

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР
Куйбышевский орден Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

В.Т. Д у д н и к о в

МЕХАНИЗМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ
И ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Утверждено редакционным
советом института
в качестве учебного пособия

Куйбышев 1983

УДК 621.45:62 - 229.6 - 52: 65.011.56 (075)

В.Т.Д у д н и к о в. Механизмы предварительной ориентации и промышленные роботы в авиадвигателестроении: Учебное пособие. - Куйбышев: КуАИ, 1983. - 64 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы, относящиеся к одному из важных направлений автоматизации с применением накопительных устройств, механизмов ориентации, передающих устройств, манипуляторов и промышленных роботов. Показана методика выбора эксплуатационных и конструктивных параметров механизмов ориентации. Подробно изложена классификация промышленных роботов. Описаны пространственные конструкции промышленных роботов и их схватов. Дается таблица технических характеристик отечественных ПР. Приводится методика расчета экономической эффективности их использования.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей 0537 и 0538 и слушателей ФПК отрасли.

Рецензенты: проф. д.т.н. М.К.К л е б а н о в, доц.к.т.н. Е.А. В е р е т е н и к о в

© Куйбышевский авиационный институт, 1983

Доп. план 1983, поз. 17

Василий Тимофеевич Д у д н и к о в

**МЕХАНИЗМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ
И ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ**

Учебное пособие

Редактор Т.К.К р е т и н и н а
Техн. редактор Н.М.К а л е н в и
Корректор С.С.Р у б а н

Подписано в печать 10.10.83. ЕО 000289.

Формат 60x84 1/16. Оперативная печать.

Бумага оберточная белая. Уч.-изд.л. 4,0.

Усл.п.л. 3,72. Т. 500 экз. Заказ 72

Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография имени В.П.Мяги, г. Куйбышев,
ул. Венцева, 60.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений автоматизации производственных процессов в авиадвигателестроении, выполняемых на металлорежущих станках, прессах и других видах технологического оборудования, является автоматизация загрузки, обеспечивающая подачу заготовок в рабочую зону и удаление деталей после их обработки, а также выполнение отдельных транспортных работ как в производственных цехах, так и в складских помещениях.

Материально-технической основой этого направления являются накопительные и ориентирующие устройства (бункеры с механизмами ориентации, магазинные и бункерно-магазинные устройства и специальные накопители), передающие устройства, к которым относятся лотки, питательные механизмы (питатели и отсекатели), манипуляторы (механические руки, автооператоры) и промышленные роботы.

При автоматизации загрузки оборудования выполняются следующие целевые операции:

накопление и ориентация заготовок, происходящие автоматически в бункерах и вручную - в магазинных, бункерно-магазинных устройствах и специальных накопителях;

передача заготовки в рабочую зону, осуществляемая питательными механизмами или манипуляторами, а также промышленными роботами;

закрепление заготовок перед обработкой, выполняемое в специальных приспособлениях с механическими, пневмомеханическими, гидравлическими или электромеханическими приводами, которые здесь не рассматриваются;

удаление деталей из рабочей зоны после их обработки, производимое во многих случаях, когда не требуется сохранения ориентации деталей сравнительно простыми устройствами - выталкивателями

или при ее сохранении и передаче на другое оборудование манипуляторами или промышленными роботами.

Как видно из указанных выполняемых целевых задач и особенностей применяемых устройств, конструкция бункерных устройств с механизмами ориентации является более сложной, чем магазинных и бункерно-магазинных. Манипуляторы по сравнению с обычными питателями выполняют более сложные функциональные задачи, но так же, как и питатели, работают по одной целевой программе, поэтому не универсальны и применяются в установленном крупносерийном и массовом производстве.

В отличие от обычных питателей и манипуляторов, промышленные роботы являются более универсальными и по конструкции, как правило, более сложными, и даже менее совершенными из них (первого поколения, работающие по жесткой программе) могут быстро перестраиваться для выполнения различных операций путем изменения программы, а некоторые из них могут использоваться и для осуществления транспортировки деталей.

Эта особенность промышленных роботов обуславливает их широкое применение в авиадвигателестроении, отличающемся быстрой сменяемостью объектов производства, а иногда - выпуском деталей сравнительно малыми сериями. При этом создаются предпосылки для решения ряда технико-экономических и социальных проблем, таких как:

автоматизация ручного труда во вредных и опасных производственных условиях;

автоматизация тяжелых ручных и непрестижных монотонных работ, особенно в заготовительных цехах с более тяжелыми условиями труда, а также в механических и сборочных цехах и в складских помещениях;

увеличение сменности и более полное использование оборудования;

осуществление комплексной автоматизации на базе создания робототехнических комплексов и автоматизированного оборудования в ЧПУ.

Учитывая, что наиболее широкое применение получили промышленные роботы первого поколения, работающие по жесткой программе, требуется обеспечивать подачу деталей в ориентированном положении, с достаточной точностью исходного положения, для чего создаются дополнительные накопительные и ориентирующие устройства.

Для эффективного использования промышленных роботов необходима повышенная надежность их конструкции и создание безопасных условий обслуживающего персонала.

Как показывает производственный опыт, наибольшую эффективность в условиях серийного производства дает комплексная автоматизация технологических процессов на базе создания роботизированных комплексов с применением оборудования с числовым программным управлением.

В решениях ЦК КПСС, принятых в августе 1980 г., комплексная механизация и автоматизация на основе широкого применения автоматических манипуляторов (промышленных роботов) рассматривается, как одно из важных направлений работы по повышению производительности труда и ускорению научно-технического прогресса в отраслях народного хозяйства, которое "будет способствовать решению проблемы трудовых ресурсов в одиннадцатой и двенадцатой пятилетках".

В соответствии с этим в настоящее время осуществляется опережающее развитие робототехнических систем.

В планах экономического и социального развития СССР, начиная с 1981 года, предусматривается отдельной строкой задания министерствам по производству и внедрению автоматических манипуляторов (промышленных роботов). Совместным постановлением ГК СССР по науке и технике, Госплана СССР, Академии наук и Минвуза СССР утверждена комплексная программа по созданию и внедрению автоматических манипуляторов в различных отраслях народного хозяйства. Этой программой определены задания по изготовлению промышленных роботов с привлечением производственных мощностей 22 министерств и по внедрению их на предприятиях 34 министерств. В проведении научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ принимают участие коллективы 30 вузов страны. В течении XI пятилетки планируется произвести 40-45 тысяч промышленных роботов и манипуляторов, способных заменить труд 100-120 тысяч человек.

I. УСТРОЙСТВА НАКОПЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМЫ ОРИЕНТАЦИИ ЗАГОТОВОК

I.1. Виды заготовок и их ориентация при автоматической загрузке

Заготовки деталей при их обработке на автоматизированном оборудовании могут быть непрерывными (в виде лент и проволоки), групповыми (в виде прутков и полос) и штучными (в виде поковок и отливок, заготовок, получаемых методом непрерывной прокатки периодических профилей, гидродинамическим выдавливанием и т.д.).

Подача непрерывных и групповых заготовок при изготовлении деталей на автоматическом оборудовании производится его целевыми механизмами.

Автоматизация загрузки штучных заготовок (включая предварительно обработанные), которых большинство, является одной из главных проблем ввиду трудностей, связанных с их ориентацией.

Ориентация мелких и средних заготовок, таких как нормализованные детали (шпильки, болты, гайки, шайбы и т.д.), оси форсунки, втулки, крышки, шестерни и т.п., производится механизмами ориентации бункерных загрузочных устройств, в которых в емкость бункера заготовки насыпаются без всякой ориентации ("навалом"). Ручная укладка заготовок в ориентированном положении производится в магазинных устройствах (с расположением заготовок в один ряд), в бункерно-магазинных устройствах (в несколько рядов) или в специальных накопителях.

Загрузка ориентированных заготовок этого вида в рабочую зону оборудования возможна с использованием всех видов передающих устройств - питательных механизмов, манипуляторов и промышленных роботов.

Ориентация крупных деталей, таких как корпуса и диски турбин и компрессоров, валы редуктора и т.п. производится вручную с приме-

нением средств механизации (автопсгрузчиков, монорельсовых тележек, подъемных кранов и т.п.) с установкой заготовок в специальных накопителях, из которых при автоматической загрузке заготовки передаются в рабочую зону оборудования манипуляторами или промышленными роботами.

Выбор конструкции устройств накопления и ориентации заготовок определяется их формой и размерами, преимущественной ориентацией (наиболее устойчивым положением в процессе ворошения) и условиями, обеспечивающими надежный захват питательными механизмами или схватами манипуляторов и промышленных роботов.

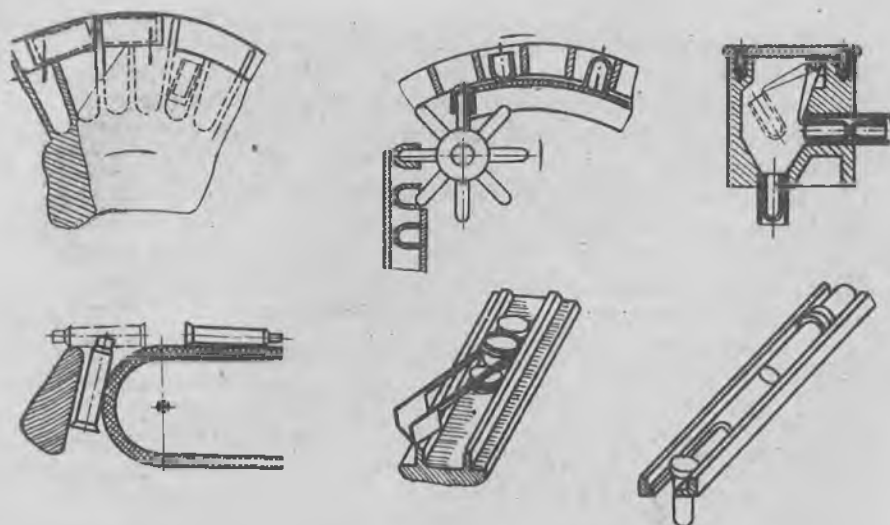
В зависимости от характера ориентации штучные заготовки делятся на четыре группы:

- 1) заготовки, не требующие ориентации (шары);
- 2) заготовки, требующие ориентации в одном направлении (цилиндрические ролики и валики, гладкие втулки и т.п.);
- 3) заготовки, требующие ориентации в двух направлениях (болты, многоступенчатые валики, конические ролики и т.п.);
- 4) заготовки со сложной схемой ориентации.

Для придания необходимого положения детали в рабочей зоне оборудования по пути ее движения в загрузочных устройствах может использоваться несколько приемов ориентации и связанных с ними устройств первичной, вторичной и последующей ориентаций. Первичная ориентация, как правило, осуществляется захватными устройствами механизмов ориентаций, рассмотренных ниже. Способы и механизмы вторичной ориентации показаны на рис. 1.

Кроме условий ориентации при выборе конструкции автоматических загрузочных устройств следует учитывать условия эксплуатации. Загрузочные устройства не должны ограничивать производительность оборудования, не должна затрудняться его настройка, зона загрузки должна располагаться вне зоны скопления стружки. Учитывая быстроту сменяемости изделий в авиадвигателестроении, загрузочные устройства должны быть универсальными, перенастраиваемыми для других аналогичных деталей.

В массовом производстве мелких и средних деталей (при большой программе выпуска) для накопления и ориентации целесообразно использовать бункерные устройства, а в серийном — более простые магазинные или бункерно-магазинные загрузочные устройства с ручной укладкой заготовок. Выбор загрузочных устройств для конкретных производственных условий должен быть обоснован технико-экономическими расчетами.



Р и с. 1. Механизмы вторичной ориентации

Ввиду большого количества конструктивных видов обычно применяемых загрузочных устройств имеется несколько их классификаций. В качестве классификационных признаков различными авторами используются: конструкция захватных органов, способ ориентации деталей, характер движения рабочих органов, способ выдачи и др.

Наиболее подробная их классификация разработана ВНИМС. По этой классификации все автоматические загрузочные устройства делятся на указанные выше классы (бункерные, магазинные и бункерно-магазинные), затем — по характеру движения заготовок (самотечные, подсамотечные, принудительные и комбинированные) и по характеру движения несущих и захватных органов (возвратно-поступательное, возвратно-качательное, поступательное, вращательное и колебательное) — на отдельные типы.

В соответствии с этой классификацией разработана маркировка загрузочных устройств.

1.2. Механизмы ориентации бункерных загрузочных устройств

Слово "бункер" английского происхождения, в первоначальном значении относилось к емкости для засыпки угля на пароходе. В машиностроении под бункерный загрузочный механизм понимается само-

действующее (автоматическое) загрузочное устройство, которое заполняется заготовками без какой-либо ориентации ("навалом") и с помощью механизмов выдает их в ориентированном положении.

Затем с применением лотков и питательных механизмов или манипуляторов заготовки передаются в рабочую зону станка или другого технологического оборудования, регламентированно во времени.

Основными конструктивными элементами бункерных загрузочных устройств являются:

- емкость для загрузки штучных заготовок;
- механизмы ориентации;
- привод механизма ориентации;
- устройства целевого назначения (ворошители, сбрасыватели, предохранительные муфты и т.п.);
- устройства вторичной ориентации (при сложных схемах ориентации они могут быть отдельными конструктивными элементами).

Иногда по конструктивным соображениям к бункеру могут присоединяться элементы для передачи заготовок в рабочую зону (лотки, питательные механизмы и манипуляторы).

Емкость бункера зависит от производительности станка или другой рабочей машины Q и времени работы при однократной загрузке T .

Количество одновременно загружаемых деталей

$$n_g \geq QT.$$

(I)

В случае, если одновременно загружаемые детали мешают движению захватных органов, делается предбункер, в виде емкости, расположенной выше зоны работы захватных органов и отделяемой от нее перегородкой.

В соответствии с количеством одновременно нагружаемых деталей и плотностью их расположения, учитываемой коэффициентом заполнения ($K = 0,5-0,8$) для каждой конструкции загрузочного устройства, определяются объем емкости бункера и соответствующие его конструкции геометрические размеры.

Конструкции механизмов ориентации бункерных загрузочных устройств разнообразны. Размеры их конструктивных элементов принимаются "по конструктивным соображениям", что соответствует проверенным практикой соотношениям их размеров с размерами загружаемых заготовок обеспечивающим устойчивую работу загрузочного устройства.

В зависимости от конструкции захватных органов и характера их движения можно выделить следующие наиболее распространенные

виды механизмов ориентации: крючковые, штырьевые, карманчиковые, секторные и ползуноквые, трубчатые, вибрационные.

По характеру выдачи заготовок первые три вида относятся к механизмам с порционной выдачей заготовок. Секторные и ползуноквые - с выдачей заготовок порциями, а трубчатые и вибрационные - с непрерывной выдачей заготовок.

Ниже рассматриваются конструкции этих механизмов ориентации и методики расчета основных эксплуатационных и конструктивных параметров.

