

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

**Институт повышения квалификации
и переподготовки кадров**

Кафедра «Обработка материалов давлением»

И. В. Агунович

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

КУРС ЛЕКЦИЙ

для слушателей специальности 1-59 01 01

**«Охрана труда в машиностроении и приборостроении»
заочной формы обучения**

Гомель 2014

УДК 621.002+681.2:338.364(075.8)
ББК 34.45-05я73
А27

*Рекомендовано кафедрой «Обработка материалов давлением»
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 24.02.2014 г.)*

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. каф. «Обработка материалов давлением» ГГТУ им. П. О. Сухого
В. Ф. Буренков

Агунович, И. В.

А27 Автоматизация работ в машиностроении и приборостроении : курс лекций для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заоч. формы обучения / И. В. Агунович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 167 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены основные положения и принципы автоматизации производственных процессов, элементов автоматики, средств автоматизации, комплексов, автоматических линий, робототехнических комплексов и гибких производственных систем.

Для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» ИПК и ПК.

УДК 621.002+681.2:338.364(075.8)
ББК 34.45-05я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших и характерных черт современного производства является комплексная механизация и автоматизация производственных процессов. Оснащение универсального оборудования штатными средствами автоматизации, применение специального и переналаживаемого автоматического оборудования, роторных и роторно-конвейерных линий, роботизированных систем, числового программного управления, управляющих ЭВМ, микропроцессорной техники, гибких производственных систем, гибкого автоматизированного производства, кибернетизация производства позволяют многократно повысить производительность, увеличить выпуск продукции с одних и тех же площадей, сократить расходы на заработную плату, многократно сократить производственный цикл, улучшить качество, снизить себестоимость продукции.

Рабочий перестаёт быть придатком машины, работает наладчиком – оператором сложных автоматизированных и роботизированных комплексов и линий. Увеличиваются требования при этом и к инженерной подготовке производства. Итогом автоматизации является повышение роли человека в производственном процессе.

В настоящее время уровень автоматизации обрабатывающих операций, который составляет 90...95 % от общего объема операций, значительно превосходит уровень автоматизации сборочных работ, который составляет 5...12 %, сборочные операции выполняются на автоматических линиях с применением роботизированных систем. Трудоёмкость сборки составляет 35 % от общей трудоёмкости при создании машин, в стоимость этих работ в машиностроении достигает 50% [1,2].

Проблема автоматизации технологических процессов изготовления деталей на металлообрабатывающем оборудовании (металлорежущих станках, прессах, молотах и т.д.) практически решен, но в сборочном производстве эта проблема находится в начальной стадии решения. Сборочное производство многолюдно, в результате качество и производительность подвержены влиянию субъективных факторов. Объясняется это более сложными задачами, которые приходится решать при автоматизации сборки.

Необходимость автоматизации работ в машиностроении и приборостроении во многом связана с тяжелыми и вредными для здоровья человека условиями труда [3].

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1 Социальные аспекты и экономическая эффективность применения автоматизации

Основное средство увеличения производительности и снижения травматизма – автоматизация процессов производства.

Социальные аспекты. Автоматизация и роботизация производства позволяет в корне изменить условия труда. Труд становится более безопасным, квалифицированным и привлекательным. Уменьшается доля ручного труда, снижается психологическая нагрузка, вызванная монотонией или тяжестью труда, человек осуществляет лишь переналадку сложных автоматизированных и роботизированных комплексов и линий. При этом увеличиваются требования к инженерной подготовке производства. Улучшаются условия труда работающего: снижается влияние вредных и опасных производственных факторов, уменьшается число несчастных случаев, проф. заболеваний и т.д. Труд становится более творческим, интеллектуальным, интересным.

Экономическая эффективность применения автоматизации заключается в повышении производительности труда, снижении материальных и энергетических затрат, минимизации выхода бракованных изделий, улучшении качества изделий, увеличении количества выпускаемых изделий во времени и с одних и тех же площадей и как следствие – снижении себестоимости продукции. Также снижаются расходы на медицину, страхование, размеры дополнительных выплат за работу во вредных условиях и т.д.

В тоже время необходимо помнить что внедрение средств автоматизации и роботизации требует значительных материальных затрат и высококвалифицированного обслуживающего персонала, поэтому автоматизация экономически выгодна только при условии ее тщательного экономического обоснования, опирающегося на объем выпуска продукции, численность работающих и их квалификацию, используемые производственные площади и т.д. Внедрение средств автоматизации оправдано только при массовом, реже – в серийном производстве.

