

Министерство образования и науки Украины  
Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники

Костюк Елена Геннадиевна

ТАПР

# 1. Характеристика робототизированных технологических комплексов (РТК)

ГКСР

Харьков

2010

## Содержание

Теория.....	3
1.1 Назначение и классификация РТК. Место РТК в гибкой автоматизации производства.....	3
1.2 Основные схемы взаимодействия промышленных роботов с основным и вспомогательным оборудованием.....	7
1.3 Типовые структуры и состав технологического оборудования РТК.....	12
1.3.1 Ориентирующие устройства. Классификация и основные узлы.....	15
1.3.2 Бункерные загрузочно-ориентирующие устройства.....	19
1.3.3 Накопительные и питательные устройства.....	23
1.3.4 Транспортные устройства.....	26
1.3.5 Другие вспомогательные устройства.....	30
1.4 Перечень мероприятий при подготовке производства к применению промышленных роботов.....	32
Практика.....	36
Решение задач.....	36
Задачи для самостоятельного решения.....	37
Контрольные вопросы.....	38

## Теория

### 1.1 Назначение и классификация РТК. Место РТК в гибкой автоматизации производства.

Главная идея роботизированного технологического комплекса заключается в том, что промышленный робот должен использоваться в сочетании с определенным технологическим оборудованием, как, например, пресс, металлорежущий станок, сварочная установка, установка для нанесения покрытий и т. д., и предназначен для выполнения одной или нескольких конкретных технологических операций.

Применение промышленных роботов можно подразделить на выполнение роботами непосредственно основных технологических операций, и выполнение вспомогательных операций по обслуживанию основного технологического оборудования. К первым относится автоматическое выполнение роботами процессов сварки, сборки, окраски, нанесения покрытий, пайки, проведение контрольных операций, упаковки, транспортирования и складирования. Ко второй категории относится автоматизация с помощью роботов процессов механической обработки (обслуживания различных металлорежущих станков, шлифовальных и протяжных станков), прессов холодной и горячей штамповки, кузнечного и литейного оборудования, установок для термообработки, а также загрузки-разгрузки полуавтоматов дуговой сварки и контактных сварочных машин, при автоматизации операций сборки.

По ГОСТ 26228-85 «Системы производственные гибкие. Термины и определения»:

Роботизированный технологический комплекс (РТК) - совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

#### Примечания.

1. РТК, предназначенные для работы в ГПС, должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраиваться в систему.
2. В качестве технологического оборудования может быть использован промышленный робот.
3. Средствами оснащения РТК могут быть: устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и другие устройства, обеспечивающие функционирование РТК».

При этом подразумевается одна единица технологического оборудования и один промышленный робот.

Если количество промышленных роботов и единиц технологического оборудования больше, то тогда это будет роботизированный технологический участок (РТУ) (ГОСТ 26228-85) -

совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

Роботизированная технологическая линия представляет собой совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими ПР для выполнения операций в принятой технологической последовательности.

Таким образом, в состав роботизированного технологического комплекса входят:

1. технологическое оборудование;
2. промышленный робот;
3. вспомогательное, транспортное оборудование.

Рассмотрим проблему гибкой автоматизации производства с целью установить место, которое занимают в ней роботизированные технологические комплексы.

ГПС (по ГОСТ 26228-85) представляет собой совокупность в различных сочетаниях технологического оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов (РТК), гибких производственных модулей (ГПМ), ПР и других механизмов, разрабатываемых и функционирующих в автоматическом режиме в течении заданного интервала времени, обладающих свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах их характеристик. относительная автономность производственных единиц - ГПМ, обеспечивается координацией как единое целое многоуровневой системой управления, обеспечивающей изменение программы функционирования подсистем ГПС и тем самым - быструю перенастройку технологии изготовления при смене объектов производства.

По организационной структуре различают следующие виды ГПС: гибкие автоматизированные линии (ГАЛ), гибкие автоматизированные цеха (ГАЦ), гибкие автоматизированные участки (ГАУ).

ГАЛ - ГПС, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

ГАУ - ГПС, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрены возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

ГАЦ - ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных и роботизированных технологических линий и участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Система обеспечения функционирования ГПС (Рис. 1.1) определяется как совокупность

взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление ГПС при помощи ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

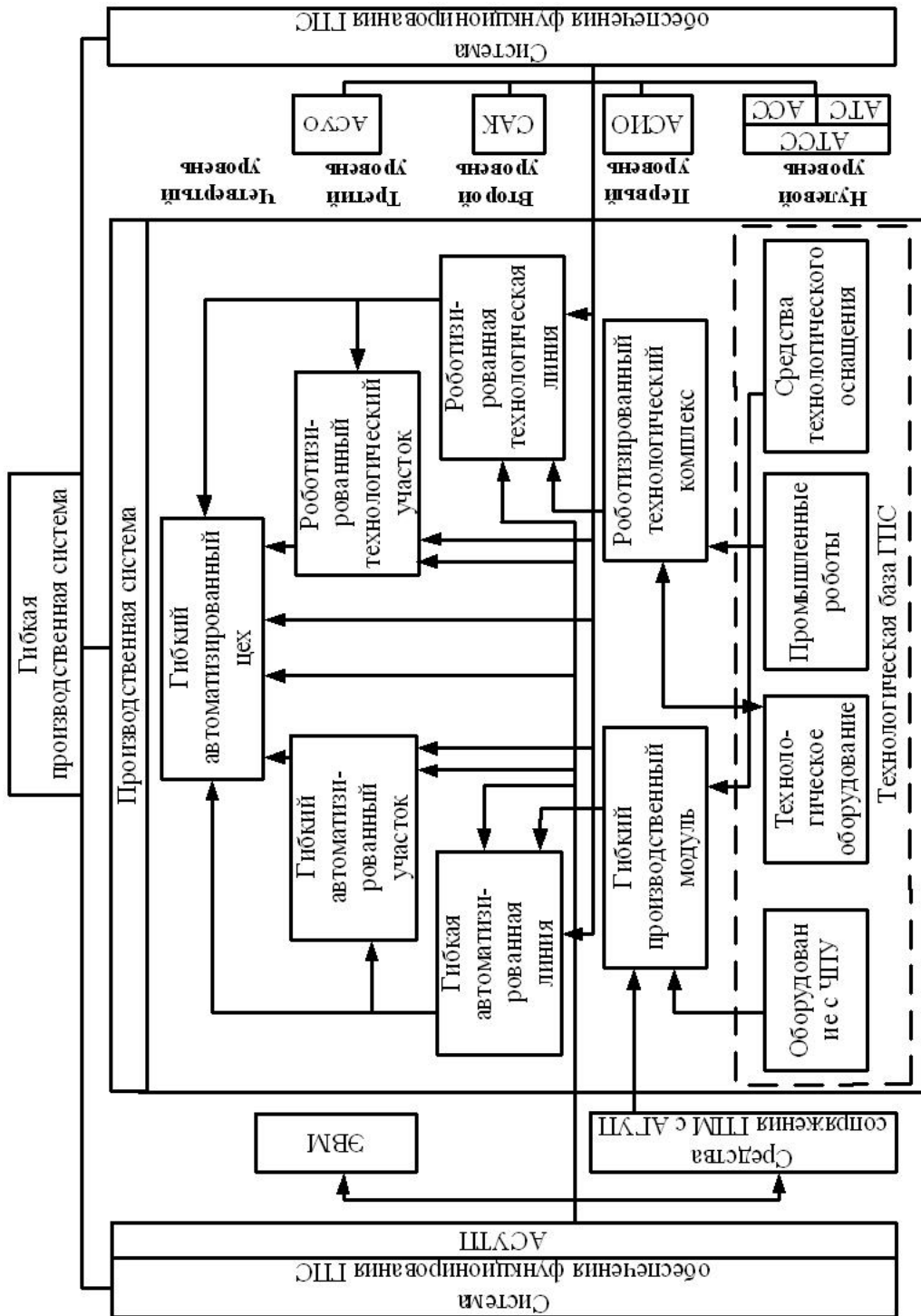


Рисунок 1.1 - Организационные уровни сложности ГПС

ГПС состоит из ряда основных автоматизированных подсистем: технологической, транспортной, складировочной, контроля и управления.

Автоматизированная технологическая подсистема ГПС. В состав технологической подсистемы ГПС входят множества ГПМ совместно с необходимыми средствами технологического оснащения, предназначенных для выполнения основных технологических операций производства ЭА.

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) - подсистема взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

Автоматизированная подсистема управления ТП (АСУ ТП) состоит из средств вычислительной техники - управляющих ЭВМ, связанных в единый комплекс с помощью интерфейсных устройств и линий передачи данных, и программного обеспечения. Предназначена для управления отдельными единицами автоматизированного оборудования всех подсистем и системы в целом; базируется на использовании оборудования с ЧПУ, ГПМ. Программное управление ГПМ основывается на применении программы, определяющей порядок действий с целью получения требуемого результата.

Система управления охватывает все уровни иерархии ГПС; нижний уровень управления - ГПМ и обслуживающие их АСС, АТС и САК; средний уровень управления - ГАЛ и ГАУ и обслуживающие их АСС, АТС и САК; высший уровень управления - ГАЦ, т.е. управление производственными единицами (линиями и участками) в соответствии с заданным планом производства изделий.

Подсистема контроля ГПС решает задачи:

- получения и передачи информации о свойствах, техническом состоянии и пространственном расположении контролируемых объектов, а также о состоянии технологической среды;
- сравнения фактических параметров с заданными;
- передачи информации о рассогласованиях для принятия на различных уровнях ГПС;
- получения и представления информации об исполнении функций;
  - автоматической перестройки средств контроля в пределах заданной номенклатуры контролируемых объектов;
- полноты и достоверности контроля.

Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО) - система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, устройства смен и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента.

Состав и структура ГПС зависит от специализации, технологических задач, типов изделий, типа производства, частоты смены продукции.

