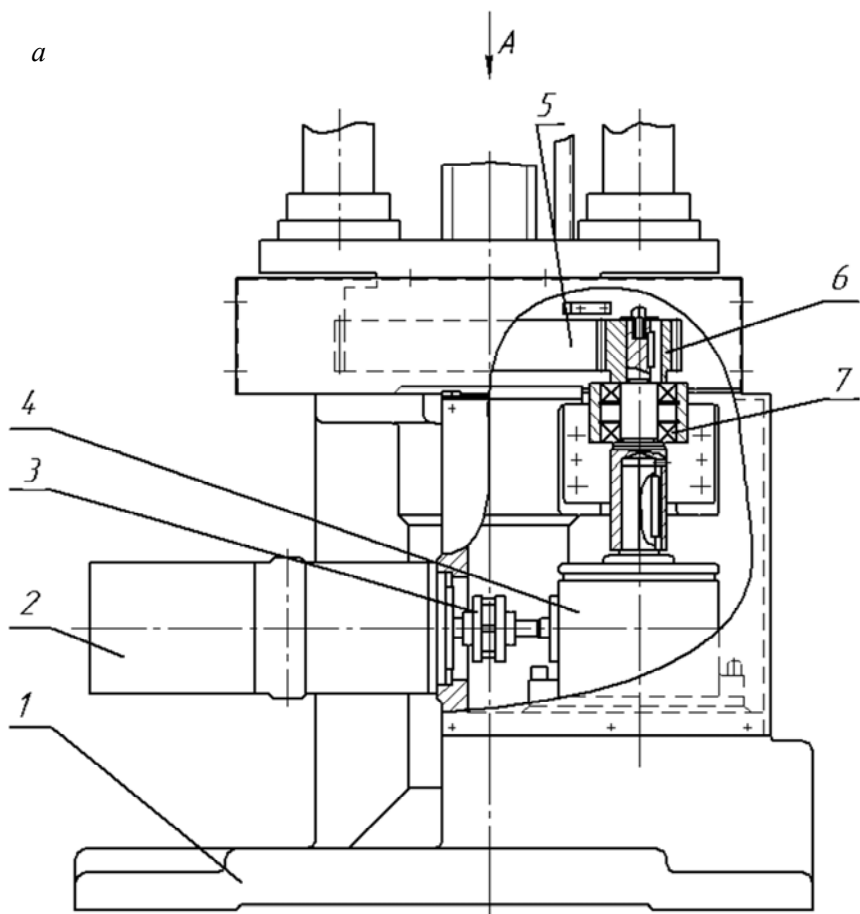


Рис. 3.5. Механизм поворота руки:

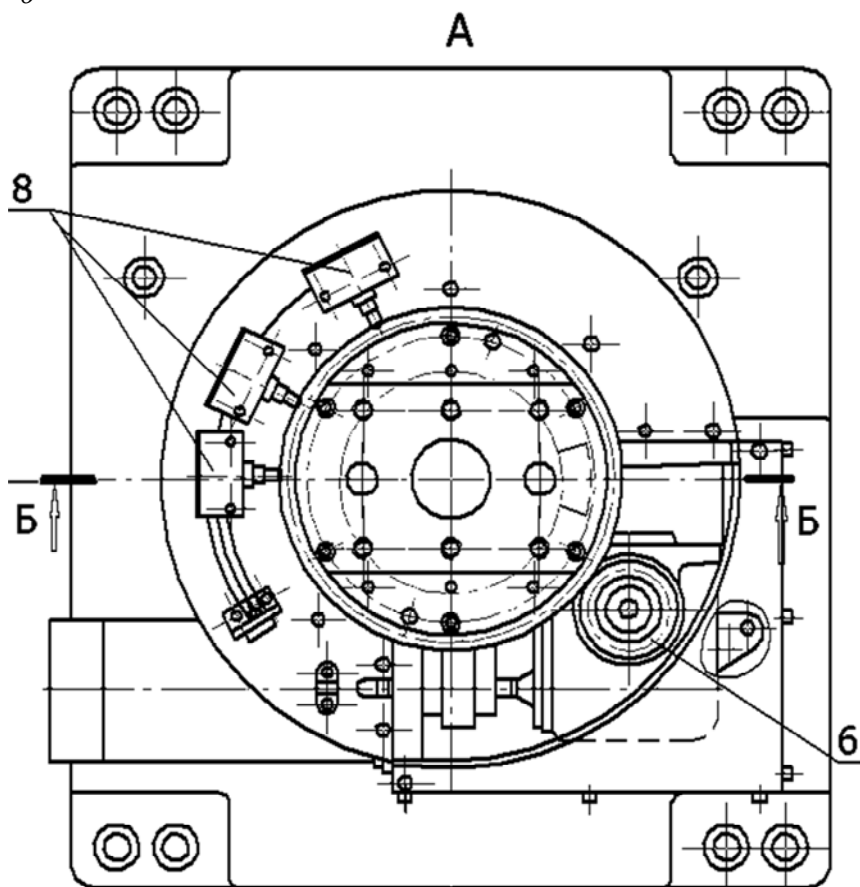
а – общий вид; *б* – вид сверху; *в* – разрез;