Применение роботизации может быть оправдано не только в массовом и серийном производстве, но даже мелкосерийном и еди-

ничном, если работа связана с возможностью травматизма, с воздействием вредных производственных факторов (шум, вибрации, тепловое излучение, выделения газа, высокая запыленность и.д.).

Наиболее высокий уровень автоматизации достигается в механически обрабатывающих процессах (80%), а самый низкий в сборочных, упаковочных, покрасочных процессах (15-20%), т.к. их технологически трудно (и дорого) автоматизировать, в связи с тем, что для соединения деталей требуется выполнять сложные движения.

Основными показателями, характеризующими уровень механизации и автоматизации, являются:

1. Уровень автоматизации Y_a производства:

$$Y_a = \frac{K_a}{K_a + K}, \quad (1)$$

где K_a — количество автоматического оборудования в штуках или его стоимость в рублях;

K — количество или стоимость неавтоматического оборудования.

2. Коэффициент механизации производства:

$$K_{м.п.} = \frac{V_m}{V_{общ}}, \quad (2)$$

где $K_{м.п.}$ - коэффициент механизации производства;

V_m — объем продукции, произведенной с помощью машин и механизмов;

$V_{общ}$ - общий объем выработанной продукции на предприятии;

3. Коэффициент механизации (автоматизации) труда ($K_{м.т.}$):

$$K_{м.т.} = \frac{N_m}{N_m + N_p}, \quad (3)$$

где N_m - количество рабочих, занятых на механизированных (автоматизированных) работах, чел.;

N_p - количество рабочих, выполняющих ручные операции;

4. Коэффициент механизации (автоматизации) работ (K_p):

$$K_p = \frac{V_M}{V_{\text{общ.р}}}, \quad (4)$$

где V_M — объем работ, выполненный механизированным (автоматизированным) способом;

$V_{\text{общ.р}}$ — общий объем работ;

Формы автоматизации:

1. Автоматическое регулирование работы технологического оборудования

2. Автоматизация управления ходом технологического процесса

3. Автоматизация контрольных операций и счета продукции

4. Оснащение универсального оборудования автоматическими средствами подачи заготовок, удаления готовых деталей и отходов, автоматизация транспортировки деталей

5. Автоматизация переналадки оборудования, оснастки, комплексов, ГПС (гибкие производственные системы)

6. Роботизация производственных процессов, создание роботизированных комплексов и линий.

7. АСУТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами, САПР (системы автоматизированного проектирования), АСУ цеха (автоматизированные системы управления цеха), ГАП (гибкое автоматизированное производство), малолюдное и безлюдное производство.

1.2 Производственный процесс, его этапы и особенности

Производственным процессом в машиностроении называют совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий.

В основу производственного процесса положен технологический процесс изготовления изделий, во время которого происходит изменение качественного состояния объекта производства. Для обеспечения бесперебойного выполнения технологического процесса изготовления изделия необходимы еще и вспомогательные процессы — например, подача заготовки, ее удаление из зоны обработки, стапелирование, правка, размотка, намотка и т.д.

Основные этапы производственного процесса:

- получение и складирование заготовок;
- доставка заготовок к рабочим позициям;
- различные виды обработки - давлением, литьем, механическая обработка, термообработка и т.д.;
- перемещение полуфабрикатов между рабочими позициями;
- контроль качества;
- хранение на складах;
- сборка изделий;
- испытание, регулировка;
- окраска, отделка, упаковка и отправка.

Задачи автоматизации:

1. Освобождение рабочих от монотонного, тяжелого, вредного и опасного труда при выполнении основных и вспомогательных операций технологического процесса с помощью автоматических устройств, средств автоматизации (автоматические подачи, удаляющие устройства и т.п.). Причем автоматизируются в основном вспомогательные операции, а роботизируются как основные, так и вспомогательные операции технологического процесса.

2. Частичная или полная замена рабочего при выполнении операций контроля и счета продукции.

3. Применение систем автоматической защиты, блокировок, предотвращающих поломки, аварии, получение бракованных изделий.

4. Регулирование хода технологического процесса, режимов работы оборудования, выполнение операций по переналадке штамповой оснастки, инструмента с помощью автоматических устройств без участия человека.

5. Автоматизация транспортно-складских операций.

6. Уменьшение загруженности ИТР и расширение их возможностей при разработке тех. процессов, автоматизированное проектирование технологических процессов, оборудования, оснастки.