1.3. Крючковые механизмы ориентации

В качестве захватных органов в этих устройствах применяются крючки, расположенные на периферии, внутри или на торце вращающегося диска. Конструктивные разновидности показаны на рис. 2.

Принимаются рассматриваемые механизмы для загрузки втулок и колпачков с отношением длины L к диаметру $D - \frac{L}{D} = 2 \dots 4$.

Конструктивная схема крючкового механизма ориентации с расположением крючков на периферии диска показана на рис. 3. Процесс захвата деталей крючками носит вероятностный характер. Детали в бункере располагаются с учетом преимущественной ориентации вдоль дна А и захватываются крючком в положении П. Захваченная заготовка удаляется крючком, а следующая заготовка, удобно ориентированная, перекачивается из положения I в положение П. Для того, чтобы деталь успела занять положение П, соответствующее очередному захвату крючком, шаг между крючками выбирается из условия.

$$t_k \geq b + l_k + L + \Delta, \quad (2)$$

где b - толщина стержня, несущего крючок;

l_k - длина крючка;

Δ - промежуток, обеспечивающий качение заготовки из положения I в положение П.

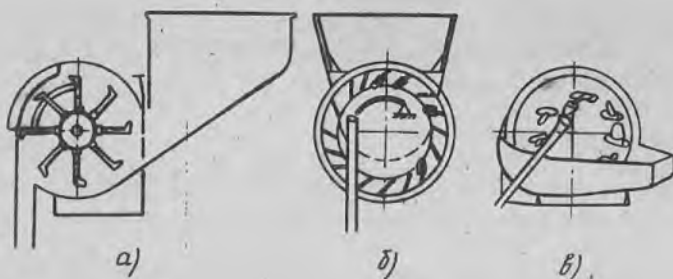
При этом, если скорость движения крючка является слишком большой, деталь будет отбита крючком. Следовательно, время качения детали должно соответствовать времени прохождения крючком расстояния Δ , т.е. выдерживается условие:

$$\Delta > vt,$$

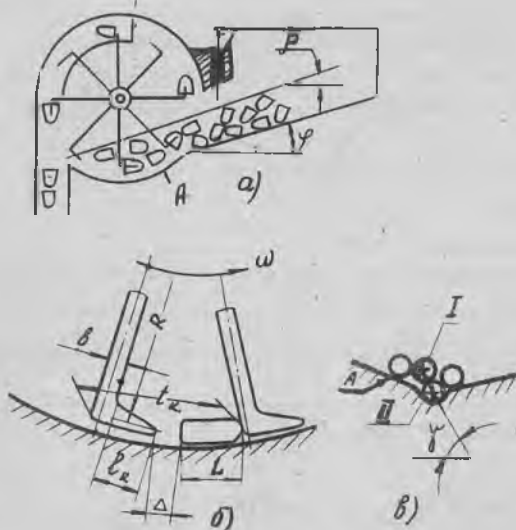
где v - окружная скорость движения крючков.

Время качения по наклонной плоскости

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{g \left(\sin \gamma - \frac{2f_k}{D} \cos \gamma \right)},$$



Р и с. 2. Конструктивные разновидности рatchetных механизмов ориентации: а-с рatchetками, расположенными на периферии диска; б-с рatchetками, расположенными внутри барабана; в-с рatchetками, расположенными на торце диска



Р и с. 3. Рatchetный механизм ориентации: а-конструктивная схема; б-шаг захватных органов; в-положения детали при ориентации

где S - путь качения, a - ускорение, D - диаметр заготовки, γ - угол наклона дна, f_k - коэффициент трения качения. Следовательно,

$$\Delta \geq v \sqrt{\frac{2D}{g(\sin \gamma - \frac{2f_k}{D} \cos \gamma)}} \quad (3)$$

Величина скорости движения крычков ограничивается также и условием возможности спадания детали с крычка и попадания в отводящий лоток.

Оба этих условия будут влиять на заполнение крычков во время работы бункера.

Учитывая изложенное, производительность крычкового механизма ориентации определяем по формуле:

$$Q = Z n \eta K_1, \quad (4)$$

где Z - число крычков; n - частота вращения крычков (об/мин); η - коэффициент заполнения крычков (целевой к.п.д.); K_1 - коэффициент, зависящий от соотношения $\frac{L}{D}$.

Коэффициент заполнения крычков существенно зависит от окружающей скорости движения крычков.

По экспериментальным данным

$$\eta = \eta_{max} - \varepsilon v^{\psi} \quad (5)$$

Для деталей типа колпачков при $\frac{L}{D} = 3$

$$\eta = 0,73 - 0,32 v^4, \quad (6)$$

где v имеет размерность в м/с.

Значения коэффициента K_1 для этих же деталей следующие:

L/D	1	2	3	4	5
K_1	0	0,75	1,0	0,5	0

Учитывая, что $v = \frac{\pi R n}{30}$, $Z = \frac{2\pi R}{t_k}$,

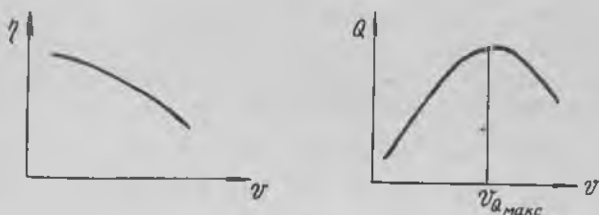
получим

$$Q = \frac{60v}{t_k} (\eta_{max} - \varepsilon v^{\psi}) K_1. \quad (7)$$

Приведенные зависимости (5), (7) можно представить графиками (рис. 4).

Из выражения (8) определяем скорость, соответствующую наибольшей производительности:

$$\frac{dQ}{dv} = \frac{60v}{t_k} [\eta_{max} - (\psi+1)\varepsilon v^{\psi}] K_1 = 0; \quad v_{Qmax} = \sqrt[\psi]{\frac{\eta_{max}}{\varepsilon(\psi+1)}} \quad (8)$$



Р и с. 4. Зависимость коэффициента заполнения крючков η и производительности механизма ориентации Q от скорости движения крючков v

Определение конструктивных и эксплуатационных параметров и производительности механизма ориентации. Радиус крючков R , их длина l_k , угол наклона днища γ выполняются по конструктивным соображениям

$$R = (5 \dots 10)L; l_k = (1,2 \dots 1,3)L; \gamma = 15 \dots 20^\circ.$$

Толщину стержня δ рассчитывают, исходя из условий прочности.

Затем конструктивные параметры определяются в следующей последовательности: Δ - по формуле (3), шаг - по формуле (2), число крючков - по формуле $Z = \frac{2\pi R}{l_k}$, частота вращения крючков - по формуле $n = \frac{60 \cdot 1000 v_{\text{мах}}}{2\pi R}$, коэффициент заполнения крючков по формуле (5), производительность - по формуле (7).

Так, например, для колпачков $L = 30$ мм, $D = 10$ мм

$$v_{\text{мах}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,73}{0,32(4+1)}} = 0,82 \text{ м/с};$$

$$R = 8L = 8 \cdot 30 = 240 \text{ мм};$$

$$l_k = 1,2L = 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ мм}; \delta = 12 \text{ мм}.$$

При $\gamma = 20^\circ$, $f_k = 0,05$ мм получим

$$\Delta \geq v \sqrt{\frac{2D}{g(\sin \gamma - \frac{2f_k}{D} \cos \gamma)}} = 0,82 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,01}{9,81(\sin 20^\circ - \frac{2 \cdot 0,05}{10} \cos 20^\circ)}} = 0,064 \text{ м}$$

Шаг крючков

$$t_k \geq \delta + l_k + L + \Delta = 12 + 36 + 30 + 64 = 142 \text{ мм}.$$

Число крючков

$$Z = \frac{2\pi R}{t_k} = \frac{2\pi \cdot 240}{142} = 10,7.$$

Принимаем Ю. Частота вращения крычков

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \nu Q_{max}}{2\pi R} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0,82}{2\pi \cdot 240} = 32,600/\text{мин.}$$

Коэффициент заполнения крычков

$$\eta = \eta_{max} - \varepsilon \nu^{\psi} = 0,73 - 0,32 \cdot 0,82^4 = 0,59.$$

Производительность крычкового механизма ориентации

$$Q = Z n \eta K_{\eta} = 10 \cdot 32,6 \cdot 0,59 \cdot 1 = 188 \text{ шт/мин.}$$

Для механизма ориентации с расположением крычков на внутренней поверхности диска (рис.2)

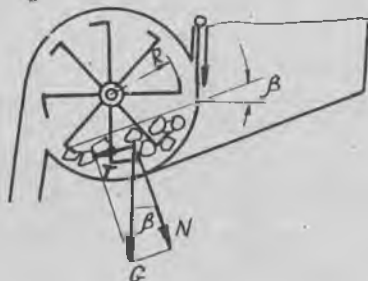
$$\eta = 0,245 - 13 \nu^4 \quad (\text{для колпачков } \frac{b}{D} = 2 \dots 4).$$

В соответствии с формулой (8)

$$\nu_{opt} = \sqrt[4]{\frac{0,245}{13(4+1)}} = 0,0613 \text{ м/с.} \quad (9)$$

Сравнивая это значение с ранее полученным, следует отметить значительное снижение коэффициента выдачи и производительности, что объясняется влиянием инерционных сил, действующих на деталь, которые не благоприятствуют движению детали с крычка.

Определение мощности привода. При вращении крычков основная масса деталей, заключенная в зоне работы крычков, приподнимается на некоторую высоту, затем обрушивается, происходит процесс ворошения. Работа, совершаемая крычками, тратится как на преодоление силы тяжести деталей, заключенных в рабочей зоне крычков, так и на преодоление сил трения. В результате этого детали занимают неуровненное положение, располагаясь под углом естественного откоса β (рис.5). Определяя массу заключенных деталей в рабочей зоне,



Р и с. 5. Схема сил

можно определить моменты силы тяжести и сил трения.

Тангенциальная составляющая силы тяжести

$$T = G \sin \beta \quad (10)$$

и нормальная -

$$N = G \cos \beta. \quad (11)$$

Момент сил, действующих на крычки

$$M_K = T r + f N R q, \quad (12)$$

где ρ - расстояние от оси вращения до центра тяжести объема;
 f - коэффициент трения; R_g - радиус днища бункера.

Принимая $\rho \approx R_g = R$, получим

$$M_k = GR(\sin \beta + f \cos \beta). \quad (13)$$

Сила тяжести деталей, заключенных в рабочей зоне,

$$G = q Z_g K, \quad (14)$$

где q - сила тяжести одной детали (кгс); Z_g - число деталей, заключенных в объеме рабочей зоны бункера; K - коэффициент заполнения объема (обычно принимается $K = 0,5-0,8$).

В свою очередь, число деталей в рабочей зоне Z_g определяется из соотношения

$$Z_g = \frac{V_g}{V_1}, \quad (15)$$

где V_g - объем рабочей зоны бункера; V_1 - объем детали (при расчете по наружному контуру).

Установив момент действующих сил, определяем эффективную мощность привода (в кВт):

$$N_g = \frac{M_k n}{97500}. \quad (16)$$

Учитывая сделанные допущения, действительная мощность привода принимается примерно в 2 раза больше расчетной.

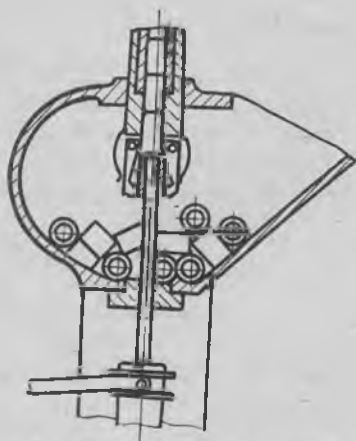
Особенностью конструкции привода большинства механизмов ориентации с вращающимися захватными органами, при работе которых возможны заклинивания неправильно ориентированных деталей, является наличие в передающем механизме самовыключающихся муфт. Их конструкции отличаются тем, что они обеспечивают сразу после заклинивания поворот захватных органов в сторону, противоположную их движению (на некоторый угол, соответствующий длине детали), что автоматически устраняет заклинивание.

Принцип работы подобных устройств будет показан на примере конструкции муфт карманчиковых загрузочных устройств, рассмотренных ниже.

Конструкция муфт кривоных механизмов ориентации более сложная и приводится в работе [1].

1.4. Штырьевые механизмы ориентации

В качестве захватного органа в них применяется возвратно-поступательно движущийся штырь (рис. 6).



Р и с. 6. Штырьевой механизм ориентации

ности захвата, равный 0,2 ... 0,4.

Средняя скорость движения штыря принимается

$$v = 0,3 \dots 0,5 \text{ м/с.}$$

Число двойных ходов

$$n = \frac{60 \cdot 1000 v}{2S} \left(\frac{\text{ходов}}{\text{мин}} \right), \quad (16)$$

где S - ход штыря (мм).

Производительность рассматриваемых механизмов

$$Q = 30 \dots 60 \frac{\text{шт}}{\text{мин}}.$$

1.5. Карманчиковые механизмы ориентации

Карманчиковые механизмы ориентации применяются для загрузки валиков, роликов, втулок, колец, шариков и других деталей.

Их устройство состоит из корпуса, имеющего форму усеченного цилиндра, встроенного в него вращающегося диска с карманами, отводящего лотка и привода (рис. 7).

Попавшая на штырь деталь проталкивается в приемник и задерживается собачками.

Указанные механизмы применяются для втулок, гаек, пустотелых роликов и колпачков, не имеющих четко выраженной преимущественной ориентации (при $\frac{L}{D} = 0,5 \dots 1,8$).

Вероятность захвата этих заготовок и, соответственно, производительность бункера небольшая.

Производительность бункера

$$Q = n \dot{\eta}, \quad (17)$$

где n - число двойных ходов в мин; $\dot{\eta}$ - коэффициент вероят-

Карманы для деталей типа дисков, роликов, втулок располагаются с учетом преимущественной ориентации. При $\frac{L}{D} < 1$ ось детали располагается перпендикулярно плоскости диска (рис. 8, б), при $\frac{L}{D} = 1,5 \dots 2,5$ — по хорде диска (рис. 8, а).

При соотношении $\frac{L}{D} > 2,5$ расположение карманов с учетом преимущественной ориентации (с расположением оси детали по хорде диска) ведет к значительному уменьшению числа карманов и, следовательно, производительности. В этом случае карманы располагаются перпендикулярно хорде диска (рис. 8, в), и для улучшения условий ориентации в перемычках карманов делаются выступы, благоприятствующие ориентации оси деталей (рис. 8, г).

Для деталей типа колпачков делаются фасонные карманы, обеспечивающие двойную ориентацию (рис. 8, д).

Для деталей сложной формы карманы делаются по форме деталей с учетом их преимущественной ориентации.

Шаг карманов определяется по формуле

$$t_k = \delta + L + \Delta, \quad (19)$$

где δ — ширина перемычек; L — размер детали в направлении хорды диска; Δ — зазор, обеспечивающий выпадение деталей в отводящий лоток, исключающий заклинивание диска.