1 – основание ПР; 2 – электродвигатель; 3 – зубчатая муфта;

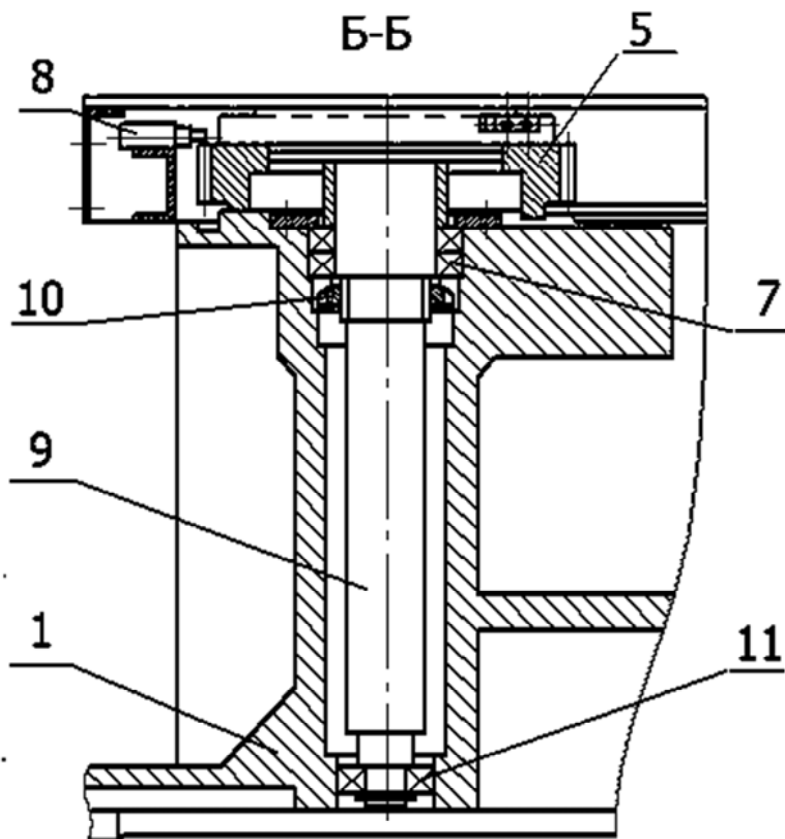
4 – червячный редуктор; 5, 6 – зубчатые колеса; 7, 11 – подшипники;

8 – выключатели конечные; 9 – вал ведомый; 10 – гайка

б



Продолжение рис. 3.5



Окончание рис. 3.5

3.4.2. Механизм подъема и опускания руки (движение Z) (рис. 3.4)

Корпус 21, включающий в себя механизм выдвижения руки 15, перемещается вверх и вниз по двум направляющим 20, которые закреплены в верхней 22 и нижней 10 пластинах. На верхней опорной пластине установлена подmotorная плита 23, внутри нее находится электротормоз 3. Электродвигатель постоянного тока М1, установленный на подmotorной плите, через

зубчатую муфту 2 соединен с шариковым винтом 1. Гайка 26 шариковой винтовой пары закреплена в корпусе узла 21. На рис. 3.6 приведена конструкция механизма подъема и опускания.