Для обеспечения функционирования ГПС необходимо:

- скомплектовать, подготовить и загрузить в АТСС заготовки, комплектующие, полуфабрикаты, материалы и другие ингредиенты производства;
- подготовить, настроить и ввести в АТСС и ГПМ приспособления и инструменты; подготовить и ввести в библиотеку программ АСУТП, АСТПП и АСУП необходимые программы управления гибкой производственной системы (ГПС);
- автоматизированной системы испытаний (АСИ);
- системы материально-технического обеспечения (СМТО);
- автоматизированной системы управления (АСУ) ИПС.

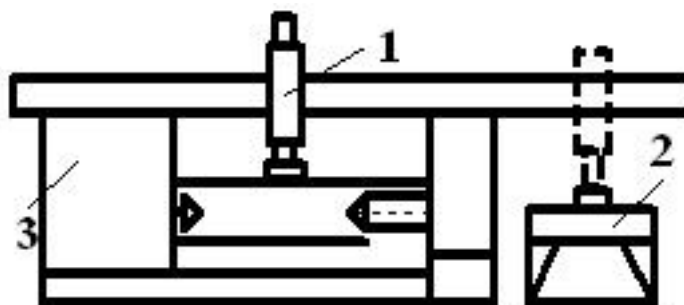
При этом подсистемы АСУ, АСНИ, САПР и АСТПП, являясь внешними по отношению к ГПС, реализуют информационное обеспечение на входе ГПС с использованием соответствующих баз данных (БД). Так АСУ обеспечивает планирование загрузки ГПС по номенклатуре и качеству изделий, предназначенных к выпуску в определенные периоды времени, и планирование подготовки производства для ГПС; АСНИ и САПР - автоматизированное проектирование ЭА с выпуском технической и программной (ПД) документации; АСТПП - автоматизированные разработки технологической документации, проектирование средств технологического оснащения и выпуск конструкторской документации на оснастку, разработку управляющих перфолент для ГПМ, ГПС; АСИ - автоматизированное испытание изделий.

ИПС позволяют обеспечить полностью автоматизированный процесс проектирования и производства изделий ЭА и возложить на человека функции контроля.

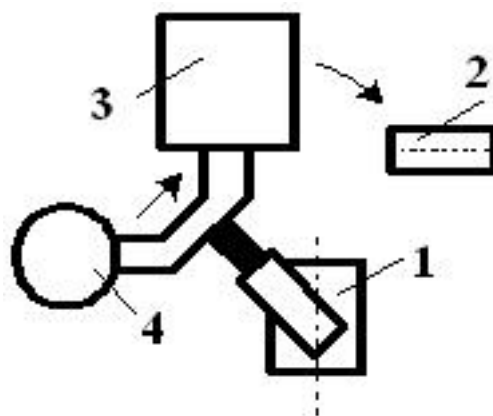
## **1.2 Основные схемы взаимодействия промышленных роботов с основным и вспомогательным оборудованием**

Единое обслуживание оборудования обеспечивается автономным или встроенным в оборудование ПР. Минимальные задачи, решаемые таким РТК, состоят в автоматизации операций обработки детали, ее установки-снятия, базировании и фиксации в рабочей зоне, а также в обеспечении связи с транспортными и информационными потоками основного производства. Разновидностью этой схемы является обслуживание несколькими роботами группы машин, число которых меньше числа ПР, имеющее место в РТК с машинами литья под давлением, при обслуживании листоштамповочных прессов и оборудования других типов (например, в станочных центрах, где один ПР осуществляет установку - снятие детали, а другой - смену инструмента и снаряжение инструментального магазина станка). При этом в состав РТК помимо ПР могут входить автооператоры различного назначения (например, в РТК с машинами

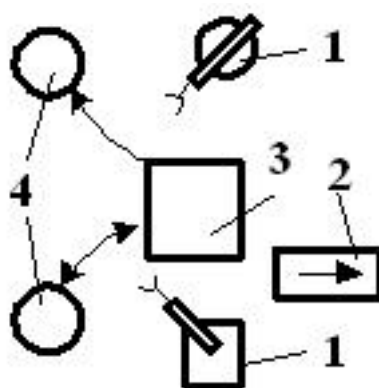
литья под давлением).



а - Встраивание робота в оборудование;



б - Расположение робота у основного технологического оборудования;

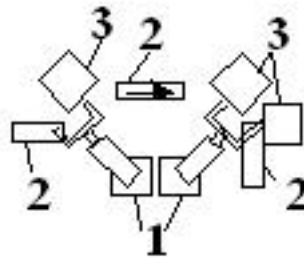


в - Обслуживание несколькими роботами группы машин, число которых меньше числа ПР.

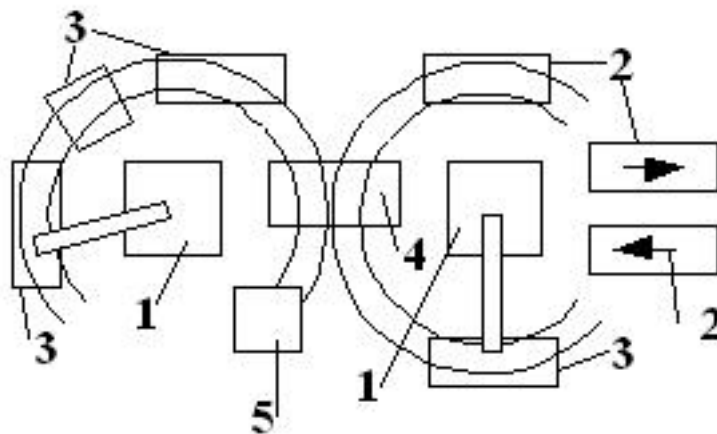
Групповое обслуживание оборудования при его линейном, линейно-параллельном или круговом расположении может осуществляться одним ПР, обеспечивающим помимо операций,



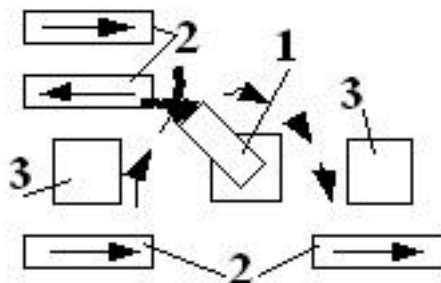
названных выше, еще и межстаночное транспортирование деталей. При этом с помощью ПР решаются также задачи диспетчирования работы оборудования, входящего в состав РТК, элементов транспортных систем и дополнительных механизмов. Разновидностью указанной схемы является обслуживание несколькими ПР группы станков, число которых превышает число роботов. При этом можно не только обеспечить обработку деталей с различной последовательностью операций, но и сократить простои основного технологического оборудования, связанные с многостаночным обслуживанием, выполняемым ПР.



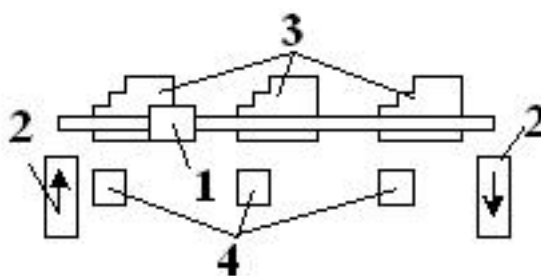
а - Обслуживание несколькими роботами группы машин, число которых превышает число ПР. Обработка деталей с постоянной последовательностью операций



б - Возможность изменения последовательности обработки и пропуска операций



в - Обслуживание одним ПР группы машин. Круговое расположение оборудования (до пяти единиц, не более)

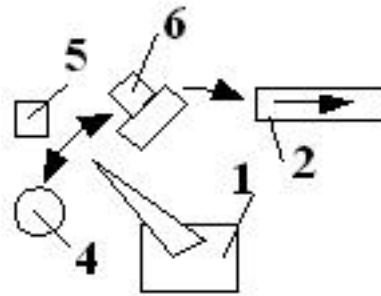


г - Линейное расположение оборудования (количество регламентируется коэффициентом использования оборудования в работа)

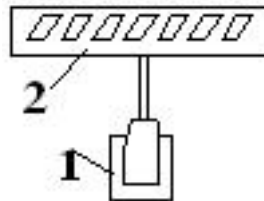
В зависимости от серийности производства, в котором используется РТК с групповым обслуживанием оборудования, для такого комплекса могут быть применены различные организационные формы загрузки основного технологического оборудования от независимой работы каждого станка, до превращения РТК в поточную линию. Однако для обеспечения необходимой гибкости производства в РТК с групповым обслуживанием ПР необходимо предусматривать создание межоперационных заделов, обеспечение возможности пропуска отдельных операций на некоторых типах деталей, изменения порядка обработки и т. п. С помощью ПР должна решаться и задача независимой доставки деталей к станкам и их межстаночного транспортирования.

Индивидуальное выполнение основных технологических операций, таких как сварка, окраска, сборка и т. п., осуществляется технологическим или универсальным ПР, на базе которого организуется РТК, включающий различного рода вспомогательные, транспортные, ориентирующие устройства и механизмы, работа которых контролируется системой программного управления робота.

Выполнение одним роботом законченной технологической операции (перехода):



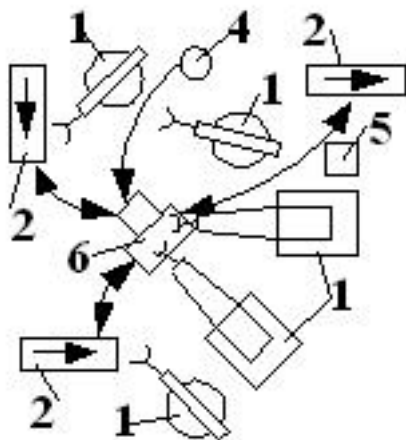
а - Перенос и обработку деталей осуществляет робот за счет смены захватов и инструмента на позиции 6



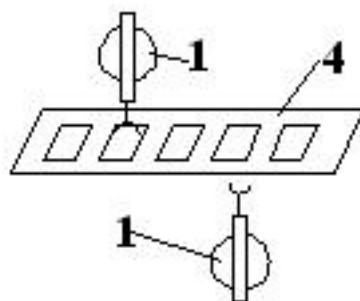
б - Транспортирование детали осуществляется конвейером, управляемым СПУ робота

Групповое использование ПР для выполнения основных технологических операций подразумевает применение роботов разных типов (вспомогательных, технологических и универсальных), связанных в единый комплекс, обеспечивающий законченный технологический процесс.