Зазор Δ должен быть меньше минимального размера детали (для ролика, ориентированного своей осью по хорде диска $\Delta < D$), что исключает неправильную ориентацию деталей и их заклинивание в лотке.

Время выпадения детали в отводящий лоток

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2D}{g(\sin \gamma - f \cos \gamma)}}, \quad (20)$$

где $\gamma = 90 - \alpha$; α — угол наклона диска к горизонту.

Зазор Δ из условия обеспечения выпадения детали в отводящий лоток

$$\Delta \geq v_{qmax} t, \quad (21)$$

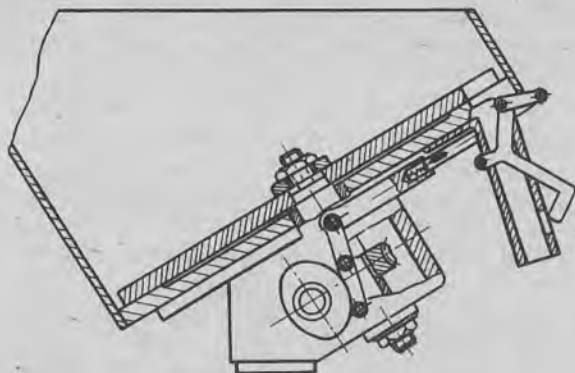
где v_{qmax} — скорость, соответствующая наибольшей производительности.

Последняя для карманчиковых механизмов определяется таким же образом, как и для крычковых.

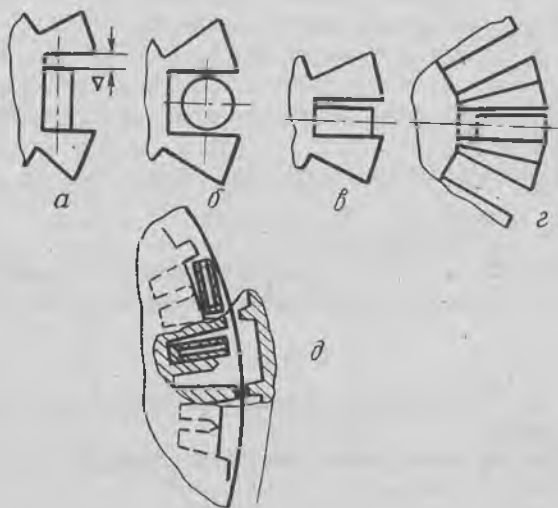
Учитывая, что

$$\eta = \eta_{max} - \varepsilon v^{\psi}, \quad (22)$$

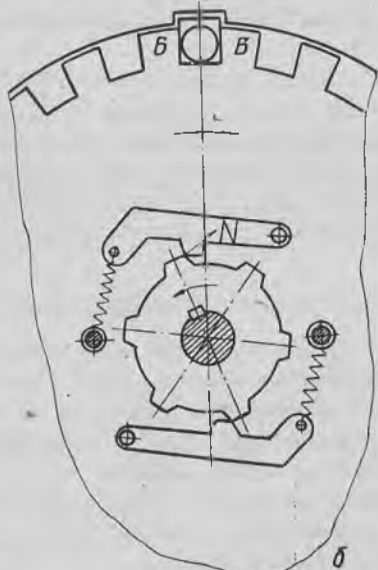
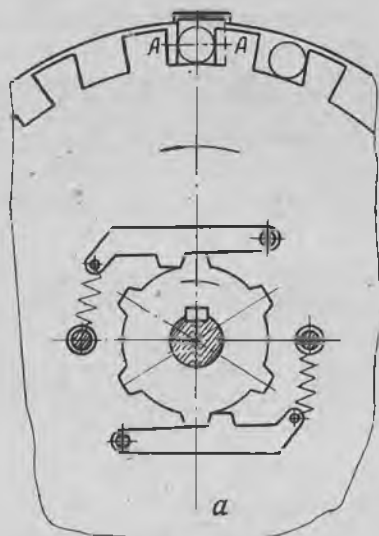
$$v_{qmax} = \sqrt{\frac{\eta_{max}}{\varepsilon(\psi+1)}}. \quad (23)$$



Р и с. 7. Карманчиковый механизм ориентации



Р и с. 8. Формы карманов



Р и с. 9. Конструкция предохранительной муфты: а-при нормальной работе; б-в момент заклинивания

Производительность карманчиковых механизмов ориентации

$$Q = Z n \eta K_1 \quad (24)$$

Для деталей типа колпачков ($\frac{L}{D} = \frac{40}{10} = 4$) с двойной ориентацией детали (рис. 8, д)

$$\eta = 0,9 - 27,2 v^4 \quad (25)$$

Для блочка велоцепи ($L \times \delta \times h = 22 \times 6 \times 10$)

$$\eta = 0,39 - 17,3 v^4 \quad (26)$$

Из приведенных значений η для различных типов деталей видно, что η и связанная с ним скорость, соответствующая наибольшей производительности $v_{Q_{max}}$, и производительность карманчиковых механизмов ориентации изменяются в широких пределах.

Для типовых деталей, для которых известно значение δ , Δ можно установить из условия (21) или принять

$$\Delta = \delta - (1 \dots 2) \text{ мм}, \quad (27)$$

где δ - наименьший размер детали.

Для обеспечения безаварийной работы привода в механизме, передающем вращение диску бункера, устанавливаются предохранительные муфты (рис. 9).

Особенностью их конструкций является то, что при заклинивании ориентируемой детали рычаги, передающие вращение диску от шлицевого валика, расходятся. При попадании зубцов рычагов на нерабочую поверхность шлиц обеспечивается поворот диска на некоторый угол в сторону, противоположную направлению его вращения, чем обеспечивается освобождение детали и автоматическое устранение заклинивания.

1.6. Секторные и ползунковые механизмы ориентации

В качестве захватного органа этих механизмов используются лотки или с качательными движениями - секторные, или с возвратно-поступательным - ползунковые (ножевые, шиберные) (рис. 10 и 11). Эти устройства применяются для широкого круга деталей: болтов, дисков, валиков, овальных пластин и других деталей.

Секторные механизмы ориентации более надежны в работе, чем ползунковые, т.к. в направляющие последних часто попадает грязь, что может вызывать заклинивание ползуна.

Для секторных механизмов ориентации скорость движения лотка различна. Наименьший радиус сектора является не рабочим. Амплитуду

да колебаний наибольшего радиуса сектора и число его двойных ходов ограничиваются условиями, исключающими подбрасывание деталей.

При наличии кулисного или кривошипно-шатунного привода длина лотка сектора или ползуна ограничивается условиями скатывания всех захваченных деталей из лотка.

Для создания условий, обеспечивающих удаление всех захваченных деталей в отводящий лоток, как для секторных, так и ползунок-вых механизмов ориентации лоток может задерживаться в верхнем положении путем применения привода, в котором движение лотка осуществляется от профилированного кулачка.

Для некоторых видов деталей, таких как валики, для увеличения времени скольжения, длины лотка и, соответственно, производительности механизма ориентации рядом с подвижным монтируется неподвижный лоток, по которому осуществляется скольжение деталей в отводящий лоток, а сектор или ползун используется лишь как захватно-ориентирующее устройство (рис. II). В этом случае при необходимости легко осуществить и боковой отвод деталей через окно в стенке неподвижного лотка.

Для исключения попадания неправильно ориентированных деталей в отводящий лоток устанавливается сбрасыватель или щиток с окном, в который могут проходить лишь правильно ориентированные детали.

Производительность секторных и ползунок-вых механизмов ориентации

$$Q = q n \eta, \quad (28)$$

где q - число размещаемых деталей по длине лотка; n - число двойных ходов; η - коэффициент выдачи.

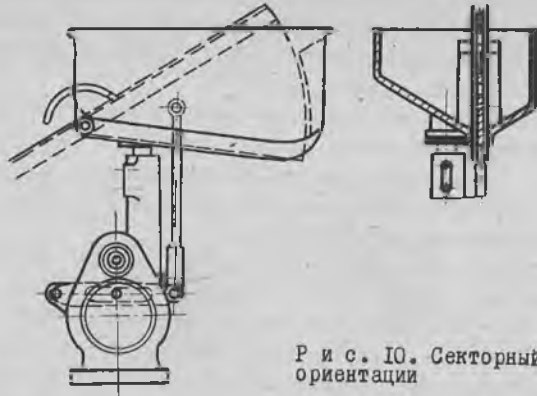
По экспериментальным данным для деталей типа болтов и заклепок (при $\frac{L}{D} = \frac{55}{13} = 4,2$)

$$\eta = \eta_{max} - \varepsilon n^{\psi} = 0,11 - 2,7 \cdot 10^{-9} n^4$$

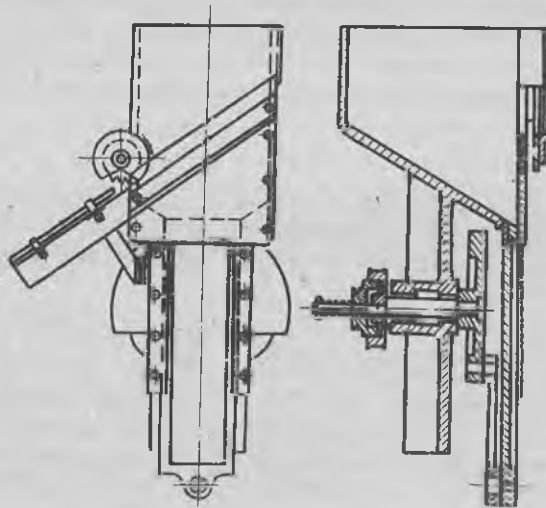
и

$$n Q_{max} = \sqrt[4]{\frac{\eta_{max}}{\varepsilon(\psi+1)}} = \sqrt[4]{\frac{0,11}{2,7 \cdot 10^{-9}(4+1)}} = 53,3 \frac{\text{кач}}{\text{мин}}$$

Длина L_d лотка сектора или ползуна обычно выбирается по конструктивным соображениям $L_d = (7 \dots 10) L$, где L - длина детали.



Р и с. IО. Секторный механизм ориентации



Р и с. II. Ползунковый механизм ориентации

1.7. Трубочатые механизмы ориентации

Трубочатые механизмы ориентации (бункеры-воронки) используются для загрузки шариков и роликов в подшипниковой промышленности благодаря простоте конструкции, надежности работы и легкости переналадки для других видов заготовок.

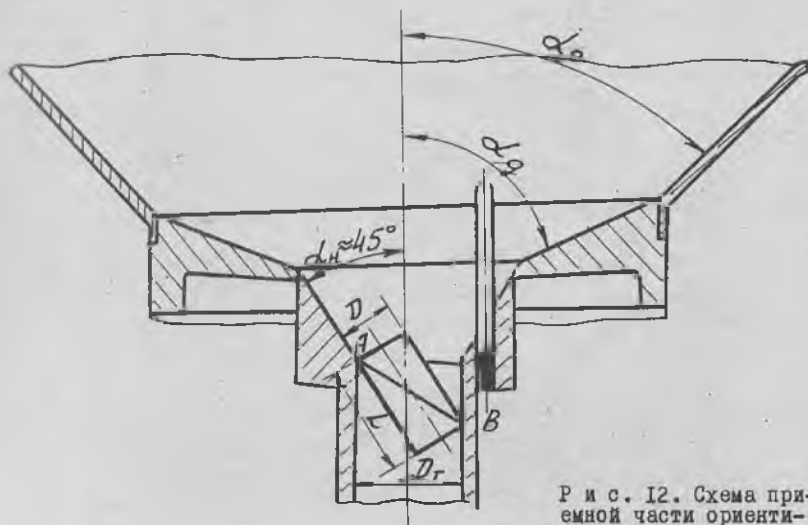
В практике применяются три вида конструкций (рис. 13): с вращающейся трубкой - для средних деталей (рис. 13,а), вращающимся бункером - для мелких деталей (рис. 13,б) и трубкой, совершающей вращательное и возвратно-поступательное движение - для шариков, пластин (рис. 13,в). Первый вид является наиболее распространенным.

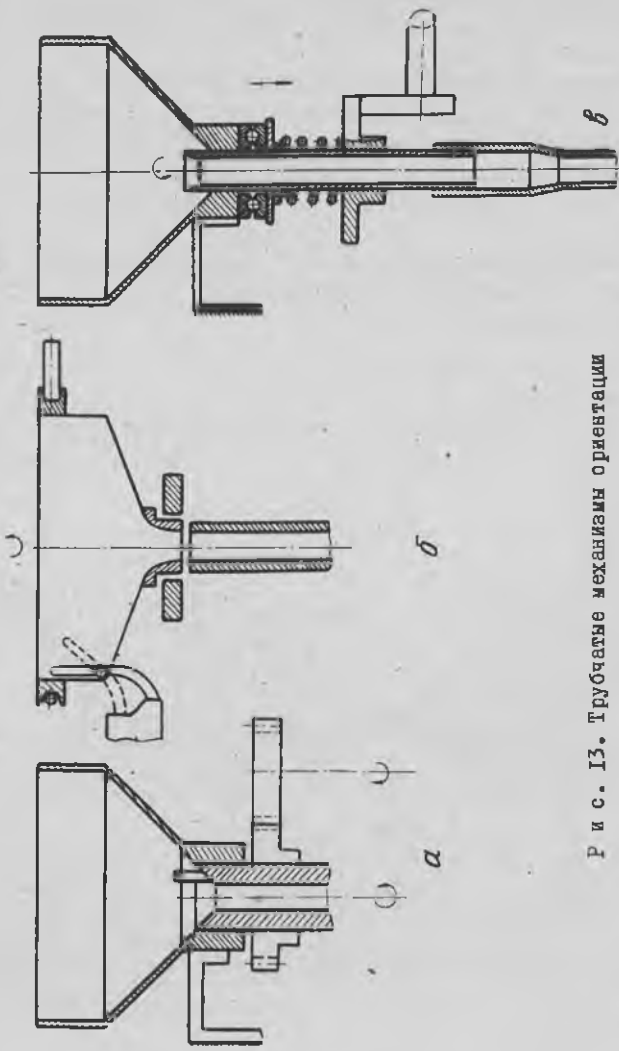
Угол наклона конуса емкости α_e и угол наклона дна α_d имеют большое влияние на производительность.

Обычно рекомендуется (рис. 12)

$$\alpha_e = 90 - 2\rho \quad \text{и} \quad \alpha_d = 90 - \rho, \quad (30)$$

где ρ - угол трения.





Р и с . 13. Грубые механизмы ориентации

Для плавности входа детали в трубку угол наклона трубки $\alpha_H = 45^\circ$. Диаметр трубки D_T выбирается наибольшим с обеспечением следующих условий (рис. 12).

1. Исключения попадания двух деталей одновременно, что приводит к нарушению их ориентации. Следовательно,

$$D_T < 2D. \quad (31)$$

2. Исключения возможности заклинивания.

При этом $\beta > \rho$, $\operatorname{tg} \beta > f$,
где f - коэффициент трения.