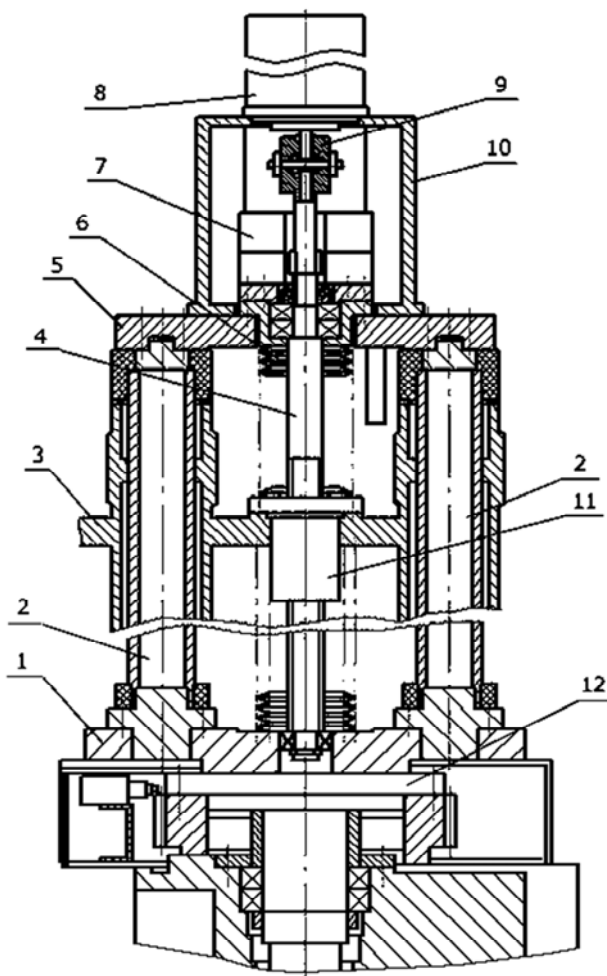


Рис. 3.6. Механизм подъема и опускания руки:

- 1, 5 – пластины опорные; 2 – цилиндрические направляющие;
 3 – корпус; 4 – винт ШВП; 6 – кожух; 7 – тормоз электромагнитный;
 8 – электродвигатель; 9 – муфта зубчатая; 10 – плита подmotorная;
 11 – гайка ШВП; 12 – опорный торец вала механизма поворота

3.4.3. Балансир

Балансировочное устройство уменьшает нагрузку на двигатель привода по оси Z , что позволяет совершать более частые перемещения по этой оси (см. рис. 3.4). Балансировочное устройство крепится на верхней плите 22 механизма перемещения по оси Z и включает в себя пневмоцилиндр 28, предохранительный клапан 30 со встроенным глушителем, а также глушитель 27, установленный в штоковой полости пневмоцилиндра. Шток пневмоцилиндра соединен с передней частью корпуса механизма выдвижения руки 21 через подшипник.

Давление сжатого воздуха, заполняющего цилиндр при движении вверх по оси Z , обеспечивает разгрузку шариковой винтовой пары.

3.4.4. Механизм выдвижения руки (движение R) (рис. 3.4)

К задней стенке корпуса 21 прикреплен кронштейн 24, на котором установлен электродвигатель постоянного тока $M3$. Вращение электродвигателя через приводные шкивы 12 и 13 зубчатременной передачи с передаточным отношением d_1/d_2 , равным 1, передается винту $V1$ шариковой винтовой пары 14 с шагом $P = 32$ мм. Гайка 14 шариковой винтовой пары соединена с кронштейном 25. К верхнему концу кронштейна прикреплен скалка 15, перемещающаяся вперед-назад во втулке 16. Нижний конец кронштейна движется по направляющей 12 (рис. 3.8), что позволяет избежать проворота скалки. Внутри пустотелой скалки проходит трубка 8 для подачи сжатого воздуха. На рис. 3.8 приведена конструкция механизма выдвижения руки.