Выполнение группой роботов заключительной технологической операции (перехода):



а - Группа роботов различного технологического назначения выполняет операцию на одной позиции 6;



б - Группа роботов одного технологического назначения выполняет законченную операцию

Примечание.

На схемах обозначено:

1 - ПР;

2 - конвейер;

3 - основное технологическое оборудование;

4 - магазин с заготовками, деталями или инструментом;

5 - вспомогательные устройства, расширяющие функции робота (устройства контроля, измерения и т. п.);

6 - вспомогательные устройства ориентации или фиксации деталей.



### 1.3 Типовые структуры и состав технологического оборудования РТК

При детальном анализе основных схем применения промышленных роботов среди большого разнообразия роботизированных технологических комплексов можно выделить следующие типовые структуры РТК (рис.1.2): однопозиционные (рис. 1.2, а), имеющие наиболее простую структуру (ТО - технологическое оборудование, ПР - промышленный робот, ВО - вспомогательное оборудование); групповые (рис. 1.2, б) и многопозиционные (рис. 1.2, в).

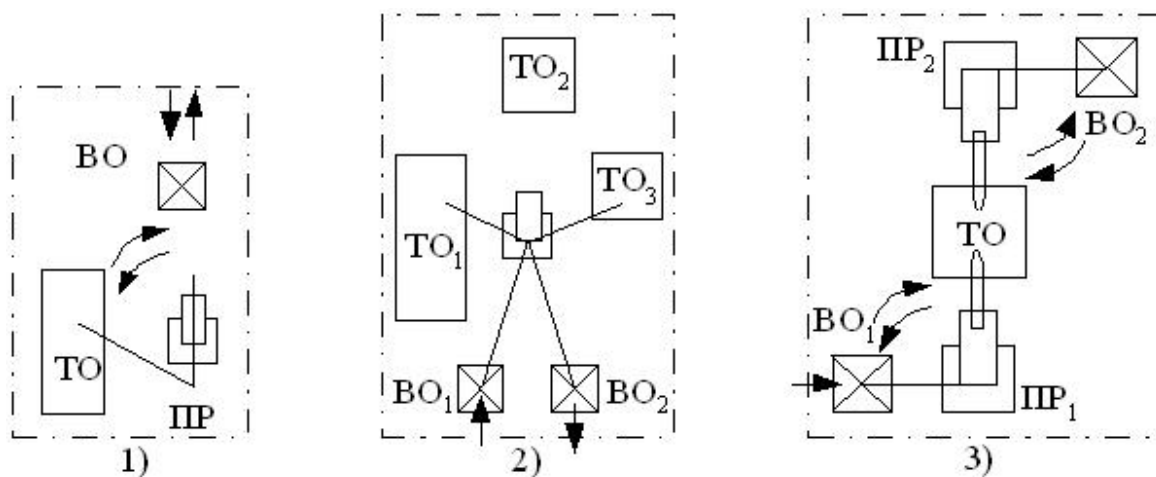


Рисунок - 1.2. Типовые структуры РТК

1 - однопозиционный; 2 - групповой; 3 - многопозиционный

Однопозиционный РТК работает следующим образом. Заготовка, предварительно-ориентированная во вспомогательном оборудовании (ВО), захватывается рабочим органом промышленного робота, переносится в рабочую зону технологического оборудования и устанавливается в нужном положении. Иногда этот процесс достаточно активный, как, например, при обработке заготовки на токарном станке. Нужно остановить шпиндель станка, дать команду на открытие зажимного приспособления (патрона, цанги и т. д.), точно установить заготовку в зажимное приспособление, зажать его, отвести рабочий орган робота и включить станок на обработку детали. По окончании цикла обработки необходимо остановить станок, взять обработанную деталь и перенести во вспомогательное оборудование (ВО). Обработанные детали либо устанавливаются ориентированными в пространстве, либо помещаются в тару навалом.

Технологическое оборудование, рекомендованное для применения в составе РТК, должно быть достаточно распространенным и перспективным с точки зрения конструкции, технологичности, эксплуатационных параметров и степени автоматизации. Технологическое оборудование должно иметь устройство числового программного или хотя бы циклового управления. Если это условие не соблюдено, то могут возникнуть непредвиденные трудности при стыковке ТО с промышленным роботом, которые приведут к неоправданным затратам времени и средств.

Для успешного функционирования на производстве промышленные роботы (особенно не адаптивные, т.е., не снабженные средствами осязания) снабжаются дополнительной технологической оснасткой - вспомогательным оборудованием.

Вспомогательное оборудование предназначено для:

1. накопления определенного количества ориентированных заготовок на начальной позиции комплекса;
2. поштучной выдачи заготовки в определенную точку пространства для взятия ее охватом робота (при необходимости);
3. транспортирования заготовок и изделий между последовательно расположенным оборудованием внутри комплекса с сохранением ориентации;
4. переориентации заготовок и изделий, если это нужно;
5. хранения межоперационного задела и задела между комплексами.

Вспомогательное оборудование, входящее в состав транспортно-накопительной системы, как правило, не имеет между собой ни конструктивных, ни информационных связей и все команды получает от технологического оборудования и промышленных роботов. В качестве накопительных устройств в комплексе могут применяться лотки (скаты, склизы), шаговые конвейеры различного типа, цепные конвейеры, фуговые накопительные устройства, тупиковые накопители, роликовые конвейеры и многоместная тара. Соответствующий тип транспортно-накопительного устройства выбирают, тщательно анализируя заготовку и изделия, особенности технологического оборудования и промышленных роботов.

Вспомогательные устройства РТК можно разделить на несколько типов:

**Стационарные вспомогательные устройства** (бункерно-загрузочные устройства) жестко устанавливаются в определенном положении. Они предназначены для подачи ориентированных заготовок в зону обслуживания промышленного робота. В стационарных вспомогательных устройствах изделия могут предварительно загружаться оператором, подаваться в рабочую позицию под собственным весом или с помощью специальных устройств.

**Подвижные (сменные) технологические приспособления** (палеты, кассеты), как правило, имеют прямоугольную, плоскую форму, на их верхней поверхности располагаются изделия в специальных гнездах. Такие устройства позволяют производить загрузку вне РТК, например, на складе, и могут быть поданы в рабочую зону автоматически, скажем с помощью робокара.

**Вращающиеся вспомогательные устройства** представляют собой вращающийся круглый стол с шаговым приводом. Заготовки располагаются по периферии стола в специальных гнездах или на штырях в зависимости от ее конфигурации. Недостаток накопителей такого типа - их ограниченная емкость.

**Транспортные вспомогательные устройства** представляют собой цепной, многозвенный конвейер, перемещающийся в горизонтальной плоскости на двух звездочках, одна

из которых - ведущая - с шаговым приводом. Преимущество таких накопителей - относительно большая емкость и возможность соединения с другим РТК или иным оборудованием.

### 1.3.1 Ориентирующие устройства. Классификация и основные узлы

Значительное число роботов, не обладающих средствами осязания, могут манипулировать только теми деталями и изделиями, которые предварительно ориентированы и точно позиционированы в исходном положении. Поэтому такие роботы для встраивания в РТК должны быть оснащены некоторыми сервисными устройствами, осуществляющими ориентацию заготовок или деталей (для операции сборки) и подачу их в зону обслуживания промышленного робота.

Трудность создания механизмов ориентирования обусловлена необходимостью соблюдения ряда условий: укладка всех заготовок в требуемом положении, надежность прохождения заготовок в механизме ориентирования и выдачи их в лоток, исключение возможных повреждений заготовок в процессе ориентирования, обеспечение требуемой производительности. Несоблюдение одного из этих условий может привести к тому, что механизм ориентирования не обеспечит требуемой производительности.

Существует большое число разновидностей конструкций механизмов ориентирования, что усложняет их изучение. За основу при классификации принимаем способ ориентирования заготовок.

Ориентирование заготовок есть процесс автоматического разворота заготовок в требуемое положение. Оно происходит при движении заготовок в механизме ориентирования.

Для разворота заготовок в требуемое положение используют, с одной стороны, особенности формы заготовок (наличие отверстия, паза, бурта, головки) или смещения их центра тяжести относительно оси симметрии, с другой стороны, форму ориентирующего звена (фасонные вырезы, щель и др.). В зависимости от выбора той или иной особенности формы заготовки и формы ориентирующего звена различаются и способы ориентирования.

Если заготовка имеет отверстие, а ориентирующее звено вид крючка, то такой способ ориентирования называют «надевание заготовки на крючок».

Если для ориентирования принимают головку заготовки, а ориентирующее звено - сектор со щелью, то такой способ называют «ориентирование щелью», или «западание в щель».