Учитывая, что

$$D_T = \overline{AB} \cos \beta = D \sqrt{1 + \left(\frac{L}{D}\right)^2},$$

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}.$$

Условием, исключающим заклинивание, будет

$$D_T \leq \frac{D \sqrt{1 + \left(\frac{L}{D}\right)^2}}{\sqrt{1 + f^2}}. \quad (32)$$

Для исключения образования свода, что наиболее характерно для деталей $\frac{L}{D} \gg 1$, устанавливается ворошитель в виде стержня, завернутого в торец трубки. Оси трубки и стержня рекомендуется располагать параллельно.

Время западания (в сек) в трубку цилиндрических заготовок можно принять

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2L}{g}}. \quad (33)$$

Средняя скорость движения деталей $v = \frac{L}{t}$.

Производительность бункера шт/мин составит

$$Q = \frac{v}{L} \eta = \frac{60}{\sqrt{\frac{2L}{g}}} \eta. \quad (34)$$

Коэффициент непрерывности потока деталей $\eta = 0,08 \dots 0,27$ зависит от числа оборотов трубки, отношения $\frac{L}{D}$ и коэффициента трения f .

Увеличение числа оборотов трубки улучшает условия западания деталей в трубку, но ведет к увеличению мощности привода.

Для стальных деталей принимается $\rho = 0,5$.

Мощность привода определяется исходя из момента сил трения, преодолеваемого ворошителем, в зависимости от массы деталей, подвешиваемых ворошению.

1.8. Вибрационные механизмы ориентации

Вибрационные механизмы ориентации отличаются тем, что на загружаемые детали не оказывают воздействия захватные органы; их движение осуществляется за счет сил инерции и сил трения. Это создает возможность автоматической ориентации хрупких, мелких и малопрочных деталей.

Эти устройства могут осуществлять ориентацию сложных деталей внутри бункера и позволяют производить быструю переналадку на другие детали. Они отличаются высокой производительностью, простотой конструкции и надежностью.

Вследствие этих преимуществ они находят все более широкое применение.

Применяемые в машиностроении вибрационные механизмы ориентации можно классифицировать по следующим признакам.

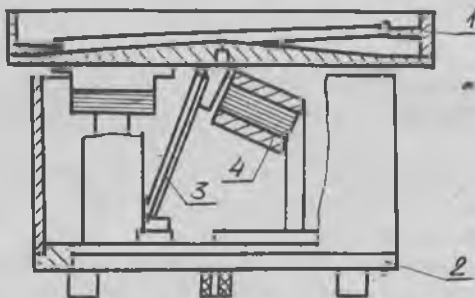
По форме емкости: цилиндрическая, коническая или сложная с предбункером, устанавливаемым внутри чаши.

По расположению лотка на внутренней или наружной поверхности.

По виду подвески: 3 или 4 подвески однослойные или многослойные, а также выполняемые в виде круглых стержней.

По виду привода: электромагнитный, электромеханический, кулачковый, пневматический, как с центральным расположением вибратора, так и с вибраторами, расположенными около каждой подвески.

Распространенной является конструкция, показанная на рис. 14.



Р и с. 14. Вибрационный механизм ориентации

Этот вид вибрационного механизма ориентации состоит из следующих узлов: емкости в форме чаши для засыпки деталей со спиральным лотком, расположенным на ее внутренней поверхности 1; основание бункера 2; плоские или цилиндрические пружины, на которых чаша подвешена

вается над основанием 3; электромагнитные вибраторы, расположенные у каждой пружины 4.

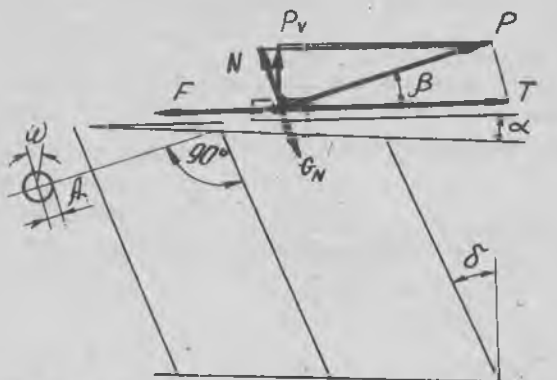
Спиральный лоток располагается на внутренней поверхности цилиндрической чаши под углом α к горизонту.

Чаша подвешивается на плоских пружинах, расположенных к вертикали под углом $\delta = \alpha + \beta$, где β - угол между лотком и перпендикуляром к пружинам.

При работе лоток совершает колебательное движение в направлении, перпендикулярном к пружинам, расположенным на равных расстояниях по окружности. Это движение можно разложить на вращательное относительно вертикальной оси бункера и взаправтно-поступательное - вдоль этой оси.

Рассматривая развертку лотка на плоскости, работу вибробункера можно уподобить лотку Крейса (рис. 15).

Рассмотрим принцип работы бункера и условия направленного движения детали, уравнения движения и режимы работы.



Р и с. 15. Схема сил (при движении лотка вниз)

При движении лотка вниз вертикальная составляющая силы инерции P_v будет направлена в сторону, противоположную силе тяжести детали, за счет чего уменьшается как нормальное воздействие детали на лоток, так и сила трения между деталью и лотком. Под действием составляющей силы инерции T при соответствующих значениях амплитуды колебаний деталь будет скользить вверх относительно лотка.

При движении лотка вверх за счет сил инерции нормальное воздействие детали на лоток и сила трения между деталью и лотком уве-

личится и деталь будет двигаться также вверх вместе с лотком. В этом случае составляющие веса детали и силы инерции, действующие вдоль лотка, меньше, чем сила трения между деталью и лотком.

За счет указанных сил при малых амплитудах колебаний наблюдается устойчивое движение детали по лотку. С увеличением амплитуды колебаний A скорость движения детали увеличивается. Такой режим работы бункера называется "режимом с проскальзыванием".

При увеличении амплитуды колебаний A возрастают также силы инерции и наступает момент, когда вертикальная составляющая сил инерции будет больше силы тяжести детали. Этот момент соответствует началу нового режима - "с подбрасыванием детали".

Движение точки лотка при электромагнитном вибраторе можно выразить уравнением

$$x = A \sin \omega t.$$

При этом

$$x' = A \omega \cos \omega t$$

$$\text{и } x'' = -A \omega^2 \sin \omega t.$$

Обозначая N - нормальную к лотку составляющую силы инерции, G_N - нормальную составляющую силы тяжести детали, P - силу инерции, при режиме с подбрасыванием

$$N > G_N. \quad (35)$$

Выражая $N = P \sin \beta$, $G_N = G \cos \beta$ при массе детали M и силе инерции

$$P = M x'' = M A \omega^2 \sin \omega t \quad \text{и } G = M g$$

получим $A \omega^2 \sin \beta > g \cos \alpha$.

Следовательно,

$$A > \frac{g}{\omega^2} \frac{\cos \alpha}{\sin \beta}. \quad (36)$$

Производительность вибрационного механизма ориентации

$$Q = \frac{v_{cp}}{L} \eta, \quad (37)$$

где v_{cp} - средняя скорость движения деталей;

η - коэффициент, учитывающий разрывы потока деталей.

В свою очередь

$$v_{cp} = S_{cp} n, \quad (38)$$

где S_{cp} - среднее перемещение за I период колебаний;

n - частота колебаний в минуту.

На основании решения дифференциального уравнения движения детали установлено:

$$S_{cp} = 7A \sin \beta - \frac{g\pi^2}{\omega^2} \sin \alpha. \quad (39)$$

Для переходного режима $\frac{g}{\omega^2} = \frac{A \sin \beta}{\cos \alpha}$ (при $N = G_N$)
Подставляя это значение, получим

$$S_{cp} \approx 10A \sin \beta (0,7f - \operatorname{tg} \alpha). \quad (40)$$

Среднее перемещение за I период колебаний и средняя скорость движения деталей по лотку при режиме с подбрасыванием зависят не только от амплитуды и частоты колебаний, но и от скорости соударения детали с лотком, свойств материала детали и лотка и других факторов.

Средняя скорость движения деталей по лотку на этом режиме определяется экспериментальным путем и значительно превышает таковую на режиме с проскальзыванием.

При достижении ее наибольшего значения наблюдается неустойчивое, хаотическое движение деталей и производительность бункера резко падает.

Определение жесткости пружин. Для упрощения решения задачи рассмотрим физическую модель колебания сосредоточенной массы, подвешенной на упругом стержне (рис. 16).

Свободное движение этой массы описывается уравнением

$$m_{np} x'' + Cx = 0$$

или

$$x'' + \frac{C}{m_{np}} x = 0. \quad (41)$$

Решение этого уравнения имеет вид

$$x = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t, \quad (42)$$

где m_{np} - сосредоточенная масса, C - жесткость стержня.

При этом

$$\omega = 2\pi \theta = \sqrt{\frac{C}{m_{np}}}, \quad (43)$$

где ω и θ - круговая частота и частота, выраженная в герцах;
 C - жесткость пружины,

$$C = 4\pi^2 \theta^2 m_{np}. \quad (44)$$



Р и с.16.
Физическая модель

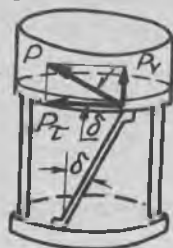
При этих условиях вынужденные колебания сосредоточенной массы будут протекать с наименьшей затратой энергии на режиме резонанса. Рассматривая работу вибрационного механизма ориентации, следует заметить, что масса его чаши с деталями переменная и зависит от периодичности ее заполнения и производительности механизма ориентации. Учитывая это, частота собственных колебаний массы бункера обычно принимается.

$$\theta = (1,05 \dots 1,1) \theta_{\theta}, \quad (45)$$

где θ_{θ} - частота колебаний вибратора.

Частота вынужденных колебаний при электромагнитном вибраторе $\theta_{\theta} = 100$ Гц или $\theta_{\theta} = 50$ Гц (при питании катушек вибратора через выпрямитель).

Для установления жесткости пружин бункера определим его приведенную массу, отнесенную к одной пружине (рис. 17).



Силу инерции P , отнесенную к одной пружине, разложим на вертикальную P_V и горизонтальную P_T составляющие.

При этом

$$P = \sqrt{P_V^2 + P_T^2}, \quad (46)$$

$$P_V = \frac{M_4}{z} a_V, \quad P_T = \frac{J}{z z'} a_T,$$

Р и с. 17. Схема для определения жесткости пружин

где M_4 - масса чаши бункера и деталей, z - число пружин, J - момент инерции чаши, z' - расстояние от места крепления пружин до оси

поворота чаши, a_V и a_T - составляющие ускорения,

$$a_V = x'' \sin \delta,$$

$$a_T = x'' \cos \delta.$$

Подставляя эти значения в выражение (46), определим величину приведенной массы чаши:

$$M_{пр} = \frac{P}{x''} = \frac{1}{z} \sqrt{M^2 \sin^2 \delta + \left(\frac{J}{z z'}\right)^2 \cos^2 \delta}. \quad (47)$$

Масса основания бункера принимается в 8-10 раз больше массы чаши, что позволяет рассматривать бункер как одномассовую колеблющуюся систему.

В случае, если масса основания мало отличается от массы чаши, следует рассматривать колебание двухмассовой системы, тогда

$$m_{np}' = \frac{m_{np1}}{1 + \frac{m_{np1}}{m_{np2}}}, \quad (48)$$

где m_{np1} и m_{np2} — приведенные массы чаши и основания.

Для стержня с двумя заделанными концами его жесткость

$$C = \frac{12 E J_0}{l^3}, \quad (49)$$

где E — модуль упругости; J_0 — момент инерции сечения стержня; l — длина стержня.

Моменты инерции цилиндрического и прямоугольного сечения стержня

$$J_0 = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{и} \quad J_0' = \frac{\delta h^3}{12}.$$

Приравнивая правые части выражения (44), (49), получим

$$J_0 = \frac{\pi^2 \theta^2 l^3 m_{np}}{3 E}. \quad (50)$$

При выбранной форме сечения определяются его размеры.

При этом для стержней прямоугольного сечения следует задаться отношением

$$\frac{\delta}{h} = C.$$

В этом случае $J_0' = \frac{C h^4}{12}$,

что позволяет однозначно определить h по принятому отношению C .

Кроме рассмотренных механизмов ориентации существуют и другие конструкции: дисковые с радиальными пазами, лопастные, барабанные, трубчатые с подвижной разрезной трубкой, щелевые дисковые, щелевые лопастные, фрикционные, которые применяются редко и с целью сокращения объема в данном пособии не рассматриваются.

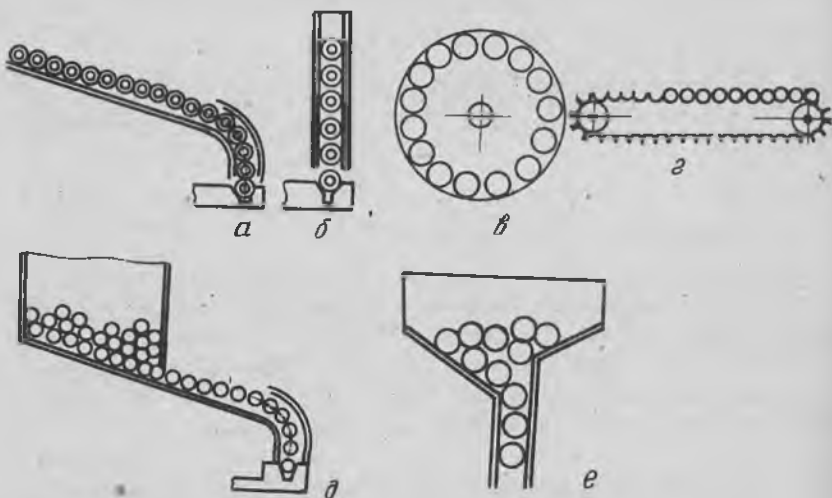
1.9. Магазинные и бункерно-магазинные устройства накопления и ориентации заготовок

Когда заготовке трудно придать правильную ориентацию или с целью создания простых ориентирующих устройств, а также при недопустимости ворошения детали и больших ее габаритах или малой производительности рабочей машины (при длительном цикле обработки детали) применяются магазинные загрузочные устройства (с расположением деталей в один ряд) и ручной загрузке емкости.

Наиболее распространенными видами магазинных устройств являются лотки-склизы и лотки-скаты, кассетные (сменные), барабанные (дисковые). В случае когда производится непрерывная автоматическая подача деталей в рабочую зону, применяются магазины в виде цепных транспортеров.

Бункерно-магазинные устройства применяются часто для длинных валиков и других трудно ориентируемых деталей при необходимости увеличения числа загружаемых деталей и периода времени обслуживания, связанного с их заполнением. Конструктивные виды магазинных и бункерно-магазинных устройств ориентации показаны на рис. 18.

Как видно из приведенных рисунков, магазинные и бункерно-магазинные устройства являются накопителями ориентированных вручную мелких и средних заготовок.