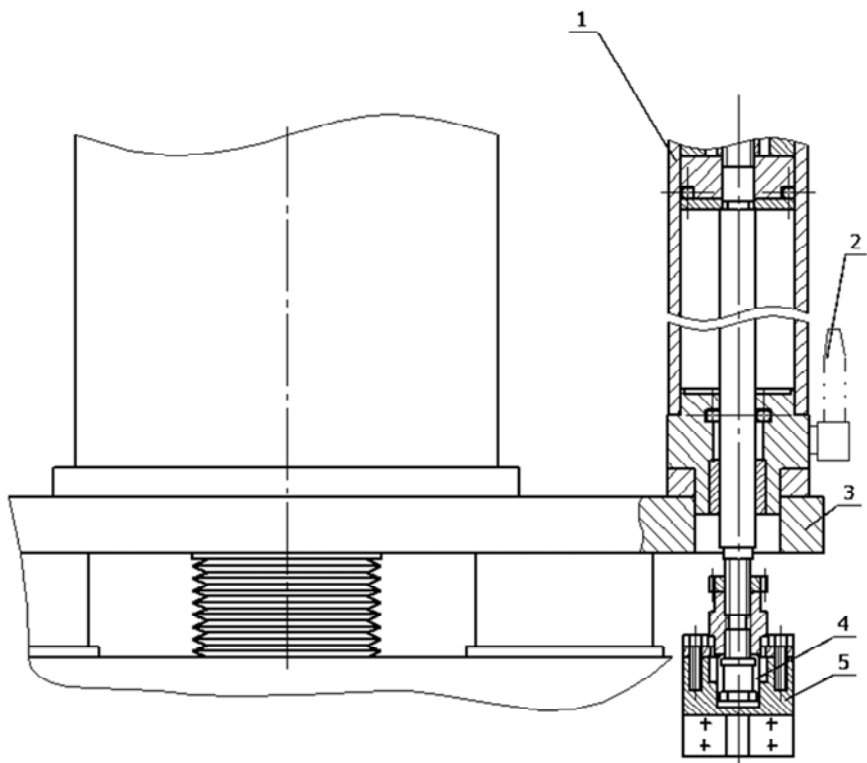


Рис. 3.7. Балансир:
1 – пневмоцилиндр; 2 – предохранительный клапан;
3 – плита механизма подъема; 4 – подшипник;
5 – корпус механизма выдвижения руки

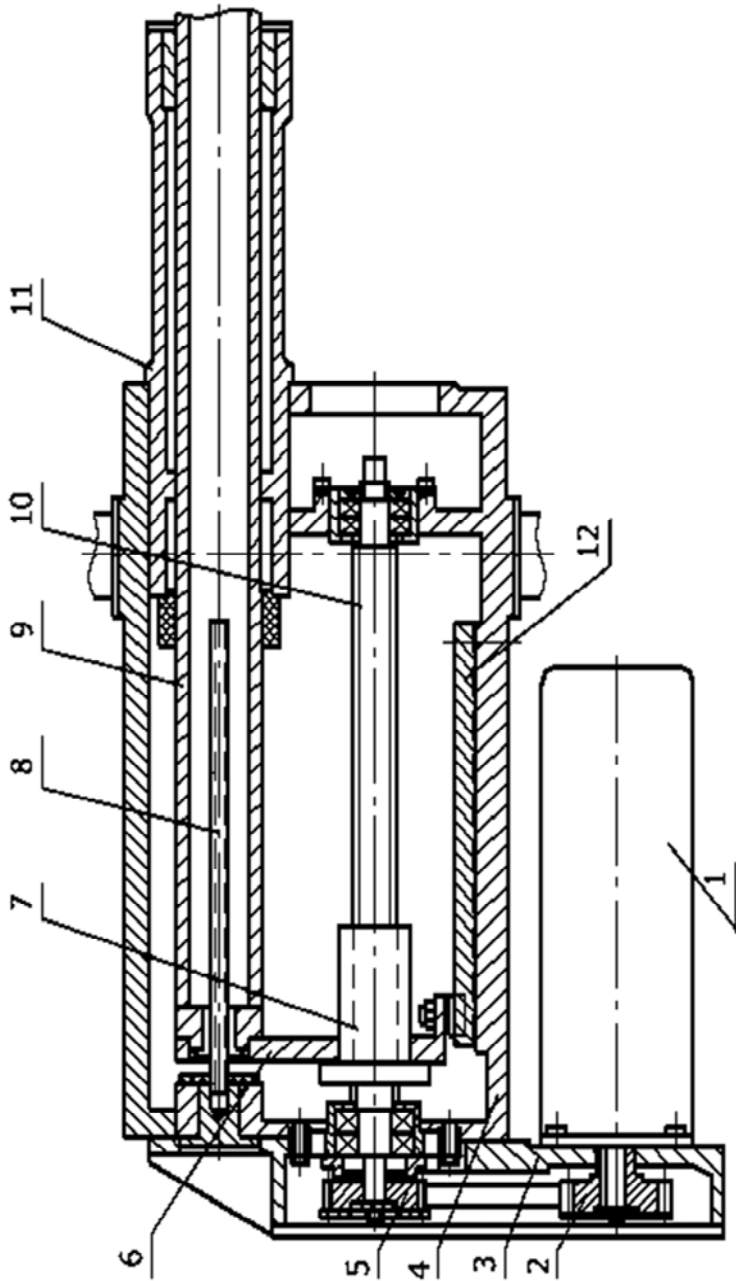


Рис. 3.8. Механизм выдвижения руки.