Ориентирование заготовок может производиться в один и в два приема. Ориентирование в один прием осуществляется в процессе захвата заготовок. Например, в крючковых загрузочных устройствах заготовка захватывается крючком за отверстие. Следовательно, захват заготовок является в то же время и процессом окончательного ориентирования. Ориентирование в два приема осуществляется отдельно: предварительное - во время захвата, окончательное - при прохождении через вторичный механизм ориентирования, например, в дисковых загрузочных устройствах предварительное ориентирование длинных цилиндрических колпачков

производится при западании их в прямоугольные вырезы диска, а окончательное - при транспортировании в верхнем положении специальным механизмом вторичного ориентирования. (Рис. 1.3, 1.4)

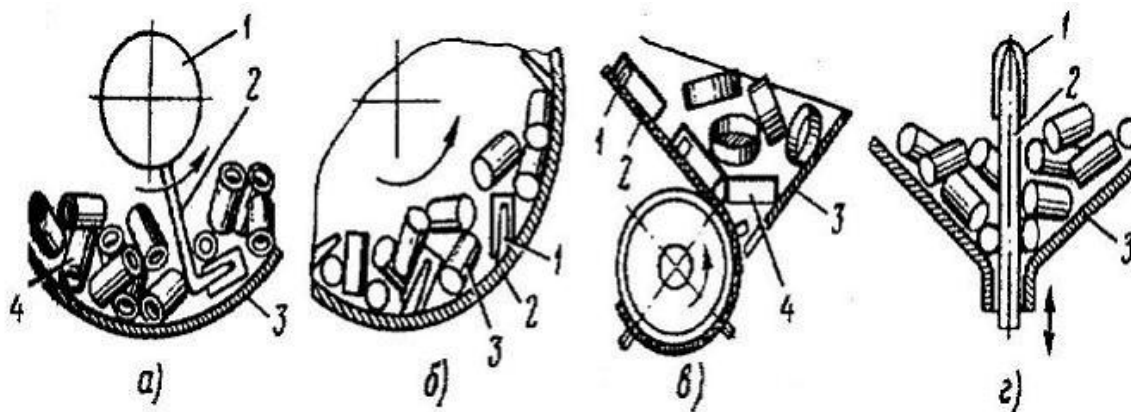


Рис. 1.3 - Механизмы ориентирования в один прием

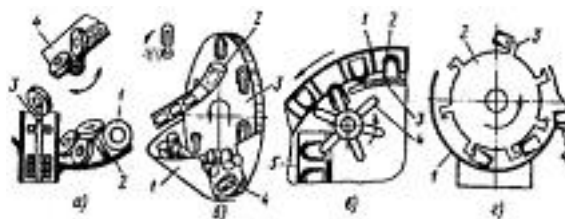


Рис. 1.4. Механизмы ориентирования в два приема

Окончательное ориентирование заготовок может осуществляться как внутри бункера, так и вне бункера. В многопозиционных загрузочных устройствах механизмы ориентирования встраивают в захватный диск, поэтому заготовки такими бункерно-ориентирующими устройствами выдаются из бункера в лоток окончательно ориентированными. В ряде конструкций бункерно-ориентирующих устройств предварительное ориентирование производится внутри бункера, а вторичное - вне бункера. Механизм ориентирования в этом случае можно устанавливать в начале, середине или в конце лотка.

Для классификации механизмов ориентирования выделяем шесть основных, наиболее распространенных способов ориентирования:

- I - надевание заготовки на крючок;
- II - западание заготовки в щель;
- III - западание заготовки в фасонный вырез по профилю заготовки;



IV - поворот заготовки на фасонных губках и других опорах;

V - по расположению центра тяжести;

VI - западание заготовки в трубку;

VII - особые случаи ориентирования, например ориентирование заготовок по их электрическим свойствам (в частности, ориентирование селеновых шайб).

При многономенклатурном производстве сложных изделий, для изготовления которых требуется значительное количество инструментов, ГПС, как правило, включает автоматизированную систему инструментального обеспечения АСИО (см. рис. 1.2, в), снабжающую инструментальные магазины станков необходимым инструментом из накопителя (склада) при смене изготавливаемой детали и производящую замену изношенного или поломанного инструмента.

Большая номенклатура изготавливаемых деталей и высокая отдача оборудования, включенного в ГПС, как правило, требуют оснащения ее автоматизированным складом (АС) заготовок и деталей, а также инструмента и оснастки, необходимых для бесперебойного функционирования ГПС (см. рис. 1.2, г).

Дальнейшим логическим шагом развития ГПС по пути повышения надежности функционирования и осуществления своевременного обеспечения всеми элементами технологического процесса является включение в ее состав систем обеспечения функционирования (СОФ ГПС и ГПЯ), системы автоматизированного контроля (САК), автоматизированной системы удаления отходов (АСУО), а также включение ГПС в автоматизированную систему управления производством (АСУП) (см. рис. 1.2, д).

Качественно новые возможности ГПС достигаются при интегрировании в системе их управления автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП), включающей соответствующие системы автоматизированного проектирования (САПР) - конструирования, технологии и т.п. В этом случае достигается высший - третий уровень автоматизации производства (см. рис. 1.2, е). Рис. 1.2 показывает, что рост уровня автоматизации достигается значительным усложнением конструкции и системы обеспечения функционирования ГПС и ГПЯ, а значит, увеличением их стоимости. Поэтому задаваемый уровень автоматизации должен быть экономически обоснован.

Основные структурные элементы ГПЯ следующие: несколько ГПМ одинаковых или различных, обеспечивающих требуемую технологическую обработку заготовок; АТСС; АСИО; единая управляющая ЭВМ.

Основными техническими возможностями ГПЯ являются:

- **производственная гибкость**, заключающаяся в автоматическом (автоматизированном) переходе на изготовление любой освоенной детали в любой последовательности. В ГПЯ 2-го уровня автоматизации этот переход занимает минуты - время, необходимое для удаления грейфером из камеры станочного модуля детали и загрузки на стол ГПМ тем же грейфером

спутника с новой заготовкой;

- **структурная гибкость** - способность каждого из станочных модулей функционировать при отказе другого, возможность проведения обработки на любом из однотипных ГПМ;

- **реализация безлюдной технологии обработки**, заключающаяся в автоматическом функционировании ГПЯ в течение определенного интервала времени без участия обслуживающего персонала или при ограниченном его числе. Степень и продолжительность этой реализации определяется вместимостью элементов технологического процесса, качеством и степенью автоматизации функционирования устройств ГПЯ для диагностирования заготовок, инструмента, оборудования и других элементов ГПЯ в процессе работы.

Благодаря **производственной гибкости**, достигаются:

- автоматический (автоматизированный) переход на выпуск новой продукции в кратчайшее время и с наименьшими затратами;

- повышение производительности труда рабочих-станочников благодаря росту коэффициента загрузки станков;

- обеспечение стабильности качества выпускаемых изделий в результате автоматизации всех элементов технологического процесса изготовления и проведения его без участия человека;

- снижение без потери производительности станков размера партии изготавливаемых деталей до полумесячной или месячной программы с трех-, шестимесячной программы производства, характерной при использовании автономных станков с ЧПУ;

- возможность производить детали в таком количестве и тогда, когда они нужны при сборке, т.е. иметь минимальные запасы и заделы, максимальные оборотные средства;

- изменение конструкции изделия в процессе его выпуска.

В результате **структурной гибкости** достигается:

- обеспечение ритмичности производства благодаря работе основного количества технологического оборудования, несмотря на отказы отдельных его объектов;

- обеспечение требуемой пропорциональности производства вследствие автоматического (автоматизированного) подключения к изготовлению требуемого вида изделия различного количества единиц однотипного технологического оборудования.

В результате **реализации безлюдной (малолюдной) технологии** достигается:

- переход на работу в две-три смены, круглосуточно, а в перспективе и круглогодично без выходных и праздничных дней с высвобождением людей от работы в ночное время;

- улучшение условий труда, повышение культуры труда, поскольку оператор не связан с

циклом работы станка;

- улучшение техники безопасности и сокращение травматизма;
- максимальный выпуск продукции с единицы технологического оборудования благодаря росту коэффициента его загрузки в результате сокращения потерь времени на переналадку при переходе на выпуск нового изделия и коэффициента сменности.

Области рационального применения ГПС - это мелкосерийное повторяющееся, средне- и крупносерийное производство. Применение ГПС в единичном и мелкосерийном неповторяющемся производстве возможно в особых случаях.

**Главное преимущество ГПС** - способность производить продукцию в кратчайшие сроки при минимальных затратах. ГПС позволяют реализовать методы автоматизации массового производства (непрерывность, ритмичность и пропорциональность) в условиях серийного производства.

### 1.3.2 Бункерные загрузочно-ориентирующие устройства

В данном разделе рассматриваются стационарные вспомогательные устройства, жестко устанавливаемые в определенном положении, предназначены для подачи ориентированных заготовок в зону обслуживания промышленного робота.

На первом этапе развития транспортно-загрузочных устройств были созданы загрузочные устройства типа магазинов, в которых ориентирование и загрузка заготовок осуществлялись человеком, на втором этапе - появились бункерно-загрузочные устройства, которые позволили полностью автоматизировать процесс подачи заготовок.

Создание автоматических линий потребовало создания специальных загрузочных устройств, которые конструктивно были бы связаны с основным технологическим оборудованием, работающем в едином цикле. Необходимость появления универсальных и мобильных транспортно-загрузочных устройств для условий серийного производства привела к созданию промышленных роботов.

Целесообразность применения тех или иных транспортных и загрузочных устройств определяется прежде всего их экономической эффективностью, а также облегчением условий труда и безопасностью работы. Проектирование и выбор таких устройств в основном зависят от заготовки, типа оборудования, способа организации производства (автоматические линии, участки) и вида производства (массового, крупносерийного, серийного, мелкосерийного, индивидуального).

Для значительного числа технологических процессов характерным является транспортирование штучных заготовок, полученных путем предварительной механической обработки, штамповки или методом точного литья. Так, например, процесс транспортирования заготовок на металлорежущем станке состоит из следующих операций: загрузки (перемещение в

бункере, захват манипулятором или роботом, ввод в рабочую зону, ориентация их, установка и закрепление) и разгрузки (раскрепление после обработки, съём, вывод из рабочей зоны, перемещение на позицию складирования).

Основные требования, предъявляемые к транспортным устройствам: простота конструкции, высокая надежность работы, возможность накопления требуемого количества заготовок, возможность быстрого обнаружения и устранения неисправностей, удобство загрузки и разгрузки заготовок, быстродействие, совмещение холостых ходов механизмов с рабочим циклом, точность позиционирования.