7. Создание АСУТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами, САПР (системы автоматизированного проектирования), АСУ цеха (автоматизированные системы управления цеха), ГАП (гибкое автоматизированное производство), малолюдное и безлюдное производство.

8. Промышленные роботы незаменимы в экстремальных условиях – при сильных излучениях, в ядовитых средах, при экстремальных температурах, вакууме, в воде, при опасности взрывов и т.д.

(космосе, медицине, в полупроводниковом производстве, при изготовлении монокристаллов а также там, где присутствие человека нежелательно).

1.3 Основные определения автоматизации производства (ГОСТ 23004-78). Элементы автоматики

В настоящее время *автоматика* — отрасль техники и прикладная научная дисциплина, в рамках которой разрабатываются и изучаются принципы построения и расчета автоматических систем.

Автоматическая система - это автономно действующая совокупность объектов автоматизации и автоматических устройств (средств автоматизации).

Механизация и автоматизация производственных процессов — это комплекс мероприятий, предусматривающих широкую замену ручных операций машинами и механизмами, внедрение автоматических станков, отдельных линий и производств. Высшей степенью механизации является **автоматизация** производственных процессов, которая позволяет осуществлять **весь цикл работ без непосредственного участия в нем человека**, лишь под его контролем. Таким образом, производственный процесс называют **автоматическим**, если все его этапы, включающие получение, передачу, преобразование, использование материалов, энергии и информации, осуществляются без непосредственного участия человека.

При работе на **полуавтомате** рабочий сам производит загрузку заготовки, а иногда и снимает готовые детали, т.е. рабочий выполняет вспомогательные операции вне зоны обработки. Подача заготовок и удаление детали из зоны обработки производятся механизмами машины.

Механизация загрузки заготовок и съема деталей превращает полуавтомат в автомат. Заготовки загружаются рабочим через относительно длительные промежутки времени.

Для контроля наличия материала, проверки правильности расположения заготовки, точности подачи материала в автоматы встраиваются специальные устройства, которые при нарушении нормальной работы останавливают машину, выключая ее привод - **контрольно блокирующие устройства (КБУ)**. Обязанности рабочего сводятся к устранению неполадок.

Кроме автоматов, на производстве широко используются автоматические линии, автоматические комплексы, ГПС - **гибкие производственные системы** - это совокупность или отдельная единица технологического оборудования и системы обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий.

ГПС по уровням организационной структуры производства различают:

- гибкий производственный модуль (ГПМ);
- гибкую автоматизированную линию (ГАЛ);
- гибкий автоматизированный участок (ГАУ);
- гибкий автоматизированный цех (ГАЦ);
- гибкий автоматизированный завод (ГАЗ).

Объектом автоматизации (О) называются подвергаемые автоматизации технологические процессы и производственное оборудование, материалы, заготовки, полуфабрикаты, изделия.

Средствами автоматизации (или автоматические устройства) - средства и устройства, обеспечивающие автоматическое управление, контроль и регулирование работы объектов автоматизации.

Систему автоматики, как и любую другую систему, можно представить в виде совокупности отдельных устройств, агрегатов, блоков, звеньев, элементов.

Элемент - это конструктивно обособленная часть системы, выполняющая определенные функции.

Каждый элемент может быть рассмотрен как **преобразователь** входного сигнала в выходной сигнал. По виду входного и выходного сигнала преобразователи делят на масштабные, меняющие уровень сигнала при сохранении его физической природы (рычаг, редуктор, усилитель) и преобразователи физической природы сигнала (электромагнит, электродвигатель, фотоэлемент, электронагреватель).

По назначению элементы автоматики можно разделить на три группы:

1. Первичные элементы (чувствительные элементы, датчики, задающие устройства: кнопки, тумблеры, рычаги и т.д.)
2. Промежуточные элементы (реле, усилители, стабилизаторы, счетчики импульсов, аналогово-цифровые преобразователи, выпрямители, распределители, вычислительные элементы, преобразующие механизмы и т.д.)

3. Конечные элементы автоматики (исполнительные механизмы, захваты, инструменты и т.д.)

Первичные элементы непосредственно воспринимают воздействие. Конечные элементы сами осуществляют воздействие на объект автоматизации. Промежуточные преобразуют сигнал от первичных элементов в требуемое воздействие на работу конечных элементов.

К важнейшим первичным элементам автоматики относятся датчики, играющие одну из ключевых ролей в автоматизации. Если чувствительные элементы только воспринимают внешнее воздействие и передают их дальше без преобразования, то датчик преобразует контролируемый или регулируемый параметр в величину, более удобную для передачи, обработки, хранения, регистрации.