1 – электродвигатель; 2, 5 – шкивы зубчатой ременной передачи; 3, 6 – кронштейн; 4 – корпус;
 7 – гайка ШВП; 8 – пневмотрубка; 9 – скалка; 10 – ходовой винт; 11 – втулка; 12 – направляющая

3.4.5. Поворотный блок Б захватного устройства (рис. 3.9)

Поворотный блок Б состоит из механизма вращения по оси α (ротация) с двухпозиционным управлением (вкл./выкл.) и механизма изгиба по оси β . Вращение поворотного блока происходит от неполноповоротного пневмодвигателя 4, на выходном валу которого смонтированы детали 2 и 3 для присоединения захватов. На другом конце вала пневмодвигателя находится стопор 1, обеспечивающий фиксацию поворота по оси α на 90° и 180° (два положения $0^\circ/90^\circ$ или $0^\circ/180^\circ$ в зависимости от установленного стопора). Внутри корпуса 5 смонтирован амортизатор 7, уменьшающий удар при подходе стопора к упору 8. В поворотном блоке имеется также механизм изгиба 9, угол изгиба в пределах $\pm 3,5^\circ$ регулируется механически винтами 6.

3.4.6. Устройство зажимного механизма (рис. 3.10)

Захватные устройства служат для захвата и удержания в определенном положении объектов манипулирования. В комплектацию робота модели М20П.40.01 входит захватное устройство модели С01, которое является одинарным трехпальцевым для манипуляции предметами с массой до 10 кг с зажимом по наружной и внутренней поверхностям.