Р и с. 18. Магазинные и бункерно-магазинные устройства накопления и ориентации заготовок: а, б-лотковые магазинные устройства; в-барабанные; г-цепные; д, е-бункерно-магазинные устройства

При создании робототехнических систем создаются специальные накопители для средних и крупных заготовок с делительными механизмами, обеспечивающие точное начальное положение заготовки перед захватом ее схватом манипулятора.

Г.Ю. Лотки загрузочных устройств

Лоток служит соединительным элементом для передачи ориентированных заготовок, поступающих от механизмов или устройств накопления и ориентации, в питатель или накопитель — для последующей передачи в рабочую зону оборудования с помощью схватов манипулятора.

Лотки бывают двух видов: лотки-скаты, когда детали катятся, и лотки-склизы, когда скользят по лотку.

Лотки-скаты бывают коробчатые открытые и закрытые для шариков, роликов и других цилиндрических деталей. Для деталей с плоским основанием качение осуществляется на опорных вращающихся роликах.

Лотки-склизы в зависимости от конструктивных форм бывают: угловые, трубчатые (жесткие и гибкие — из витой проволоки), рельсовые и коробчатые.

Конструктивные виды лотков показаны на рис. 19.

При проектировании лотков требуется правильно выбрать их геометрические формы и размеры, которые должны обеспечить сохранение ориентированного положения деталей при транспортировке и исключить возможность их заклинивания. Расчет размеров лотков, исключающих возможность заклинивания, производится аналогично ранее рассмотренному выбору диаметра трубки трубчатых механизмов ориентации.

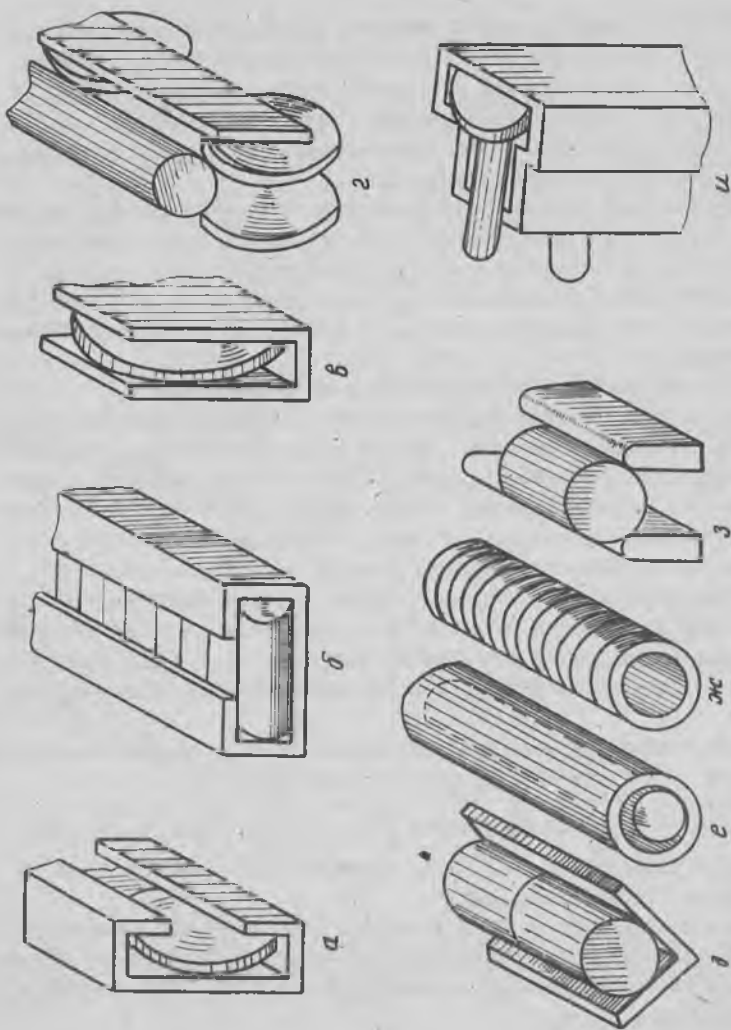
Кроме этого, в необходимых случаях определяется скорость детали в конце движения, которая может ограничиваться правильным выбором длины лотка и угла его наклона к горизонту, а в отдельных случаях — созданием специальных конструкций лотка или тормозных устройств.

При скольжении детали по наклонному лотку, расположенному под углом α к горизонту, скорость в конце движения

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2g(\sin\alpha - f\cos\alpha) \frac{h}{\sin\alpha}} = \sqrt{2gh(1 - f\operatorname{ctg}\alpha)}, \quad (51)$$

где a — ускорение; s — путь движения; h — высота лотка; f — коэффициент трения скольжения.

Для перемещения деталей по лоткам с малым углом наклона применяются вибрационные лотки Крейса и пневматические лотки с подачей воздуха под поверхность контакта детали и лотка (с движением на "воздушной подушке").



Р и с. 19. Конструктивные виды лотков: а-г-лотки-ската; д-э-лотки-слизы (угловые, трубчатые, редьсонае); и - вертикальный корочатый лоток

I.11. Питательные механизмы загрузочных устройств

Для мелких и отдельных видов средних деталей при автоматической загрузке оборудования применяются питательные механизмы.

К питательным механизмам относятся отсекатели и питатели.

Отсекатели служат для порционной выдачи деталей в рабочую зону станка, пресса или другого технологического оборудования.

Питатели применяются для подачи заготовки в рабочую зону. Многие виды питателей выполняют функции отсекателей.

Отсекатели бывают: штифтовые с возвратно-поступательным или качательным движением; барабанные и кулачковые с непрерывным движением (рис. 20). Штифтовые работают надежно при производительности менее 100-120 шт./мин, при большей производительности применяются барабанные отсекатели. Питатели разнообразны по конструкции. Наибольшее применение получили шиберные, мотылевые, барабанные, револьверные, (рис. 21). Иногда применяются и другие виды питателей (винтовые, цепные и др.).

I.12. Манипуляторы и выталкиватели

Манипуляторы разнообразны по конструктивным видам и иногда имеют несколько целевых элементов, называемых автоматической рукой или автооператором.

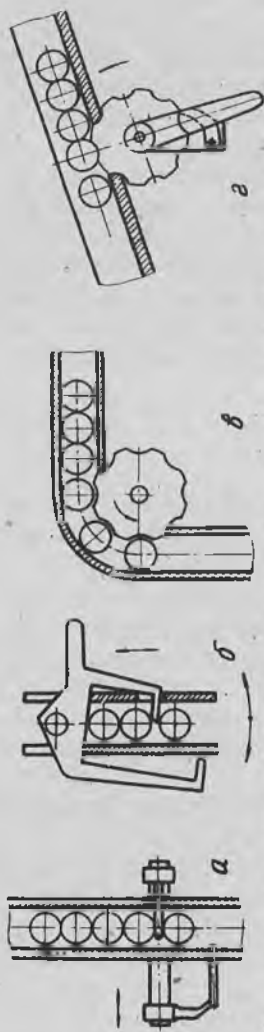
Их назначением является передача ориентированных заготовок из накопителя или транспортера в рабочую зону и последующее удаление их из рабочей зоны с передачей в следующий накопитель, лоток или транспортер.

Манипуляторы универсальные, со сменными схватами, являются главными конструктивными элементами нижеописанных промышленных роботов.

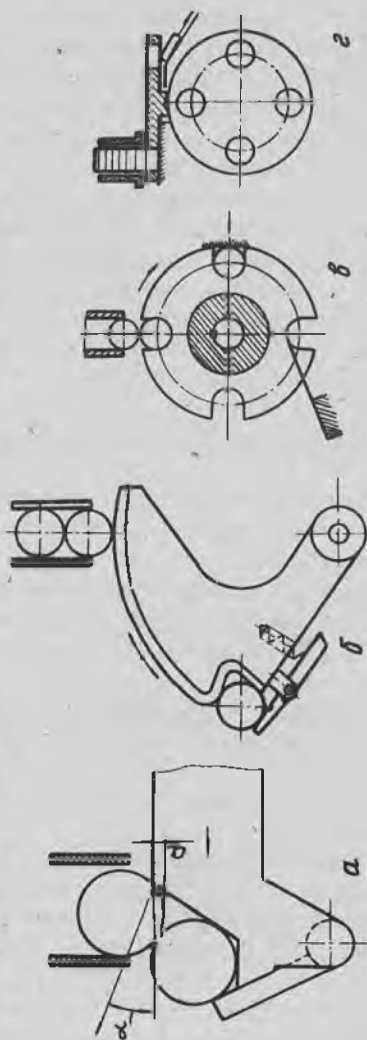
В качестве примеров на рис. 22 и 23 показаны конструкции манипуляторов.

Манипулятор для передачи валиков с транспортера в рабочую зону шестипиндельного автомата (рис. 22) имеет руку I, на конце которой крепится клещевой хват. Рука может поворачиваться при перемещении рейки от пневмопривода 3 посредством шестеренно-реечной передачи, смонтированной в корпусе 2.

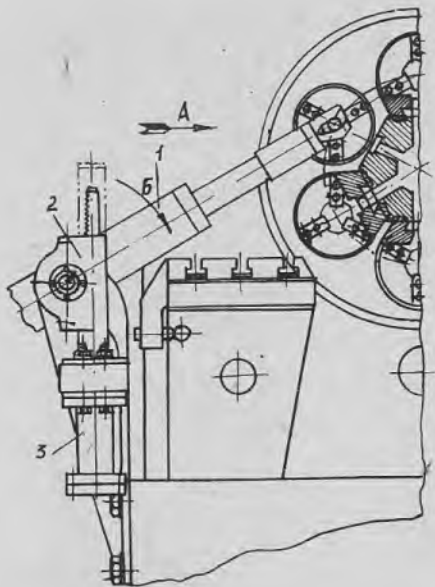
Манипулятор (рис. 23), который может использоваться для передачи заготовок в рабочую зону металлорежущих станков (фрезерных,



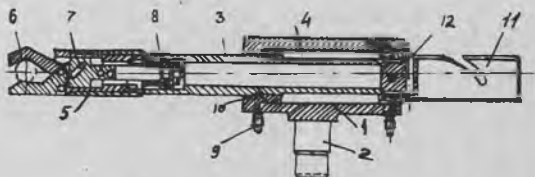
Р и с. 20. Отсекатели (механизмы поштучной выдачи): а, б-штырьевые; в, г-барабанные



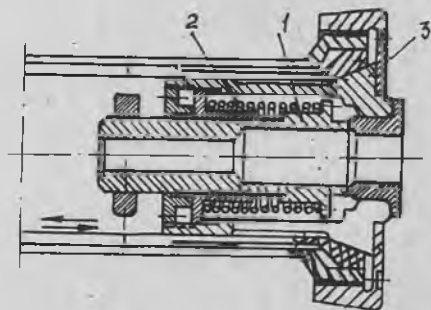
Р и с. 21. Питатели (механизмы для передачи заготовок в рабочую зону): а-штырьный, б-мотыль-ный; в-барабанный, г-дисковый (револьверные)



Р и с. 22. Манипулятор шестিশпindelьного автомата



Р и с. 23. Манипулятор - автоматическая рука



Р и с. 24. Выталкиватель

сверлильных, зуборезных), в виде автоматической руки, поворачивается на оси 2, в специальной опоре неподвижной стойки. Рука 3 с помощью поршня в пневмоцилиндре 4 перемещается в осевом направлении. Воздух, поступая в левую полость цилиндра через штуцер 9 и отверстие 10, воздействует на поршень 8 в полости руки 3 и через механизмы 7, смонтированный в корпусе 5, удерживает деталь с помощью схвата 6. С помощью вырезов на стакане 11 и пальца 12 рука может поворачиваться относительно своей оси.

Выталкиватели, как правило, применяются, когда требуется удаление обработанной детали без сохранения ее ориентации в емкости (тару) для последующей транспортировки.

В качестве примера на рис. 24 показана одна из конструкций выталкивателя. Деталь при обработке устанавливается в цангу 3. При раскреплении цангового патрона деталь удаляется толкателем 1, на который воздействует пружина 2.

П. П Р О М Ы Ш Л Е Н Н Ы Е Р О Б О Т Ы

2.1. Общие сведения о промышленных роботах

Термин "робот" был введен Карелом Чапеком, от чешского слова "робота" - каторжный труд, выполняемый механическими людьми.

В соответствии с проектом стандарта под промышленным роботом понимается автоматическая машина по перемещению различных объектов с целью автоматизации производственных процессов, характеризующаяся возможностью быстрого перехода на новые операции путем изменения программы.

Первый робот был создан в США в 1961 году в виде компьютера, заменяющего механическую руку ("рука Эрнста").

В СССР первые роботы были созданы в конце 60-х годов для океанологических и космических исследований. Промышленные роботы (ПР) в СССР были созданы в начале 70-х годов. Как было указано в предисловии, в течение XI пятилетки планируется произвести 40-45 тысяч промышленных роботов и манипуляторов.

1 настоящее время мировой парк роботов превышает 13000 шт.

В авиадвигателестроении применение ПР имеет особое значение для автоматизации ручных работ. Применение ПР дает возможность повысить культуру производства, коэффициент использования оборудования и решить ряд социальных проблем.

Основными целевыми узлами ПР являются:

У с т р о й с т в о о б щ е н и я ч е л о в е к а с р о б о т о м , позволяющее производить его наладку для выполнения конкретной работы.

И з м е р и т е л ь н о е у с т р о й с т в о , давшее возможность ПР получать информацию об изменениях окружающей среды с целью автоматического управления.

Управляющее устройство, обеспечивающее автоматическое управление.

Исполнительное устройство, реализующее его двигательные функции.

В зависимости от совершенства целевых узлов, определяющих информационные особенности, ПР делятся на 3 поколения:

ПР, работающие по жесткой программе; с адаптацией; с разумностью действий.

В будущем, в необходимых случаях, ПР будут воспринимать звуковую и зрительную информацию.

2.2. Классификация промышленных роботов

ПР могут быть классифицированы по многим признакам:

1. Назначение: специальные, специализированные и универсальные, подвижные и стационарные.

2. Конструктивные особенности: модульные и специальные.

3. Тип привода: электромеханический, гидравлический, пневматический и комбинированный.

Электромеханический и пневматический приводы применяются для легких и средних ПР, гидравлический – для тяжелых и сверхтяжелых. Применение пневматического привода целесообразно для огнеопасных и взрывоопасных условий работы.

4. Способ управления ПР:

а) программное цикловое управление (Ц) – с элементами цикловой автоматики: упорами, переключателями и т.п.;

б) позиционное управление (П) – программное управление, обеспечивающее заданные конечные положения траекторий движения рабочих органов.

в) контурное управление (К) – с движением исполнительных органов по заданным траекториям;

г) комбинированное управление, обеспечивающее одновременное выполнение вышеуказанных видов управления (например, ПЦ позиционно-цикловое управление);

д) адаптивное управление (А) – которое отличается от перечисленных видов программного управления возможностью изменения алгоритма управления в зависимости от состояния среды и внешних воздействий на ПР.