В зависимости от применения той или иной силы (тяжести, внешней, инерции) различают четыре вида транспортирования:

1. самотечное, под действием силы тяжести;
2. принудительное, под действием внешней силы;
3. вибрационное, под действием силы инерции;
4. комбинированное.

**Бункерное загрузочно-ориентирующее устройство** относится к категории транспортных устройств, не встраиваемых в станок. (БЗОУ) состоит из группы механизмов, предназначенных для приема заготовок навалом и выдачи их в рабочую зону промышленного робота ориентированными в пространстве и во времени:

**Предбункер** предназначен для создания необходимого запаса заготовок, обеспечивающих требуемое время непрерывной работы станка, и создания благоприятных условий для работы бункера.

**Бункер** принимает заготовки навалом и выдает их ориентированными в пространстве (первичная ориентация).

**Лоток** служит для транспортирования заготовок между функциональными механизмами бункерного загрузочно-ориентирующего устройства. Лоток может выполнять функции магазина и устройства вторичной ориентации.

**Устройство автоматического ориентирования** осуществляет вторичное ориентирование заготовок сложной формы.

**Магазин** принимает, накапливает и сохраняет окончательно ориентированные заготовки. Он компенсирует неравномерную производительность бункера.

**Отсекатель и питатель** работают синхронно с рабочими органами станка, подавая заготовку в рабочую зону в определенные периоды рабочего цикла. Они ориентируют заготовки во времени. В РТК питателем является промышленный робот. В зависимости от способа подачи заготовок из навала бункера бывают:

- с поштучной выдачей заготовок,
- с выдачей заготовок порциями,
- с непрерывной выдачей заготовок.

**Бункеры с поштучной выдачей заготовок:** карманчиковые и крючковые.  
Производительность этого типа бункеров определяется по формуле

$$Q_{\text{ср}} = Kzn ,$$

(1.1)

где: -  $K$  - коэффициент заполнения захватных органов;  $z$  - число захватных органов (карманов, крючков), принимающих участие в одном цикле работы;  $n$  - число циклов работы (оборотов, двойных ходов) в минуту.

**Карманчиковые бункеры.** Форма бункера зависит от типа захватного органа, угла трения заготовок о бункер, угла откоса внутренних стенок бункера и метода ориентирования заготовок в бункере. Захватный орган карманчикового бункера представляет собой диск с профильными вырезами. Расположение карманов на диске оказывает непосредственное влияние на производительность бункера, так как от этого зависит коэффициент заполнения и допустимая скорость вращения диска (рис. 1.5).

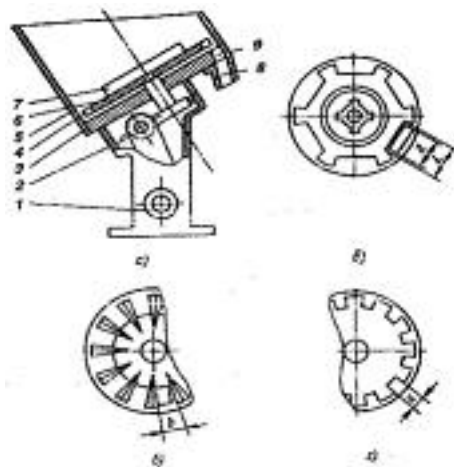


Рис. 1.5 - Схема карманчикового бункера

**Крючковые бункеры.** Применяются для загрузки заготовок с внутренними отверстиями (штулки, колпачки, шайбы). Основной тип бункера с крючками на периферии представлен на рис. 1.6, а.

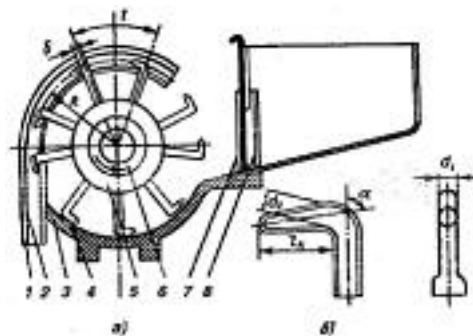


Рис. 1.6 Крючковые бункеры

**Бункеры с выдачей заготовок порциями:** секторные, шиберные, дисковые, щелевые, лопастные, элеваторного типа. Производительность бункеров такого типа определяется по формуле

$$Q_{\text{ср}} = Kzmn, \quad (1.2)$$

где  $K$  - коэффициент заполнения захватных органов;  $z$  - число захватных органов (секторов, шиберов, пазов в диске, лопастей), принимающих участие в одном цикле работы;  $m$  - число заготовок, которое может быть захвачено одним захватным органом;  $n$  - число рабочих циклов (оборотов, двойных ходов) в минуту.

**Секторные и шиберные бункеры.** Применяются для загрузки заготовок типа винтов, болтов, заклепок, шайб, гаек.

**Бункеры с непрерывной выдачей заготовок:** трубчатые, фрикционные, вибрационные. Производительность бункеров этого типа определяется по формуле

$$Q_{\text{ср}} = Kv/l, \quad (1.3)$$

где  $K$  - коэффициент западания для трубчатых бункеров; коэффициент, учитывающий проскальзывание, заторы и т. д., для фрикционных и вибрационных бункеров;  $v$  - средняя скорость движения заготовок, м/мин;  $l$  - размер заготовок в направлении движения, м. В трубчатых и вибрационных бункерах определение теоретической производительности затруднено из-за переменной скорости движения заготовок.

**Трубчатые бункеры.** Заготовки перемещаются за счет собственного веса, их первичная ориентация осуществляется трубкой. Конструктивно они различаются по виду движения трубки (вращательные, возвратно-поступательные или комбинированные) и в зависимости от того, какая часть бункера совершает эти движения - трубка или кожух (рис. 1.7).

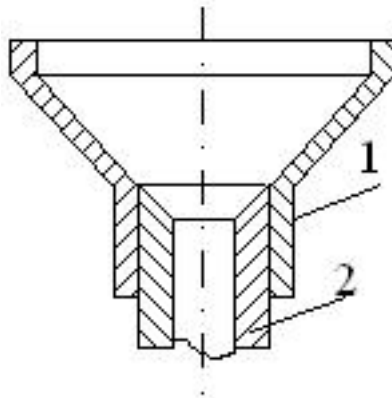


Рис. 1.7 Трубчатые бункеры

**Дисковые фрикционные бункеры.** Применяют для загрузки и транспортирования плоских заготовок типа колец, фланцев, дисков (рис. 1.8). Вибрационные транспортные устройства. Широко применяют в машиностроении для загрузки и транспортирования штучных заготовок в зону обработки, транспортирования их от станка к станку, для удаления стружки и т. д. Их можно условно разделить на три группы: вибрационные лотки и транспортеры; вибрационные бункеры; вибрационные подъемники и накопители.

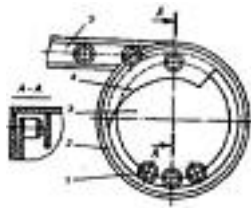


Рис. 1.8. Дисковые фрикционные бункеры

### 1.3.3 Накопительные и питательные устройства.

Накопительные и питательные устройства весьма разнообразны. Это могут быть устройства в виде лотков (рис. 1.9, а, б, г), где упорядоченная поштучная подача деталей роботу осуществляется под действием их собственного веса, или в виде бункеров (рис. 1.9, в) с подачей деталей путем вращения дна, на котором расположены детали.

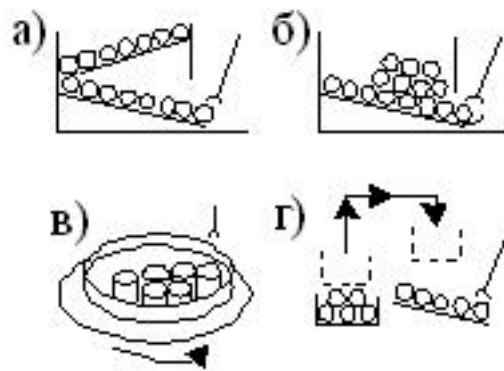


Рис. 1.9 - Схема лотков и бункера

В другом случае путем пошагового вращения поддона (рис. 1.10, а, г) детали фиксируются каждый раз в определенном положении для взятия их роботом или же сама рука робота имеет пошаговое программное перемещение (рис. 1.10, б, в) при неподвижном поддоне.

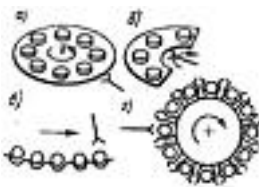


Рис. 1.10. Схема поддонов с пошаговым вращением их или манипулятора

Аналогично, те же действия могут осуществляться путем поступательного пошагового перемещения в прямоугольных координатах (рис. 1.11), где детали расположены упорядоченно в кассетах (палетах).



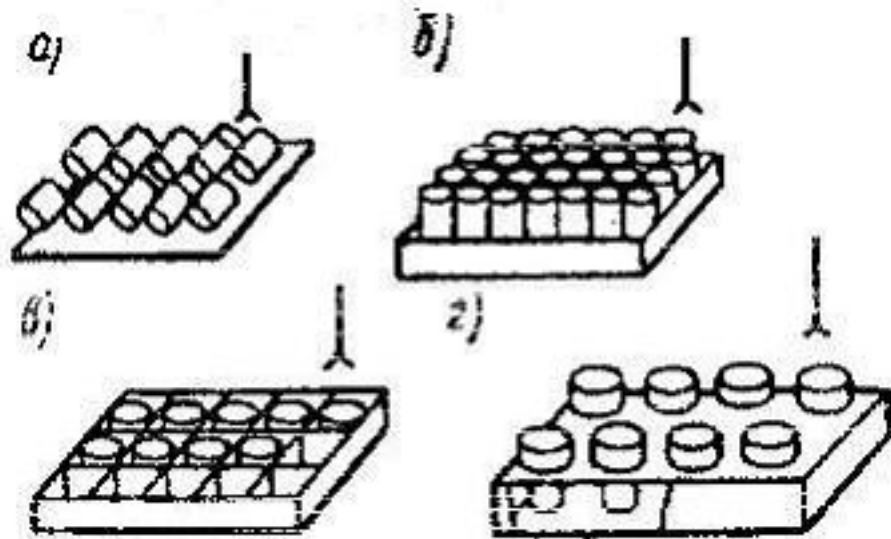


Рис. 1.11- Схемы кассет (палет)

Накопительные устройства могут иметь вид магазинов с вертикально расположенными стопками деталей (рис. 1.12). Деталь подается роботу поштучно снизу при помощи шибера устройства (рис. 1.12, а) или вертикально движущегося съемного устройства (рис. 1.12, б). Манипулятор берет деталь и пошагово перемещается сверху вниз (рис. 1.12, в); или же деталь подается манипулятору путем пошаговой подачи самого магазина (рис. 1.12, г) либо стопки деталей внутри магазина (рис. 1.12, д).