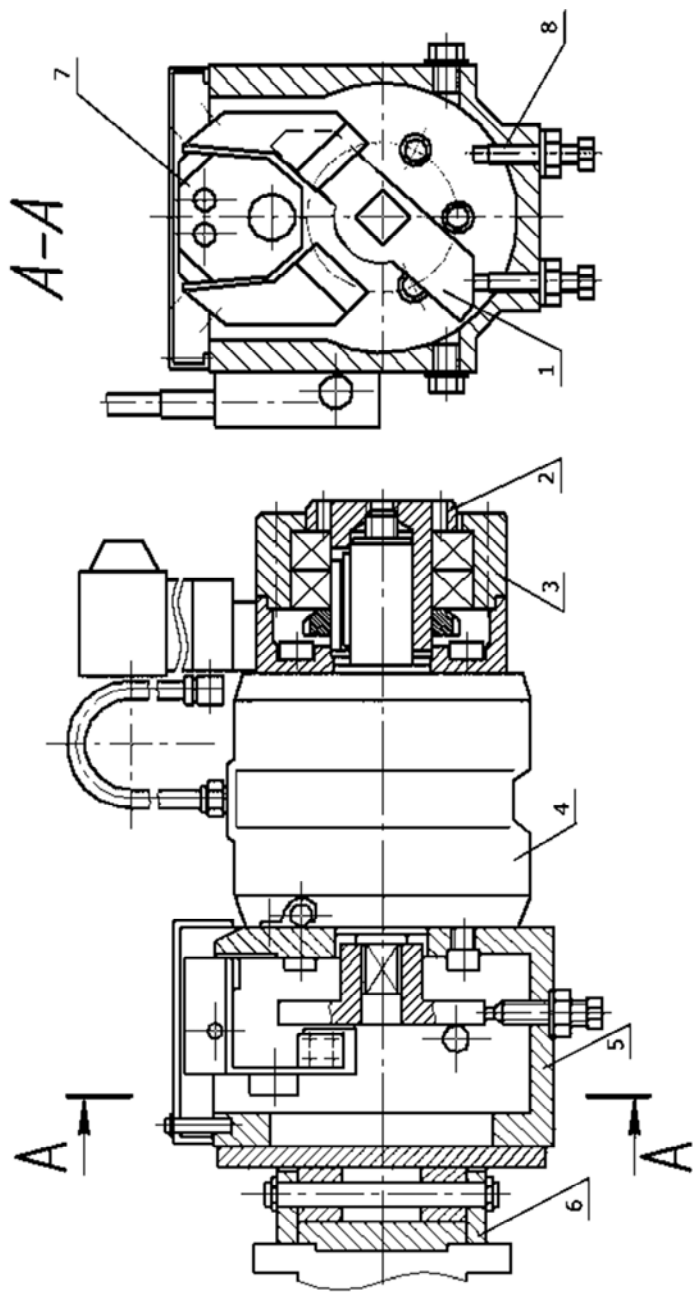


Рис. 3.9. Блок поворота захватного устройства.
 1 – стопор; 2, 3 – детали для присоединения захватов; 4 – пневмодвигатель; 5 – корпус блока;
 6 – амортизаторы изгиба; 7 – механизм изгиба; 8 – упоры

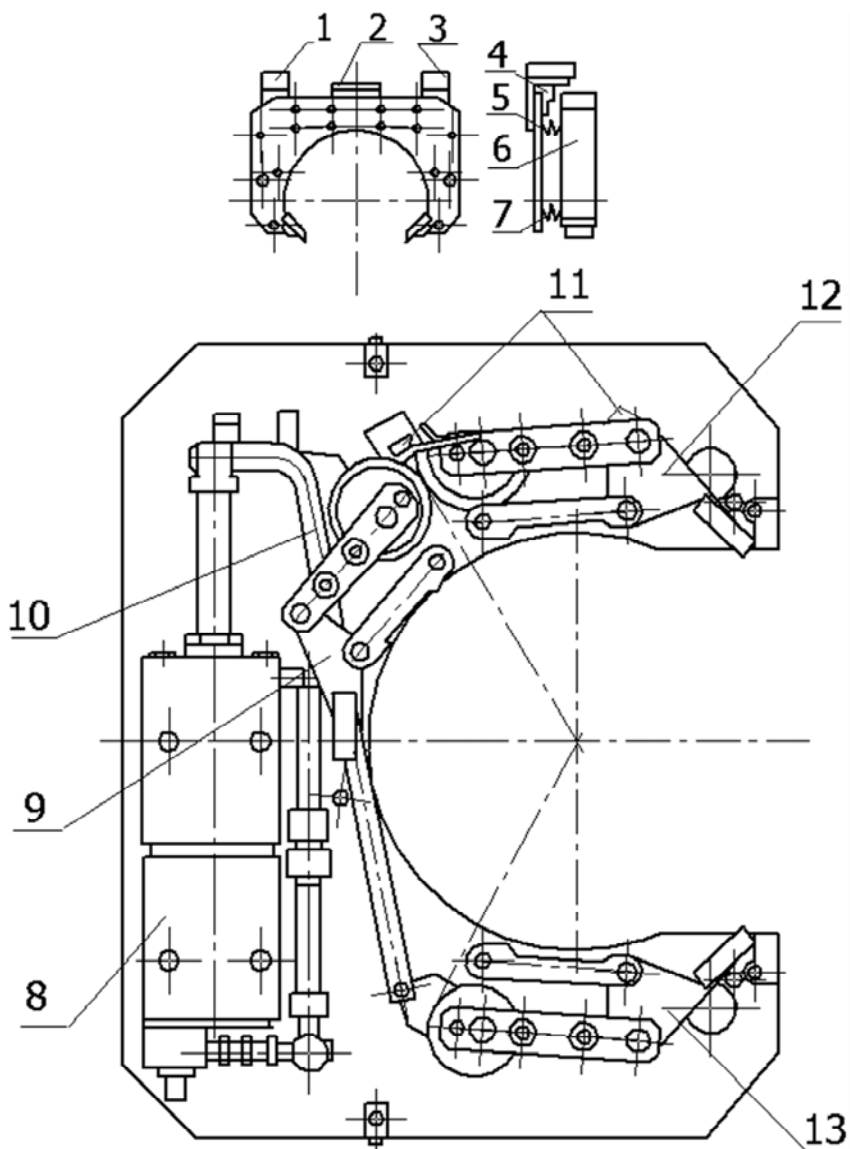


Рис. 3.10. Захватное устройство

Основные технические данные и характеристики захватного устройства:

1. Размеры захватываемого предмета, мм:
по наружному диаметру – 52...250;
по внутреннему диаметру – 38...268;
2. Максимальная грузоподъемность, кг – 10.
3. Время захватывания, с, (не более) – 2.
4. Время отпускания, с, (не более) – 2.
5. Разрешающая способность по устранению нецентричности положения заготовки, мм – ± 3 .
6. Величина допустимого выравнивающего отклонения – $\pm 2^\circ$.
7. Масса захватного устройства, кг – 9.