5. Транспортно - целевые возможности:

- а) стационарные;
 - б) подвижные (колесные, гусеничные, шагающие и рельсовые).
6. Конструкторно - компоновочная

схема:

- а) тумбо-стреловой (ТС);
- б) тумбо-шарнирный (ТШ);
- в) мосто-стреловой (МС);
- г) портално-стреловой (ПС) и др.

7. Количество манипуляторов: один; два и более.

8. Количество степеней подвижности ПР, относящихся к межпозиционным, переносным и ориентирующим движениям. Межпозиционные движения относятся лишь к подвижным ПР.

9. Тип рабочей зоны ПР, характеризующий вид рабочих движений манипуляторов и используемую систему координат:

- а) плоскопрямоугольная рабочая зона - с двумя степенями подвижности в декартовой системе координат;
- б) кольцевая (круговая) рабочая зона - с двумя переносными степенями подвижности в полярной системе координат;
- в) поверхностно-цилиндрическая рабочая зона - с двумя степенями подвижности в цилиндрической системе координат;
- г) сферическая рабочая зона с двумя степенями подвижности в сферической системе координат.

С тремя степенями подвижности предусматриваются: объемно-прямоугольная, объемно-цилиндрическая, объемно-сферическая и объемно-комбинированная рабочие зоны.

10. Грузоподъемность ПР. По этому признаку в соответствии с ГОСТ 25204-82 ПР делятся на 4 вида:

сверхлегкие (от 0,08 до 1 кгс); легкие (от 0,125 до 8 кгс); средние (св. 16 до 200 кгс); тяжелые (св. 250 до 1000 кгс).

11. Погрешность позиционирования рабочих органов ПР:

- а) нулевой класс точности с относительной погрешностью позиционирования до 0,01%;
- б) первый класс - погрешность позиционирования св. 0,01 до 0,05%;

- в) второй класс – погрешность позиционирования св.0,05до 0,1%;
- г) третий класс – погрешность позиционирования свыше 0,1%.

12. Тип программы носителя:

- а) электромеханическая память (упоры, конечные и путевые переключатели, кулачки, потенциометры, штекерные панели и барабаны, перфоленты и др.);
- б) магнитная память (магнитные ленты, барабаны, диски, сердечники, пленки);
- в) электронная память (полупроводниковые элементы, интегральные схемы и т.п.);
- г) комбинированная память.

13. Способ программирования:

- а) с обучением (ручным, полуавтоматическим, автоматическим);
- б) с аналитическим заданием программы.

Маркировка роботов. В соответствии с наиболее характерными классификационными признаками вводится обозначение моделей роботов – их маркировка, в следующей последовательности: вид робота; конструктивно-компоновочная схема; номинальная грузоподъемность (в кгс); условное обозначение количества степеней подвижности; условное обозначение способа управления.

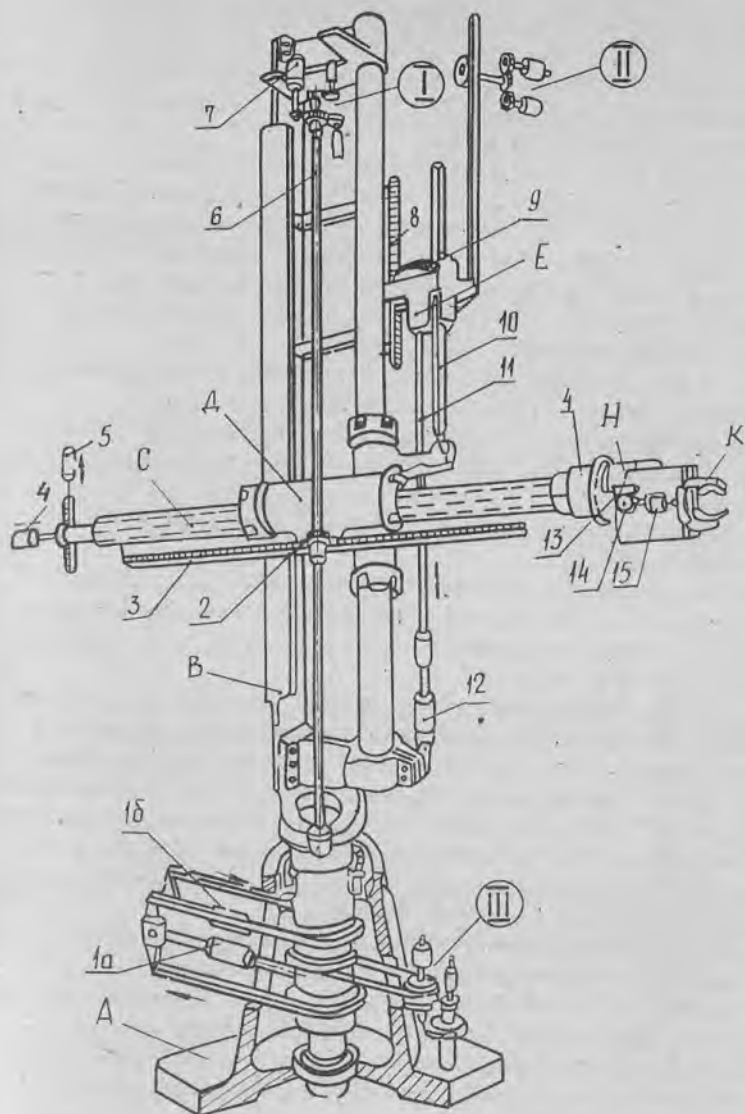
Например, ТС-20-4/1-Ц означает: ПР-тумбо-стреловой компоновки, грузоподъемностью 20 кгс, с четырьмя общими и одной ориентирующей степенью подвижности, с цикловой системой управления.

Например, ТШ-6/3-К означает: ПР сварочный, тумбо-шарнирной компоновки, с шестью общими и тремя ориентирующими степенями подвижности и контурной системой управления. Следует отметить, что ранее разработанные ПР имеют маркировку, отличную от приведенной, что относится и к роботам, рассмотренным ниже.

2.3. Конструкции промышленных роботов и их применение

В настоящее время в СССР разработаны конструкции ПР различного назначения, часть которых выпускается серийно (см. ниже).

Одной из первых конструкций, разработанных НИИ АТ, является робот УМ-1 (рис. 25).



Р и с. 25. Конструктивная схема робота УМ-I

Основными конструктивными узлами его являются станина А, поворотная колонка В, по которой перемещается каретка Д. В каретке по роликовым направляющим перемещается рука С с захватом К.

Перемещение руки С в ее осевом направлении осуществляется от гидромотора 7 через валик 6 и шестерни 2, соединенную с рейкой 3, которая прикреплена к руке.

Каретка Д вместе с рукой перемещается в вертикальном направлении от гидроцилиндра I2 через тягу II, корпус реечного механизма Е и подвижную рейку IO. Рейка 8 крепится неподвижно к поворотной колонне В и соединяется с шестерней 9 и подвижной рейкой IO. Такая конструкция механизма вертикального перемещения каретки Д позволяет увеличить ее ход в два раза по сравнению с ходом штока II, перемещающегося от гидроцилиндра I2.

Поворот захватного устройства Н относительно оси руки осуществляется рейкой, связанной со штоком гидроцилиндра 5.

С помощью штока гидроцилиндра 4 и связанной с ним рейки I3 схват К поворачивается относительно оси шестерни I4 (перпендикулярно оси руки).

Схват К с реечно-рычажным механизмом приводится в действие от гидроцилиндра I5.

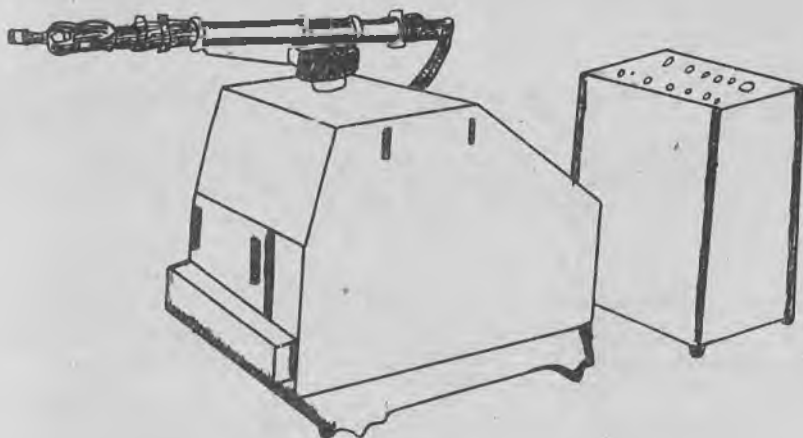
Контроль осевого перемещения руки производится датчиком обратной связи I; вертикального — датчиком П и поворота колонны — датчиком Ш, чем поддерживается обратная связь (по углу поворота валов привода).

Как видно из изложенного, робот УМ-I универсальный, стационарный, тумбо-стреловой конструкции с одним манипулятором, с объемно-цилиндрической рабочей зоной, с пятью степенями подвижности. По грузоподъемности (при малых скоростях 40 кгс, при максимальных — 20 кгс) относится к средним ПР. Обеспечивает наибольшее перемещение руки по вертикали и горизонтали — 760 мм, и угол поворота 240° , с точностью позиционирования по координате ± 2 мм и углу поворота $\pm 4^{\circ}$ (I-й класс точности).

Для управления этим роботом применяется позиционная система управления с записью программы на перфоленте в коде БЦК-5.

Этот робот имеет сменные захваты и может применяться в механических, штамповочных, литейных цехах и складских помещениях с пожаробезопасными условиями работы. Он может легко перемещаться на роликах и фиксироваться в нужном месте с помощью четырех домкратов.

Серийно выпускаемый универсальный робот ПР-10И (рис. 26) конструкции НИИТ имеет 4 степени подвижности: по горизонтали 600 мм, по вертикали 200 мм, с углом поворота руки 220° и ее хватом относительно горизонтальной оси на угол $+90^{\circ}$, с точностью позиционирования $\pm 0,1$ мм. Привод исполнительных органов — пневматический, грузоподъемность 10 кгс. Система управления позиционная со штекерной панелью.



Р и с. 26. Универсальный промышленный робот ПР-10И

Робот ПР-10И имеет цикловую систему управления, выполненную на интегральных элементах.

Отдельные модификации этого робота изготавливаются в пожаро-безопасном исполнении. Таким является ПР-10С с системой управления на базе струйных и мембранных элементов агрегатно-модульной системы "цикл".

Эти роботы предназначаются в основном для автоматической загрузки пресового и станочного оборудования и складских работ.

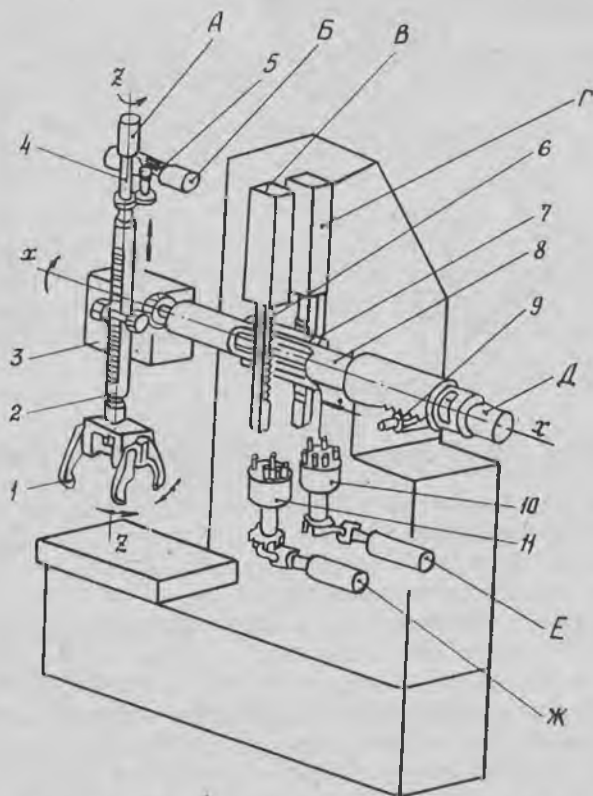
Примером специализированного ПР, разработанного ЭНИМС для токарного станка с ЧПУ-1713Ф3, является РОБОТ РВ-50 (рис. 27).

Заготовки этим роботом из накопителя на столе берутся хватом I, приводимым в движение от гидроцилиндра А, через шток 4. Предельное усилие зажима устанавливается реле давления.

Поворот схвата I осуществляется цилиндром 5 через рейку и пару зубчатых колес.

Перемещение пинцети 2 вдоль оси вместе со схватом I осуществляется от гидроцилиндра В, через зубчатый вал 6, пару зубчатых колес и рейку, закрепленную на пинцети 2.

Конечное положение схвата I и пинцети 2 определяется настройкой упоров блока II, который по команде поворачивается от гидроцилиндра Ж.



Р и с. 27. Конструктивная схема робота РВ-50

Поворот руки 8 с пинцетом 2 относительно оси ХХ производится гидроцилиндром Г через рейку и зубчатый сектор 7. Конечное положение

ние захвата при повороте руки 8 определяется настройкой упоров блока IО.

Перемещение руки 8 вдоль оси ХХ производится гидроцилиндром Д через рейку 9.

При работе робота осуществляется следующая последовательность движений.

1. Перемещение пиноли 2 вместе со схватом I вдоль оси (от гидроцилиндра В до конечного положения, определяемого упором блока II).

2. Захват заготовки (от гидроцилиндра А с предельным усилием, определяемым настройкой реле давления).

3. Возврат схвата I в исходное положение (от гидроцилиндра В до конечного положения, определяемого конечным выключателем).

4. Поворот руки 8 вместе с захватом на уровень, соответствующий линии центров станка (от гидроцилиндра Г до заданного положения, определяемого упором блока IО).

5. Перемещение детали на линию центров от гидроцилиндра В до заданного положения ограничивается упором блока II.

6. Осевое перемещение детали оси ХХ при установке (от гидроцилиндра Д).

7. Закрепление детали на станке (в центрах или патроне).

8. Перемещение захвата вдоль оси ХХ.

9. Перемещение захвата вдоль оси Z Z.

IО. Поворот захвата в исходное положение.