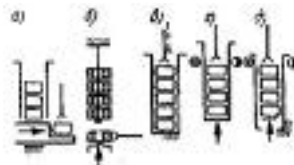


Рис. 1.12- Схемы накопительных магазинов

Для полного обеспечения станков деталями на заданное время работы магазины могут иметь несколько стопок деталей (рис. 1.13, а, б), а поддоны иногда делают многоуровневыми (рис. 1.13, в, г), т.е. имеющими ряд горизонтальных плоскостей с деталями. Такие накопительные устройства именуется контейнерами.

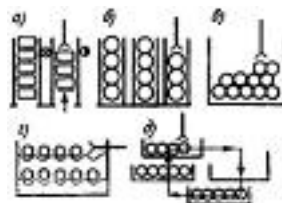


Рис. 1.13 - Схемы многоядных накопительных механизмов

Накопители могут выполняться также в виде цепных механизмов с расположенными в каждом звене цепи деталями (рис. 1.14, а, в). Здесь детали поштучно подаются роботу путем пошагового перемещения цепи. Такие цепи могут образовывать многоярусные контейнеры (рис. 1.14, б).

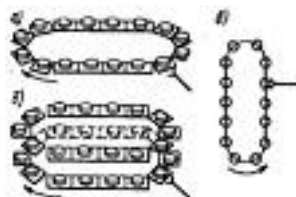


Рис. 1.14 - Схемы цепных накопительных магазинов

В накопительных устройствах может быть организована циркуляция поддонов (кассет или палет), как показано на рис. 1.14, д и рис. 1.11, г с поочередным их пополнением по мере освобождения.

### 1.3.4 Транспортные устройства

Промежуточное транспортирование деталей внутри роботизированного технологического комплекса осуществляется с помощью простых роликов или пошаговых транспортеров или тактовых столов, имеющих строго фиксированные шаги перемещения, реализуемые специальными механизмами. Применяются также линейные электродвигатели. Транспортирующие устройства могут работать как в прямоугольных координатах, так и в полярных (в виде дисков) или же по пространственным траекториям (в частности, спиралевидным). Заготовки можно устанавливать непосредственно на пластины тактового стола (рис. 1.15) либо на специальных приспособлениях (спутниках), которые крепятся на пластинах.

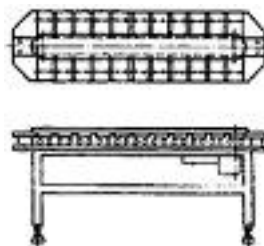


Рис. 1.16. Схема тактового стола

Конвейером называют машину для непрерывного транспортирования изделий.

Отличительной особенностью многих конструкций конвейеров, наряду с выполнением функций по перемещению заготовок, является возможность образования небольших межоперационных заделов, обеспечивающих независимую работу сложных станков в составе автоматических линий. Имеются конструкции конвейеров, которые при транспортировании производят распределение заготовок на несколько потоков.

Транспортные средства бывают стационарные, т.е. неподвижно установленные на полу цеха, и подвижные. К первому виду относят различные конвейеры, ко второму - различные тележки (электрокары, самоходные тележки, работающие по автоматическому циклу, и др.)

По способу транспортирования конвейеры делят на непрерывного и прерывистого (дискретного) действия.

Конвейеры непрерывного действия. Наиболее распространены ленточные (рис. 1.17,а) и цепные (рис. 1.17,б) конвейеры. Грузонесущим и тяговым органом для перемещения заготовок в таких конвейерах служит лента (обычно металлическая) или втулочно-роликовая цепь, которые натянуты на барабаны или звездочки, смонтированные в корпусе. Для предотвращения их провисания предусмотрены направляющие планки.

Роликовые конвейеры состоят из роликов, укрепленных на осях в корпусе 5 (рис. 1.17, в). Роликам сообщается вращение от привода через замкнутую цепь и звездочки, закрепленные на осях роликов. Перемещение заготовок или приспособлений-спутников происходит под действием сил трения, возникающих между образующей роликов и заготовками, что позволяет подавать их с подпором. Ролики посажены на оси с небольшим натягом через фрикционные втулки, запрессованные в ролики, что позволяет им проскальзывать в момент нахождения под остановленными заготовками.

Конвейер-распределитель состоит из корпуса, внутри которого на звездочках натянута замкнутая цепь с консольно укрепленными (через шаг) пальцами, перемещающими детали (кольца, фланцы) по направляющей (рис. 1.17. г). Заготовки подаются в конвейер через механизм приема (с отсекателем), а выдаются через механизмы выдачи. Такой конвейер применяют для распределения катящихся заготовок между параллельно действующими станками.

Двухвалковые конвейеры используют для перемещения с подпором цилиндрических заготовок (рис. 1.17, д), например, колец, втулок, дисков. При перемещении заготовки вращаются, что позволяет применить указанные конвейеры для загрузки - выгрузки бесцентровых круглошлифовальных станков. Валковые конвейеры имеют разные исполнения в зависимости от формы валков. Наиболее распространенной конструкцией является конвейер с коническими валками, с углом конуса при вершине до  $2^\circ$ . Вращение двум валкам, укрепленным в корпусе, сообщается от привода через цепную передачу и звездочек, установленные на осях валков.

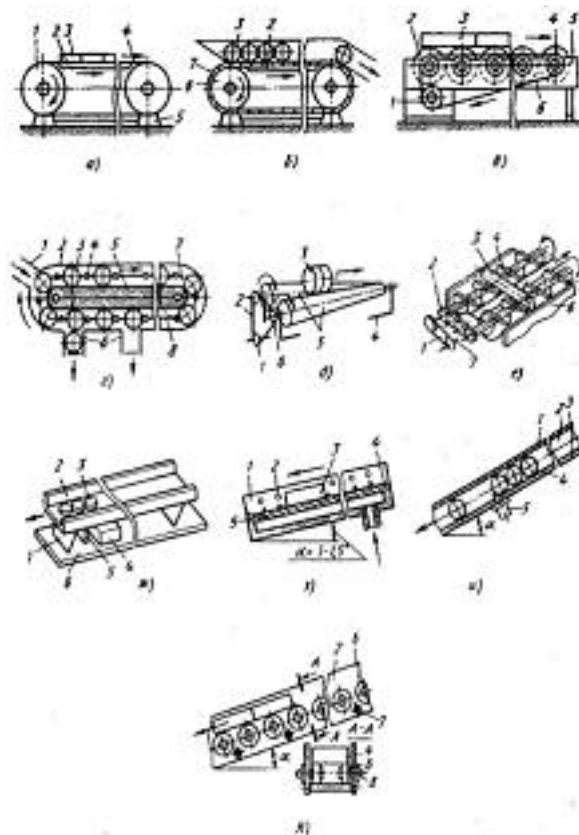


Рис. 1.17 - Конвейеры непрерывного действия

**Винтовые конвейеры** используют для перемещения заготовок поперек и вдоль оси. В первом случае (рис. 1.17, е) спирали винтов, находящихся в корыте, расположены так, чтобы заготовка лежала между ними без перекоса. Винтам сообщается синхронное вращение от привода через цепную передачу и звездочки. Для перемещения заготовок вдоль оси винты установлены таким образом, чтобы выступы одного винта свободно входили бы во впадины другого. В этом случае заготовка перемещается по наружной поверхности спиралей между винтами.

**Вибрационные конвейеры** используют в тех случаях, когда затруднительно перемещать заготовки другими способами (например, из-за их сцепляемости). Основным недостатком указанных конвейеров является возможность вибрации соседних металлорежущих станков. Конвейер состоит из лотка (рис. 1.17, ж), пружин и основания. Лоток получает движение от электромагнитного вибратора 4 (или от эксцентрикового механизма) с упругим звеном 5.

**Пневматический полусамотечный конвейер** (рис. 1.17, з). Перемещение заготовок в корпусе конвейера, расположенного наклонно под углом, меньшим угла трения, осуществляется сжатым воздухом (давление 0,01...0,02 МПа), подаваемым через отверстия 5 или 2, просверленные под углом на опорной, а иногда и на боковых поверхностях. Заготовки двигаются в корпусе под действием струй сжатого воздуха, образующих воздушную прослойку толщиной

0,01..0,02 мм между заготовками и поверхностью.

**Лотковые самотечные конвейеры** предназначены для гравитационного перемещения заготовок качением по роликам или скольжением по наклонной (в большей части прямой) поверхности длиной 2..5 м и более (рис. 1.17, и,к). Угол наклона конвейеров устанавливается в зависимости от способа перемещения заготовок, их массы и материала. При перемещении деталей качением  $= 5..10^\circ$  (рис. 1.17, и), а при скатывании по роликам  $= 3..5^\circ$  (рис. 1.17, к). Для каждой конкретной заготовки и способа ее перемещения производится подбор угла наклона конвейера с учетом допустимой скорости соударения деталей, при которой на поверхности их (при ударах) не образуются дефекты в виде забоин, вмятин и пр.