Захватное устройство СО1 состоит из блока пневмораспределителей 1, кронштейна предохранительного 2, коробки электроразъема 3, панели 4, трех пружин стяжек сталкивающего (демпфирующего) механизма 5, 7 и захватывающего (зажимного) механизма 6.

Центростремительный механизм 6 применяется в захватных устройствах СО1,..., СО4. В нем три держателя. Механизм включает в себя двухпоршневой цилиндр 8, шестеренчато-рычажную систему 10, конечные выключатели 11.

Держатель 13 связан с держателем 9 с помощью рычагов, держатели 9 и 12 связаны между собой шестеренчато-рычажной системой. Держатели 9, 12, 13 центростремительно и синхронно расходятся при толкающем движении цилиндра и сходятся при тянущем его движении. Полностью открытое и полностью закрытое положения держателя определяются двумя микровыключателями. Управление зажимного механизма осуществляется тремя электромагнитными пневмораспределителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленная робототехника / под ред. Я. А. Шифрина. – М: Машиностроение, 1982. – 415 с.
2. Бурдаков, С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С. Ф. Бурдаков. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
3. Промышленный робот с ЧПУ мод. М20П.40.01. Руководство по эксплуатации. – М.: Станкозавод «Красный пролетарий» им. А. И. Ефремова, 1983. – 79 с. и прил.
4. Макаров, И. М. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: в 9 т. / И. М. Макаров. – М.: Высшая школа, 1985. – Т. 2. – 175 с.
5. Макаров, И. М. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: в 9 т. / И. М. Макаров. – М.: Высшая школа, 1985. – Т. 3. – 159 с.
6. Металлорежущие станки / под ред. В. Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1986. – 575 с.
7. Промышленные роботы: Конструирование, управление, эксплуатация : учеб. пособие / В. И. Костюк [и др.]. – Киев: Высш. шк., 1985. – 359 с.
8. Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний: ГОСТ 12.2.072-98.
9. Жалнерович, Е. А. Применение промышленных роботов / Е. А. Жалнерович, А. М. Титов, А. И. Федосов. – Мн.: Беларусь, 1984. – 222 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИМЕНЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	3
1.1. Назначение и области применения промышленных роботов.....	3
1.2. Классификация роботов данного класса.....	5
1.3. Технические характеристики промышленных роботов.....	6
1.4. Приводы.....	7
1.5. Системы координат промышленных роботов.....	8
1.6. Захватные устройства.....	13
1.7. Роботизированные технологические комплексы (РТК).....	14
1.7.1. Планировки РТК.....	15
1.7.2. Примеры токарных РТК.....	17
2. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МОДЕЛИ М20П.40.01 И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	19
2.1. Назначение робота.....	19
2.2. Требования техники безопасности при обслуживании промышленного робота.....	19
2.3. Основные технические данные и технические характеристики.....	21
3. УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ РОБОТА И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ЕГО УЗЛОВ.....	23
3.1. Возврат в нулевую точку.....	23
3.2. Ручное управление.....	25
3.3. Автоматическое управление.....	25
3.4. Анализ конструкции механической системы ПР.....	28
3.4.1. Механизм поворота руки (движение Θ) (рис. 3.4)....	28

3.4.2. Механизм подъема и опускания руки (движение Z) (рис. 3.4)	32
3.4.3. Балансир	34
3.4.4. Механизм выдвижения руки (движение R) (рис. 3.4)	34
3.4.5. Поворотный блок Б захватного устройства (рис. 3.9)	37
3.4.6. Устройство зажимного механизма (рис. 3.10)	37
ЛИТЕРАТУРА	41

Учебное издание

КОЧЕРГИН Анатолий Иванович
БАБАК Татьяна Николаевна

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Пособие
для студентов специальности
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

Редактор *А. С. Мокрушников*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 01.07.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 100. Заказ 851.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.