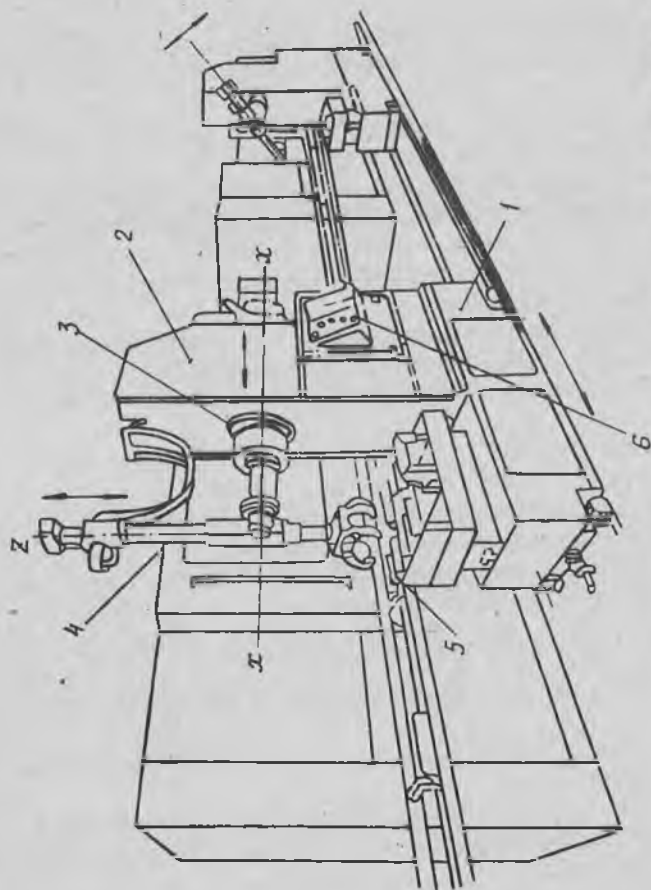
Программное управление роботом цикловое. Точность позиционирования исполнительных органов обеспечивается системой конечных выключателей и указанных блоков упоров IО и II в пределах $\pm 0,1$ мм.

На рис. 28 показана автоматическая линия из двух токарных станков с ЧПУ-17I3Ф3 и роботов РВ-50.

Передача деталей типа валиков со станка на станок осуществляется шаговым транспортером.

Рассмотренный ПР, как правило, устанавливается на рельсах и при необходимости может сдвигаться для выполнения работы на станке без применения робота.

Модификациями рассматриваемого ПР являются более современные модели СМ40Ц 430I и СМ 40Ц 4302, а также модель ЦРВ-50 с ЧПУ для обслуживания 3-4 станков с перемещением ПР по монорельсу, устанавливаемому на опорах параллельно оси шпинделя станка.

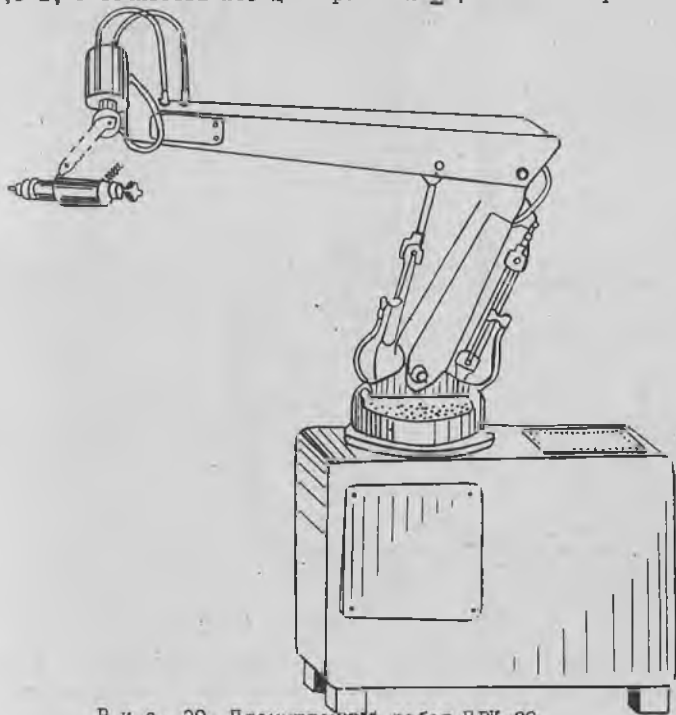


Р и с. 28. Автоматическая линия из 2-х токарных станков ГТ1303 и роботов РВ-50

Специализированный промышленный робот ПРК-20 тумбо-шарнирной конструкции с одним манипулятором, с объемно-сферической рабочей зоной, с шестью степенями подвижности, предназначенный для окраски изделий, с контурной системой управления показан на рис. 29.

Этот ПР обеспечивает перемещение руки до 1500 мм с поворотом относительно вертикальной оси на 180° , дополнительным поворотом захватного устройства $\pm 60^{\circ}$. Точность позиционирования ± 3 мм, грузоподъемность 20 кгс. Он также может перемещаться вдоль изделия до 15 м.

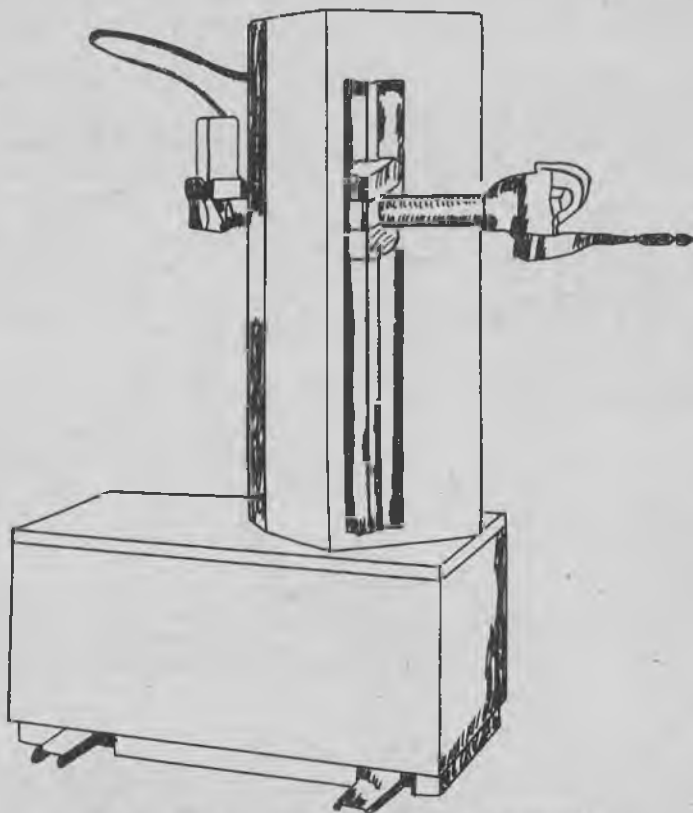
Из конструкции ПР иностранных фирм широкое применение получили американские роботы "Юнимейт" разных моделей с грузоподъемностью 15 ... 40 кгс с вылетом руки 1,5 ... 2,5 м, с точностью позиционирования $\pm 1,27$ мм. Эти роботы имеют



Р и с. 29. Промышленный робот ПРК-20

поворотную головку (до 220°) с дополнительным качательным движением ($+30^{\circ}$). Привод исполнительных механизмов гидравлический. Система управления контурная с записью программы в процессе "обучения" робота на магнитную ленту.

Широко применяется также универсальный американский робот "Версатран" (рис. 30). Он примечателен поворотной колонкой (до 240°)



Р и с. 30. Промышленный робот "Версатран"

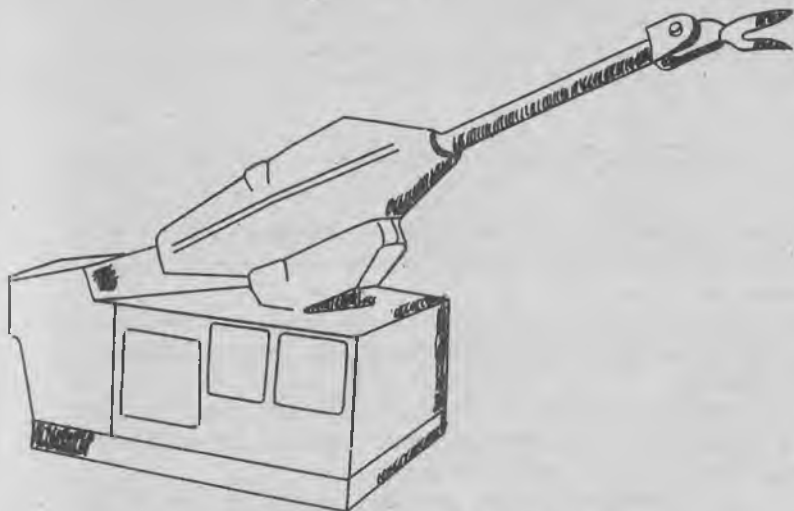
и вертикально перемещающейся траверсой, несущей руку робота. Величина вертикального и горизонтального перемещения руки одинакова

(762 мм). Грузоподъемность в зависимости от скорости движения руки изменяется от 18 до 68 кгс. Точность позиционирования ± 1 мм. Имеются модификации этого вида роботов с удлиненной рукой.

Фирма поставляет роботы как с позиционной системой управления со штекерной панелью, так и контурной системой - с записью на магнитную ленту, с предварительным "обучением" робота при ручном управлении.

Одной из ведущих стран по робототехнике является Япония.

В качестве примера японских роботов на рис. 31 показан ПР "RB" фирмы Мицубиси Дайкоге,



Р и с. 31. Промышленный робот RB

отличающийся объемно-сферической рабочей зоной, с большими скоростями перемещения руки (до 1 м/с). Грузоподъемность от 15 кгс при высоких скоростях и до 50...100 кгс - при низких скоростях и малой стреле вылета. Точность позиционирования ± 1 мм.

Рассматриваемый робот отличается большой универсальностью, обладает хорошей памятью, записываемой на магнитную ленту, которая защищена от внешних помех.

Рассмотренные конструкции ПР не охватывают всех их разновидностей и относятся к роботам первого поколения, работающим по жесткой программе.

РР первого поколения находят все более широкое применение в литейном производстве для создания литейных форм при литье по выплавляемым моделям, для обслуживания литейного оборудования; в штамповочном и кузнечном производстве – для обслуживания прессов, горизонтально-ковочных машин и другого оборудования; в термических и гальванических цехах – для обслуживания печей, закалочных, гальванических и промывочных ванн; в механических цехах – для загрузки и снятия деталей на полуавтоматах и станках с ЧПУ, обслуживания пескоструйных и других установок различного технологического назначения. Применение роботов эффективно при выполнении складских работ и работ по нанесению защитных лакокрасочных покрытий. В сборочном производстве применение роботов первого поколения ограничивается и возникает необходимость применения роботов II поколения, по созданию которых проводятся большие работы как у нас так и за рубежом.

2.4. Конструкции механизмов схватов

Большое значение для практического использования РР имеет конструкция механизмов схвата. Они отличаются как по конструкции схвата, так и виду привода.

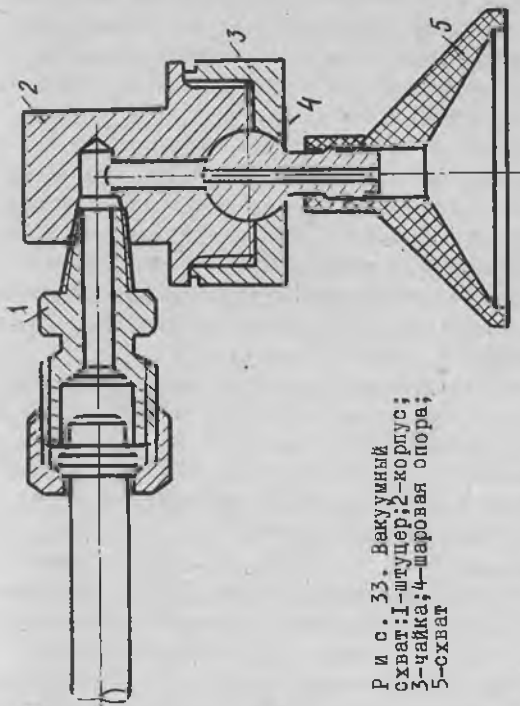
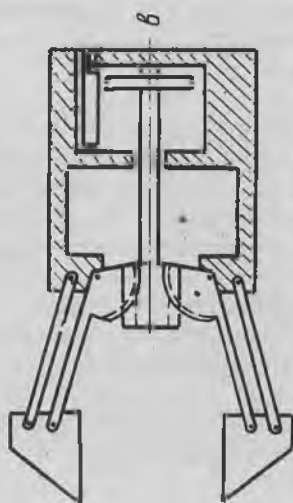
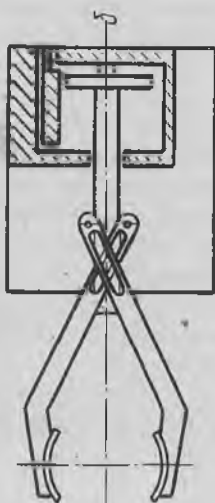
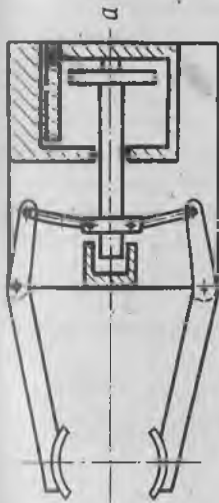
На рис. 32 показаны конструктивные схемы механических схватов: с рычажно-кулисным (а), кулисным (б), реечно-рычажным (в) механизмами.

В качестве привода применяются гидравлический и пневматический приводы возвратно-поступательного действия. В необходимых случаях губки схвата делаются пружинящими.

Для перемещения хрупких деталей из стекла и пластических масс широкое применение получили вакуумные присоски (рис. 33) и более ограниченное – электромагниты. В некоторых случаях применяются схваты с чувствительными сенсорными датчиками и схваты специализированные, например, для захвата инструмента, пульверизатора и т.п.

2.5. Системы управления промышленных роботов

Системы управления РР принципиально не отличаются от известных систем путевого и централизованного управления, применяемых в металлорежущих станках с ЧПУ.



Р и с. 33. Вакуумный
схват: 1-штуцер; 2-корпус;
3-чайка; 4-шаровая опора;
5-схват

Р и с. 32. Конструктивные схемы механиз-
мов схватов

Особенность САУ ПР определяется специфичностью алгоритма функционирования и "обучения" ПР и, как правило, сравнительно низкой точностью выполнения траекторий движения исполнительных (захватных) механизмов. В соответствии с этим наибольшее применение получили разомкнутые системы управления.

Программное цикловое управление, используемое при наличии жестких элементов исполнительных механизмов ПР, обеспечивает достаточно высокую точность позиционирования захватов и широко применяется в системах управления ПР. Как правило, при этом используются системы путевого управления с упорами и переключателями, обеспечивающими необходимые технические условия по точности позиционирования и определяющими методы настройки ПР применительно к конкретной работе.

При более сложных программах движения исполнительных механизмов ПР применяется централизованное управление с пультами управления с использованием штекерных коммутаторов и элементов пневматоматики. Этот вид управления предусматривает также использование упоров и переключателей в конечных точках движения механизмов, определяющих точность позиционирования захватов.

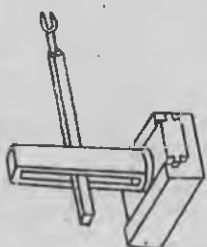

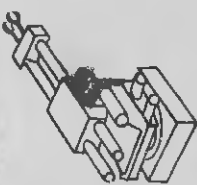
Позиционное управление является разновидностью управления с использованием системы ЧПУ. В качестве программноносителей используются перфоленты. При этом обеспечивается заданная точность движения захватов лишь в конечных, заданных программой точках движения. Для обеспечения необходимой точности среднего значения координат заданных точек подожжения захватов в этих системах для упрощения настройки ПР должны предусматриваться блоки коррекции.