1.4 Классификация систем автоматики

1. По назначению системы автоматики подразделяются на:

- системы автоматического управления (САУ);
- системы автоматического контроля (САК);
- системы автоматического регулирования (САР).

2. По принципу действия СА делятся на рефлексные и безрефлексные.

3. По цепи передачи сигналов - замкнутые или разомкнутые.

4. По числу обратных связей - одноконтурные, многоконтурные.

5. По характеру математического описания статических и динамических режимов подразделяются на линейные и нелинейные. Линейные описываются в статике линейными алгебраическими уравнениями, а в динамике - линейными дифференциальными уравнениями.

6. По характеру управляющего воздействия - системы автоматической стабилизации, системы программного управления, следящие системы.

7. По характеру связи между входной и выходной величинами - непрерывные и прерывистые (дискретные, импульсные и релейные). В непрерывных СА между выходными и входными величинами существует непрерывная функциональная зависимость. В прерывистых непрерывному изменению регулируемого параметра соответ-

вует выходная величина в виде:

- последовательности импульсов, амплитуды, длительности и частоты повторений, которые зависят от значения входной величины
- скачкообразного сигнала, который появляется лишь при определенных значениях входной величины (реле)

8. В зависимости от источника энергии:

- электрические
- пневматические
- гидравлические и т.д

Помимо перечисленных возможны и другие признаки классификации.

1.4.1 Системы автоматического управления (САУ)

Системы автоматического управления (САУ) (рис.1) производят смену технологических операций или их составных частей, изменение режимов работы технологического оборудования, хода технологического процесса в определенном порядке. Простейшие САУ работают по заранее установленному плану - программе без контроля параметров технологического процесса, режимов работы оборудования, т.е. по **безрефлексной разомкнутой схеме**. При автоматическом управлении исполнительными механизмами управляющие воздействия вводятся в заранее заданные моменты времени или при заранее выбранных условиях без контроля выходных величин объекта, независимо от их значения, т.е. автомат обеспечивает своевременное начало, необходимую последовательность и прекращение отдельных операций технологического процесса или цикла работы машины.

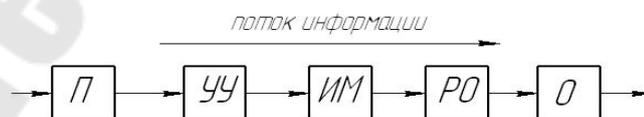


Рис.1 – Структурная схема САУ

Работа системы автоматического управления заключается в том, что входной сигнал с блока ввода и считывания программы подается в управляющее устройство (УУ), которое вырабатывает сигнал, необходимый для работы исполнительного механизма (ИМ). Последний

воздействует на регулирующий орган (РО), изменяя нужный параметр в объекте (О) для поддержания нормального хода технологического процесса. Автоматическому управлению поддаются процессы, которые заранее определены (запрограммированы). Например, программа включения уличного освещения, управление температурой печи в зависимости.

САУ могут входить в САР.

1.4.2 Системы автоматического контроля (САК)

Системы автоматического контроля (рис.2) предназначены для автоматического контроля за состоянием тех. процесса, режимом работы оборудования, машин, механизмов.

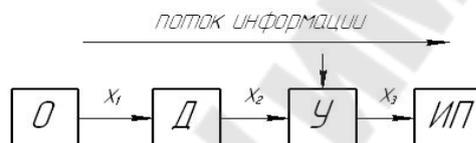


Рис.2 – Структурная схема САК

Контроль параметра в объекте (О) производится при помощи датчика (Д) и измерительного прибора (ИП). Датчик преобразует измеряемый параметр в сигнал, удобный для передачи на расстояние, который усиливается усилителем (У). Преобразованный и усиленный сигнал поступает в измерительный прибор (ИП), который показывает значение контролируемого параметра, т.е. обработка первичного сигнала от датчика осуществляется без участия человека (автоматически).

САК могут быть: указывающие и регистрирующие

В **указывающих** системах показан контролируемый параметр при помощи числа, отклонения стрелки и т.д.

В **регистрирующих** ведется запись на бумажном, магнитном, цифровом носителе.

В зависимости от характера выходного воздействия системы автоматического контроля делятся на:

- системы автоматической сигнализации;
- системы автоматической защиты;

- системы автоматической блокировки.