**Конвейер для перемещения заготовок качением** состоит из опорной и двух боковых стенок (рис. 1.17, и). Для предотвращения самопроизвольного выпадания заготовок (особенно при большом угле наклона) предусмотрена предохранительная полоса. В конвейерах для перемещения заготовок по свободно, вращающимся роликам (рис. 1.17, к) последние устанавливают на осях, укрепленных в боковых стенках, которые между собой жестко соединяют стяжками. В качестве ролика используют шарикоподшипник или два шарикоподшипника, запрессованные во втулку. Для уменьшения скорости перемещения заготовок в лотковых конвейерах, применяют амортизаторы, свисающие ремни, а также разные конструкции спусков.

**Конвейеры прерывистого действия. Шаговые конвейеры** наиболее распространены и бывают двух типов: с убирающимися собачками (рис. 1.18, а) или поворачивающимися захватными устройствами (рис. 1.18, б). **У первого типа** конвейеров заготовки (спутники) перемещают по направляющим захваты в виде подпружиненных храповых собачек, укрепленных на осях в штанге, совершающей возвратно-поступательное движение с помощью гидравлического цилиндра. При движении штанги вперед собачки упираются в заготовки и перемещают их на шаг. При обратном ходе собачки утапливаются в штангу и проходят под заготовки, не передвигая ее. Основным недостатком конвейера является засорение стружкой храповых собачек.

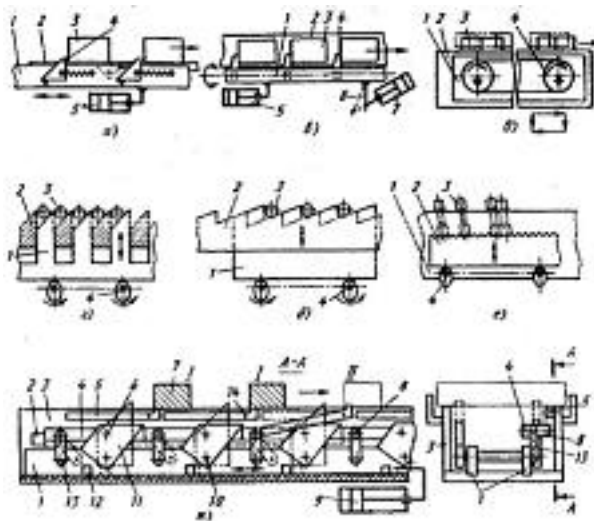


Рис. 1.18 - Конвейеры прерывистого действия

**У второго типа** конвейеров (см. рис. 1.18,б) заготовки перемещают по направляющим захватные устройства в виде флажков, укрепленных неподвижно на круглой штанге, совершающей последовательно возвратно-поступательное и вращательное движения с помощью гидравлических цилиндров 5 и 7 и рычага. При движении штанги вперед флажки упираются в заготовки и перемещают их на шаг. Затем штанга поворачивается на угол (при котором флажки не задевают детали) и возвращаются в исходное положение. Далее флажки опускаются, и цикл повторяется. Вероятность засорения стружкой флажков в этом конвейере меньше.

**Переключающие планочные конвейеры** обычно применяют для перемещения заготовок, для которых не допускается повреждение обработанной поверхности при скольжении по направляющим (рис. 1.18, в). Заготовки движутся по направляющим последовательным переключением посредством планки, совершающей движение от вращающихся эксцентриков по сложному циклу - подъем, движение вперед, опускание, движение назад.

**Пилообразные конвейеры** применяют для перемещения заготовок типа вал поперек оси. Конвейер одинарного действия (рис.1.18,г) состоит из двух неподвижных пилообразных реек, между которыми размещены две подвижные рейки, перемещаемые вверх - вниз от кулачкового (кривошипного) механизма. В результате этого движения подвижные рейки перебрасывают заготовки через вершины неподвижных реек. Для увеличения, производительности в конвейерах двойного действия (рис. 1.18, д) подвижные рейки смещены относительно неподвижных на пол шага. Принцип работы конвейера аналогичен предыдущему. Детали скатываются по наклонной части реек под действием силы тяжести.

**Гребенчатые конвейеры** предназначены для перемещения заготовок с заплечиками, типа шатун, (рис. 1.18, е) и имеют две направляющие, между которыми размещена гребенка, совершающая движение вверх - вниз (с амплитудой 8...10 мм) с помощью приводного механизма. В процессе перемещения шатун заплечиками большой головки опирается на гладкие направляющие, а нижней частью малой головки - на зубцы гребенки при наклоне шатуна на угол 6.. 10° от вертикальной плоскости по ходу движения. При подъеме гребенки шатун смещается большой головкой по направляющим в сторону наклона, а при опускании гребенки он смещается малой головкой в ту же сторону; в результате шатуны перемещаются вперед.

**Шаговый конвейер-накопитель с управляемыми собачками.** Помимо перемещения деталей, выполняет функцию их накопления. Он включает две направляющие, по которым движутся детали (рис. 1.18, ж) с помощью двойной штанги с собачками (действующими от гидроцилиндра), размещаемой между направляющими. На одной из направляющих на осях4 установлены поворотные рычаги контроля наличия заготовки. При отсутствии заготовки короткий конец рычага поднимается, а длинный опускается.

### 1.3.5 Другие вспомогательные устройства.

В сварочных робототехнических комплексах в качестве вспомогательного оборудования используются поворотные столы (рис. 1.19). Пока робот сваривает одно изделие, оператор устанавливает на другой стороне стола новое изделие для сварки, которое подается ему на

движущемся транспорте. Такой способ ручной установки в дальнейшем может быть заменен автоматизированной системой, связывающей рабочие позиции с транспортными устройствами, которые подают и убирают изделия из зоны сварки.

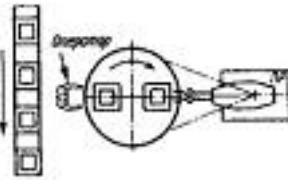


Рис. 1.19 - Схема сварочного комплекса с поворотным столом

Некоторые объекты специфического вспомогательного оборудования требуется устраивать при роботизации сборочных операций. Здесь применяются механизмы подачи, накопители, направляющие, установочные приспособления и различные специальные устройства для операций крепежа, пайки, склейки и др. Наконец, к вспомогательному оборудованию относятся и различные средства техники безопасности на роботизированных технологических комплексах. Чаще всего применяется сеточное ограждение.

Применяются также системы защиты с фотоэлементами.

### Механизм автоматической смены захватного устройства ПР.

В полностью автоматических (безлюдных) ГПС при смене объекта производства возникает необходимость в смене захватного устройства (ЗУ) при сохранении модели ПР.

Схема байонетного механизма автоматической смены ЗУ представлена на рис. 1.20.

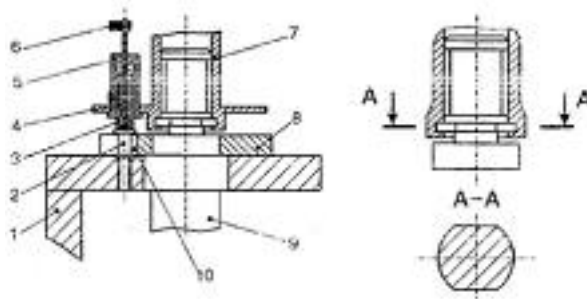


Рис. 1.20. Байонетный механизм автоматической смены ЗУ

ЗУ, предназначенные для автоматической смены, помещаются в магазинное устройство, которое может быть выполнено в виде неподвижной стойки или поворотного диска с соответствующими гнездами 1. Каждое ЗУ опирается на торцевую поверхность стойки фланца 8 и центрируется цилиндрическим пояском 9 по гнезду, имеющему форму отверстия с вырезом

для прохода верхней части корпуса захвата. Угловое положение ЗУ определяется штифтом 2. Угловая фиксация ЗУ в руке робота 7 осуществляется фиксатором, который представляет собой подпружиненную скалку 4 с роликом 3. Он закрепляется во втулке 5, помещенной на руке робота 7. От поворота скалка удерживается винтом и связана также с рукояткой 6 для расфиксации ЗУ. На рисунке показана установка ЗУ в гнездо 1 магазина перед раскрытием байонетного замка (схема соответствует взятию ЗУ из магазина). Поскольку штифт 2 магазина входит в тот же паз 10 фланца 8, что и ролик фиксатора 3, то в момент установки ЗУ в магазин штифт 2 отжимает фиксатор 4, обеспечивая тем самым поворот руки робота 7 с фиксатором на угол  $90^\circ$ , что необходимо для раскрытия байонетного замка. При повороте руки 7 на угол  $90^\circ$  ролик отжатого фиксатора катится по поверхности фланца 8. После поворота на угол  $90^\circ$  рука уходит вверх, оставляя ЗУ в гнезде магазина 1.

При взятии ЗУ из магазина рука, перемещаясь вертикально, надевается на его хвостик, фиксатор отжимается. При повороте руки на  $90^\circ$  байонетный замок замыкается.