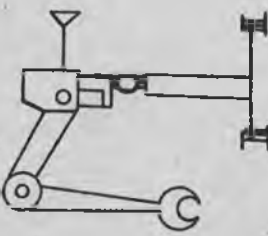
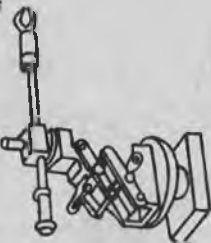
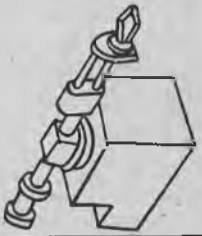
Контурное управление является также разновидностью управления с использованием систем ЧПУ. При этом в системах управления ПР преимущественно применяются программноносители в виде магнитных лент, что позволяет настройку ПР, называемую часто "обучением" ПР, производить при кнопочном "ручном" управлении. В процессе настройки производится запись программы на магнитную ленту с помощью электромагнитных головок, аналогично записи, применяемой в магнитофонах.


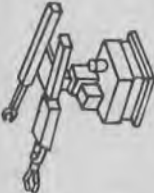
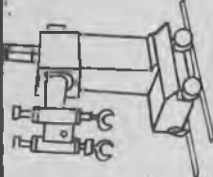
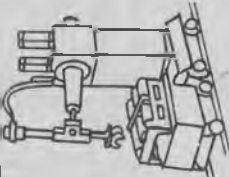
При контурном управлении от перфолент предусматривается наличие в системах ЧПУ обратных связей.

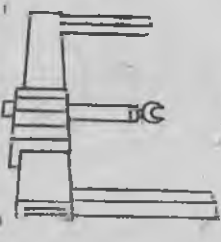
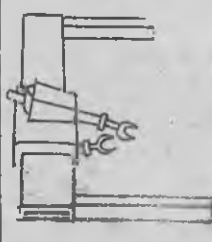
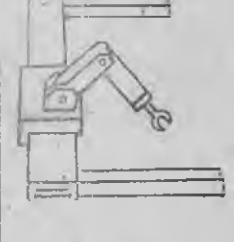
Комбинированное управление строится, как правило, на базе систем ЧПУ и включает позиционное и контурное управления.


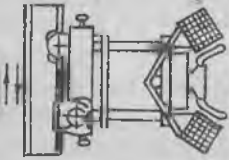
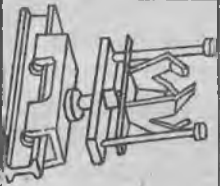
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Модели	Эскизы	Z_n	G кгс	При- вод	Точ- ность Δn	Сис- тема упр.	Мас- са, кг	Габариты $C \times B \times H$	Примеча- ния
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
УМ-I		5	10 (40)	Г	± 2	П	900	1630x750x2070	
УМ-II		4	10	Г	± 2	П	-	- " -	
УМ-III		5	10	Г	± 2	П	-	- " -	
УПК-I		5	10 40	Г	± 2	К	-	2055x768x2300	
АР-30		2	30	П	± 1	Ц	400	1250x580x1750	
АР-35		5	35	Г	$\pm 1,25$	П	1650	1630x750x2070	
"Универ- сал 50"		5	50	Г	± 3	А	1500	$H \times B \times B$ 1300x1300x1600	
"Универ- сал 15"		7	15 (60)	Г	± 2	А	1400	1200x1400x1700	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КШ-63		-	63	П	-	Р	324	2655x600x3006	
УМ-150		-	150	ЭМ	-	Р	350	-	
ШММ-150		-	150	ЭМ	-	Р	380	-	
"Универ- зал 5.01"		6*	5	ЭМ	± 1	АП	650 СУ 100	1030x890x1230 150x530x1240	Система УНР. ПУР-2М
"Универ- зал 1501"		6	15	ЭГ	± 2	АП	2300 СУ 100	1620x1440x1600 650x530x1240	Система УНР. ПУР-2М
ПР-10М		4	10	П	$\pm 0,1$	Ц	500	1670x850x1115	
ПР-10С		4	10	П	± 1	Ц	1000	2115x1000x1100	
281		4	10	Ц	$\pm 0,2$	Ц	-	-	
381		4	5	Г	$\pm 1,25$	Ц	-	-	
М901		3	20	З	± 4	Ц	200	-	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A-9720		5	20	Г	-	II	500		
ММО 63		4	10	Э	$\pm 0,05$	II	300	500x400x500	
ПРМ-1		4	10	II	$\pm 0,5$	II	100	2115x1000x1100	
ШДЖКЛОН 3Б"		4	6	II	$\pm 0,1$	II	460	1100x700x1250	
КМЮЦ- 42,01		4	10	II	$\pm 0,1$	II	550	1230x1000x945 600x650 с.у.	
ШРГМ		4	10	II	$\pm 0,5$	II	600	1650x570x850	
00160									
РВ-50		4	40	Г	$\pm 0,1$	II	1000	860x630x2500	
СМ 40Ц 4301									
СМ 40Ц 4302									
" 4303									
" 4304									
" 4305									
" 4306									
" 4307									
" 4308									
" 4322									

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СМ80Ц250I		3	80	Г	±I	Ц	2726	5I65xI700x3250	
П1732Ф04М		2	250	Г	-	П	3000x	10000x1000x3350	В комплект- се с то- карями многочере- зными станком х) с моно- рельсом
РВ-50 (рис. 27) М160Ф2810I		4	50 160	Г	±I	П	400 600	I400xI600x3100 I8000x3640xI500	

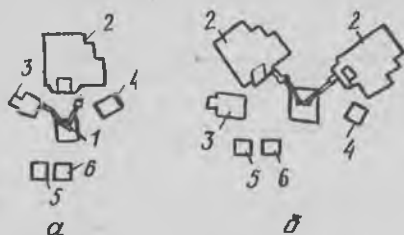
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ГМ500Ц0401		2	500		±50	Ц	720	I824x2015x2765	
Спрут-1"		2	250	9	±10	Ц	650	$e \times H \times B$ I645x2133x956	
ГМ500Ц0301		2	500	9	±50	Ц	720	I824x2015x2765	Для про- мывки, травления и обезжи- ривания деталей в ваннах
ПРК-20	Рис.29	6	20	Г	±3	К	-	-	-

Особенности кодирования информации и методика разработки программы для ПР принципиально не отличаются от используемых в системах ЧПУ и рассматриваются в разделе курса, относящегося к станкам ЧПУ.

2.6. Робототехнические комплексы и технико-экономические показатели использования ПР

Конструкции ПР и робототехнические системы разнообразны. В таблице представлены наиболее известные конструкции отечественных ПР и их технические характеристики.

В зависимости от их целевого применения и планировки в производственных цехах робототехнические комплексы можно разделить на следующие группы:



1. Робототехнические модули (рис.34,а), включающие один робот и одну единицу технологического оборудования.

2. Робототехнические ячейки (рис.34,б), состоящие из нескольких роботов или единиц технологического оборудования.

3. Робототехнические комплексы участков, автоматических линий, охватывающие значительную часть или весь технологический процесс.

Р и с.34.Робототехнические модули и ячейки:1-робот;2-технологическое оборудование;3-накопитель;4-приемное устройство (накопитель деталей);5-шкаф электроавтоматики;6-пульт управления ПР

Как показывает практика,

применение робототехнических ячеек и комплексов в виде участков и автоматических линий обеспечивает сокращение числа рабочих и высокие технико-экономические показатели применения ПР.

Применение отдельных модулей оправдано лишь облегчения работы во вредных условиях труда.

К технико-экономическим показателям эффективности использования ПР относятся:

1. Повышение производительности труда как за счет интенсификации процессов, так и за счет повышения коэффициента использования оборудования в связи с увеличением коэффициента сменности сто ра-

боты, что ведет к сокращению срока окупаемости основного технологического оборудования. Это особенно важно для сравнительно дорогих станков с ЧПУ.

2. Повышение качества выпускаемой продукции за счет обеспечения заданных режимов, которые не всегда выдерживаются при неавтоматизированном производстве. Например, при использовании ПР улучшаются: качество литейных форм при литье по выполняемым моделям, качество сварных швов при автоматической сварке, качество штампуемых деталей за счет уменьшения износа штампов; однородность покрытий при окраске и т.п.

3. Экономия трудовых затрат, показатели которых являются снижение себестоимости изделий и срок окупаемости ПР.

При оценке экономической эффективности ПР следует учитывать дополнительные затраты, связанные с необходимостью:

доработки оборудования в связи с применением роботов;

повышения требований к конструкции заготовок;

создания ориентирующих устройств и накопителей;

изменения планировки цеха или участка с целью обеспечения возможности обслуживания нескольких станков одним роботом.

Для достижения наибольшей эффективности использования ПР в условиях серийного производства целесообразно введение групповых методов обработки с унификацией технологической оснастки, что в более развитых формах использования ПР ведет к организации робототехнических ячеек и комплексов автоматизированных участков и автоматизированных поточных линий.

В существующих методиках при оценке экономической эффективности ПР обычно учитывается снижение затрат технологической себестоимости, на основе чего определяется срок окупаемости ПР.

Так, постоянные расходы в руб, связанные с внедрением робота, складываются из стоимости робота K , расходов на составление программы $K_{\text{п}}$, расходов на оснастку $K_{\text{о}}$.

Экономия годовых затрат

$$\Delta g = Z_p - A + \Pi, \quad (52)$$

где Z_p - зарплата рабочего, заменяемого роботом;

P - эксплуатационные расходы робота, связанные с его ремонтом и содержанием;

A - амортизационные отчисления на один робот;

Π - стоимость дополнительной продукции, получаемой за счет повышения производительности труда при использовании ПР.

Срок окупаемости составит:

$$T_{ок} = \frac{K + K_n + K_o}{Z_p - p - A + \Pi} \quad (53)$$

При этом зарплата рабочего с отчислениями

$$Z_p = T C_c a_1 \left(1 + \frac{K_1}{100} + \frac{K_2}{100}\right) O_T,$$

где T - годовая трудоемкость продукции в часах;

C_c - тарифная ставка производственного рабочего $\left(\frac{p}{z}\right)$;

a_1 - коэффициент переработки норм;

K_1 - процент страховых отчислений;

K_2 - процент отчислений на социальные нужды (затраты на детсады, дома отдыха и т.п.);

O_T - расходы по охране труда.

Эксплуатационные расходы составляют

$$p = a_1 p_o S_p,$$

где a_1 - коэффициент переработки норм;

p_o - ремонтная сложность;

S_p - стоимость ремонта и содержания оборудования.

Амортизационные отчисления

$$A = \alpha_1 K,$$

где α - коэффициент амортизационных отчислений.

Стоимость затрат на дополнительную продукцию

$$\Pi = C_1 N,$$

где C_1 - стоимость выполняемой работы при изготовлении одного изделия;

N - количество дополнительно изготавливаемых изделий за счет интенсификации процесса.

Так, например, для работа УМ-1 при обслуживании двух станков АТ-250П при следующих исходных данных:

$T=41200$ ч; $a_1=1,4$; $C_c=0,437$; $K_1=8\%$; $K_2=10\%$; $K=17000$ р; $\alpha_1=6,7\%$; $p_o=10$; $S_p=25$ р; $K_n=300$ р; $K_o=1000$ р; $\Pi=0$, получим.

1. Зарплата производственного рабочего с отчислениями

$$Z_p = T C_c a_1 \left(1 + \frac{K_1}{100} + \frac{K_2}{100}\right) + O_T = 41200 \cdot 0,437 \cdot 1,4 \left(1 + \frac{8}{100} + \frac{10}{100}\right) + 40 = 29782 \text{ р.}$$

2. Эксплуатационные расходы

$$p = a_1 p_o S_p = 1,4 \cdot 10 \cdot 25 = 350 \text{ р.}$$

3. Амортизационные отчисления

$$A = \alpha_1 K = 0,067 \cdot 17000 = 1140 \text{ р.}$$

При этом срок окупаемости составит

$$T_{ок} = \frac{K + K_n + K_d}{З_p - p - A} = \frac{17000 + 300 + 1000}{29782 - 350 - 1140} = 0,67 \text{ г.}$$

В заключение следует отметить, что промышленные роботы и станки с ЧПУ в недалеком будущем станут основной материально-технической базой авиадвигателестроения, основным видом оборудования автоматизированных участков и автоматических линий. На основе последних будет осуществлена комплексная автоматизация производственных процессов с широким использованием ЭВМ для оптимизации и обеспечения параметров этих процессов.

Л и т е р а т у р а

1. Рабинович А.Н. Автоматизация механосборочного производства. Киев, 1969.
2. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками. /Под ред. В.Ф.Прейса/. Машиностроение, 1975.
3. Белоусов А.Л. и др. Автоматизация процессов в машиностроении. Высшая школа, 1975.
4. Веретенников Е.А. Автоматические загрузочно-ориентирующие устройства и механизмы дискретного питания. - Куйбышев, 1976.
5. Евстигнеев М.И. Автоматизация технологических процессов в авиадвигателестроении. - М.: Машиностроение, 1982.
6. Белянин П.Н. Промышленные роботы. - М.: Машиностроение, 1975.
7. Устройство промышленных роботов. Под ред. Б.И.Юревича. - М.: Машиностроение, 1980 г.
8. Проект государственного стандарта Союза ССР "Роботы промышленные", ОКБ ТК ЛПИ, 1979.
9. Самойлов С.И. Промышленные роботы и их применение в машиностроении. УПИ, Свердловск, 1977.
10. Справочник металлиста. Под ред. Б.Д.Богуславского. Т.5. - М.: Машиностроение, 1978.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение.....	3
I. Устройства накопления и механизмы ориентации заготовок.....	6
I.1. Виды заготовок и их ориентация при автоматической загрузке.....	6
I.2. Механизмы ориентации бункерных загрузочных устройств.....	8
I.3. Крючковые механизмы ориентации.....	10
I.4. Штырьевые механизмы ориентации.....	16
I.5. Карманчиковые механизмы ориентации..	16
I.6. Секторные и ползунковые механизмы ориентации.....	20
I.7. Трубчатые механизмы ориентации.	23
I.8. Вибрационные механизмы ориентации...	26
I.9. Магазиновые и бункерно-магазинные устройства накопления и ориентации заготовок.....	31
I.10. Лотки загрузочных устройств.....	33
I.11. Питательные механизмы загрузочных устройств.....	35
I.12. Манипуляторы и виталкиватели.....	35
II. Промышленные роботы.....	39
2.1. Общие сведения о промышленных роботах.	39
2.2. Классификация промышленных роботов...	40
2.3. Конструкции промышленных роботов и их применение.....	42
2.4. Конструкции механизмов схватов.....	52
2.5. Системы управления промышленных роботов.	52
2.6. Робототехнические комплексы и технико-экономические показатели использования ПР.	60
Л и т е р а т у р а	63