#### **1.4 Перечень мероприятий при подготовке производства к применению промышленных роботов**

Все вновь создаваемое оборудование для машиностроения, и в том числе промышленные роботы, должны разрабатываться с учетом требований комплексной автоматизации производства. Многолетний опыт эксплуатации промышленных роботов в различных производственных условиях позволил определить основные особенности и принципы построения технологических процессов в случае автоматизации отдельных операций с помощью роботов первого поколения. Необходимо провести целый комплекс мероприятий. К этим мероприятиям относятся следующие:

1. доработка технологического оборудования, обслуживаемого роботом, если это оборудование создано без учета его использования. Роботы первого поколения могут обслуживать далеко не все универсальное технологическое оборудование, находящееся в настоящее время в эксплуатации в машиностроении. В общем контуре управления с промышленным роботом может работать только универсальное оборудование с ЧПУ, а также оборудование, оснащенное цикловой автоматикой управления (металлорежущие станки-автоматы и полуавтоматы, прессы, штамповочные молоты, гильотинные ножницы, литейные и плавильно-заливочные полуавтоматы и т.п.). Однако в этом случае для объединения оборудования и обслуживающего робота в общем автоматическом цикле часто приходится дорабатывать универсальное оборудование. Иногда это сводится к незначительной переделке цикловой автоматики и зажимных устройств технологического оборудования. Чаще же возникает необходимость в создании специальных электронных блоков связи между роботом и оборудованием, предназначенных для преобразования и передачи технологических команд (например, «Зажим патрона», «Разжим патрона», «Включение станка» и т. д.), а также для передачи в систему ЧПУ робота сигналов обратной связи и сигналов автоблокировки. В большинстве случаев для обеспечения совместной работы универсального оборудования и роботов приходится перекомпоновывать рабочее пространство оборудования; в противном



случае доступ захватного устройства (захвата) с заготовкой или деталью в рабочую зону оказывается затрудненным (что усложняет работу и увеличивает количество исполнительных команд робота) и даже невозможным. При обработке несимметричных деталей станок приходится оснащать устройством, останавливающим патрон всегда в одном положении. Следовательно, новое универсальное автоматизированное технологическое оборудование необходимо проектировать с учетом всех требований, обусловленных его совместной работой с промышленными роботами первого поколения, т. е. соответствующим образом должны быть выбраны режимы работы, автоматика управления, вид и форма командных и выходных сигналов, конструкция устройств зажима, конфигурация и размеры рабочей зоны, устройства блокировки и связи, исключаящие излишнюю переработку информации и т.д.

2. доработка конструкции детали или заготовки, которая должна быть приспособлена к условиям манипулирования ею с обеспечением возможности захватывания, переноса и точного позиционирования роботом. Для этого деталь (заготовка) должна иметь достаточно жесткую конструкцию и базовые поверхности, позволяющие роботу брать деталь (заготовку) надежно и всегда одинаково (в некоторых случаях от этих баз с помощью робота выполняются измерения). В качестве баз могут быть использованы базовые отверстия, поверхности и приливы. Кроме этого, поверхности детали или заготовки необходимо делать точнее, например у отливок и штамповок надо тщательнее удалять облой, прибыли и литниковые системы, иначе не будут обеспечены условия для надежного и точного захватывания роботом детали, так как она будет плохо сориентирована в загрузочном или позиционирующем устройстве;

3. изменение технологического процесса в целях наилучшего приспособления его к техническим возможностям имеющегося или приобретаемого для обслуживания этого процесса промышленного робота. Так как время обработки деталей и продолжительность их межоперационных перемещений при многостаночном обслуживании или групповой обработке взаимосвязаны, то для эффективного использования робота приходится перераспределять операции технологического процесса (с учетом передачи деталей на промежуточную обработку или контроль на другие производственные участки). Применение робота может вызвать существенную корректировку автоматизируемого технологического процесса, включая изменение способов обработки или сборки, режимов обработки и последовательности переходов или установок.

4. подбор устройств ориентирования деталей. Роботы первого поколения не оснащены устройствами для определения формы и размеров детали (заготовки), поэтому, чтобы правильно установить детали на обработку, их вначале необходимо ориентировать строго определенным образом. Ориентирование заготовки или детали может быть выполнено без участия человека с помощью специальных ориентаторов, в которых детали или заготовки поворачиваются при подаче на позицию захватывания роботом в определенное положение под действием веса или толкателями, при этом обычно используются особенности формы детали (заготовки). Выбор способа ориентирования деталей и выбор баз для их захватывания при транспортировании тесно связаны между собой.

5. подбор накопителей деталей или заготовок. В накопителях целесообразно монтировать

устройства для ориентирования заготовок при выходе их на позицию захватывания роботом. В том случае, когда роботы обслуживают поточную линию и стоят на большом расстоянии друг от друга (рабочие зоны роботов не перекрываются), накопителя приходится соединять транспортными средствами - роликовыми конвейерами, склизами и т.п. Роль накопителей чаще всего выполняют загрузочно-разгрузочные устройства, причем в поточных линиях, обслуживаемых роботами, разгрузочное устройство предыдущего робота часто используется в качестве загрузочного устройства последующего робота. Применение накопителей уменьшает время, затрачиваемое человеком на подготовку работы роботов, и позволяет объединить в единый цикл технологическое оборудование разной производительности.

6. изготовление новой оснастки (специальной или специализированной). К оснастке относятся захваты роботов (или магазины из нескольких захватов), зажимные, разжимные и фиксирующие устройства технологического оборудования (патроны металлорежущих станков, пружинные упоры, всевозможные ловители, направляющие устройства, выталкиватели, приемопередающие устройства, средства межоперационного транспортирования и тара, средства контроля и др.), загрузочно-разгрузочные устройства, кантователи и т.д. Проектирование и изготовление перечисленной оснастки так же, как и доработка самого технологического оборудования, требуют обычно сравнительно небольших затрат времени - от нескольких смен до нескольких недель.

7. проведение специальных мероприятий по обеспечению техники безопасности (системы обеспечения безопасности) при работе роботов, особенно в тех случаях, когда на том же производственном участке работают люди. Для предотвращения травматизма у наладчиков, программистов и рабочих-комплектовщиков рабочее пространство робота должно иметь специальное надежное ограждение, а внешнее технологическое оборудование должно быть оснащено датчиками для обнаружения аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в процессе работы робота, а также соответствующими блокировками. Для исключения поломок оснастки обслуживаемого роботом технологического оборудования, узлов самого робота и возможных сбоев в системе его управления необходимо применять блокировочные устройства, выключающие питание робота и оборудования при возникновении аварийных ситуаций (поломка инструмента, защемление детали, отказ систем управления и т.д.).

8. разработка компоновочной схемы, т.е. планировка взаимного расположения технологического оборудования, роботов, пультов управления, загрузочных устройств, накопителей, тары и транспортных средств в точном соответствии с технологической последовательностью выполнения операций роботом и требованиями по точности позиционирования. В практике машиностроения оправдали себя типовые планировки оборудования на участке, обслуживаемом роботом.

9. подготовка, запись и контроль управляющих программ. Этому должны предшествовать разработка технологических процессов и технологические расчеты (определение режимов и времени обработки, определение требуемого и возможного вспомогательного и заключительного времени, расчет оптимальных траекторий и скоростей движения исполнительного устройства робота, расчет циклов и циклограмм, определение вместимости накопителей и т.д.).

Результаты расчетов вместе с описанием технологического процесса и планировкой оборудования обычно заносят в технологическую карту, используемую при составлении управляющих программ.

## Практика

### Решение задач

#### Пример 1.1

Определить общее количество единиц оборудования в поточной линии изготовления изделий при следующих исходных данных:

- 1)  $t_{ум-i} = 3,05$  мин - штучное время изготовления  $i$ -го изделия;
- 2)  $N = 3000$  шт. - объем выпуска изделий в год;
- 3)  $F = 1000$  ч - действительный годовой фонд времени работы оборудования;
- 4)  $n = 12$  - количество операций в ТП

#### Решение.

Определим общее количество единиц оборудования в поточной линии по формуле:

$$S = \sum_{j=1}^n S_j$$

где  $S_j$  - количество единиц оборудования для выполнения одной операции поточной линии и определяется:

$$S_j = \frac{t_{ум} \cdot N}{60 \cdot F} = \frac{30,5 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 1,53 \approx 2$$

$$S = \sum_{j=1}^{12} 2 = 24 \text{ ед.об}$$

#### Пример 1.2

Определить показатели относительной трудоемкости ТП изготовления изделий при следующих исходных данных:

- 1)  $t_{ум-i} = 2,5$  мин - штучное время выполнения  $i$ -ой операции;

- 2)  $K_o = 15$  - количество операций ТП изготовления  $i$ -го изделия;
- 3)  $K_e = 0,7$  - коэффициент выполнения норм времени;
- 4)  $F_p = 175$  ч - фонд времени работы оборудования;
- 5)  $N_e = 1000$  - оборот выпуска изделий  $i$ -го наименования планируемого периода.

Проверить условие:  $10 > K_{om} > 0$

#### Решение.

Определим показатели относительной трудоемкости процесса изготовления изделий по формуле:

$$K_{om} = \frac{\sum_{i=1}^{K_o} t_{um-i}}{K_e \cdot \tau_i}$$

где  $\tau_i$  - такт производства  $i$ -го изделия в мин.

$$\tau_i = \frac{F_p \cdot 60}{N_3}, \text{ где } N_3 = N_e \cdot \eta$$

$N_3 = 1000 \cdot 1,03 = 1030$ , где  $\eta = 1,02 \dots 1,04$  - коэффициент потерь

$$\tau_i = \frac{175 \cdot 60}{1030} = 10 \text{ мин.}$$

$$K_{om} = \frac{\sum_{i=1}^{15} 2,5}{0,7 \cdot 10} = 5,36$$

$$10 > K_{om} = 5,36 > 0$$

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача 1.1.

Рассчитать одноканальную технологическую систему с отказами при следующих исходных данных:



$\lambda = 2$  шт/мин - интенсивность поступления изделий на сборку;

2)  $E_{сб} = 0,3$  мин - время сборки изделия.

Определить относительную пропускную способность, абсолютную пропускную способность и вероятность отказа.

**Ответ:**

$$\mu = 3,3 \text{ шт/мин}$$

$$g = 0,62 \text{ шт/мин}$$

$$A = 1,24 \text{ шт/мин}$$

$$P_{отк} = 0,38$$

### Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация РТК. Место РТК в гибкой автоматизации производства.
2. Организационные уровни сложности ГПС
3. Основные схемы взаимодействия промышленных роботов с основным и вспомогательным оборудованием. Единичное обслуживание оборудования
4. Типовые структуры и состав технологического оборудования РТК
5. Ориентирующие устройства. Классификация и основные узлы
6. Бункерные загрузочно-ориентирующие устройства
7. Накопительные и питательные устройства
8. Транспортные устройства
9. Другие вспомогательные устройства РТК

(PTK)

Костюк Елена Геннадиевна