Автоматическая сигнализация может быть контрольной, предупредительной и аварийной. Контрольная автоматическая сигнализация подает световой или звуковой сигнал при достижении контролируемого параметра заданного значения. В некоторых случаях применяется предупредительная сигнализация, предупреждающая персонал об опасных изменениях состояния или режимов работы, например, перед началом движения транспортера, мостового крана, перед включением автоматической линии, конвейера и т.п. Аварийная сигнализация оповещает персонал об аварийном состоянии процесса.

Автоматическая защита приостанавливает тех. процесс, отключает оборудование, пришедшее в аварийное состояние.

Автоматическая блокировка предохраняет систему, устройство, оборудование от неправильных действий, которые могут вызвать нарушение режимов работы и аварийное состояние. Наиболее часто применяют запретно-разрешающие блокировки, исключающие возможность неправильных действий при эксплуатации оборудования, например, несвоевременное включение или выключение, работа без ограждения и т.п.

Выбор вида контроля, измерительных средств и структуры систем контроля зависит от вида производства.

1.4.3 Системы автоматического регулирования (САР)

Система автоматического регулирования (рис.3) качественно изменяет ход технологического процесса или работу механизма по определенному закону или поддерживает постоянным определенный параметр процесса. Схема автоматического регулирования является рефлексной замкнутой в отличие от схем автоматического контроля и управления.

Регулируемый сигнал x_1 , поступающий от датчика (Д), регистрируется измерительным прибором (ИП) и через датчик регулятора (ДР) поступает в элемент сравнения ЭС. Здесь он сравнивается с сигналом x_0 , поступающим из программного блока. При равенстве этих сигналов на все последующие элементы схемы сигнал не подается и регулирующий орган не изменяет своего положения.

При отклонении сигнала от датчика задаваемого в ту или иную сторону на выходе элемента сравнения возникает возмущающее воз-

действие $x_2 = x_1 - x_0$. Этот сигнал рассогласования поступает на вход усилителя (У). Сигнал x_2 , усиленный в регуляторе, приводит в действие исполнительный механизм (ИМ), который изменяет положение рабочего органа (РО). Последний воздействует на объект регулирования до тех пор, пока сигнал рассогласования не устранится.

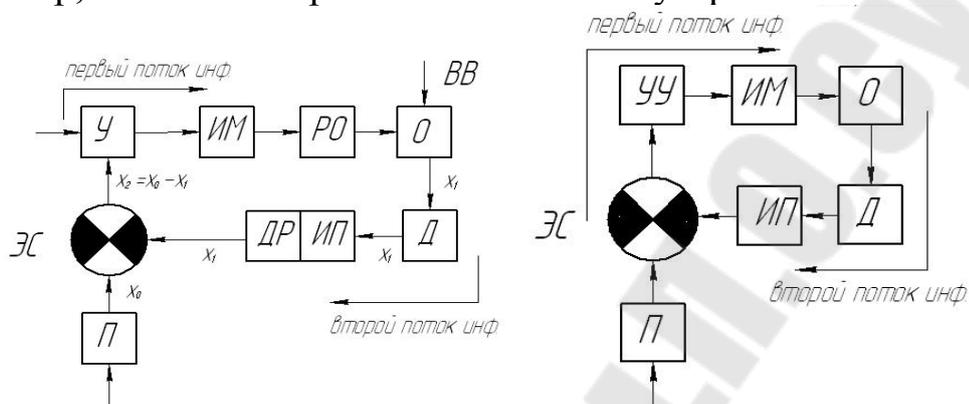


Рис.3 – Структурная схема САУ

Систему автоматического регулирования можно представить в виде совокупности САК и САУ.

1.4.4 Рефлексные и безрефлексные, замкнутые и разомкнутые системы автоматики

Безрефлексные (независимые) системы автоматики воздействуют на процессы по заранее заданному порядку или программе независимо от протекания самого процесса или от каких-то других меняющихся параметров. Эти системы относятся к простейшим. Автоматические устройства безрефлексных систем выполняют последовательную смену операций без выбора возможных вариантов и без проверки исполнения. Они не реагируют на среду, в которой протекает процесс. Они перерабатывают один поток информации. Важнейшими их представителями являются машины-автоматы, автоматические линии и т.п.

Для автоматических систем большое значение имеет характер цепи основного воздействия (сигналов) - поток информации. Цепь может быть **разомкнутой и замкнутой**.

При **разомкнутой** цепи воздействия управляющая система реагирует на входные и возмущающие воздействия без получения информации о значениях регулируемых параметров и, следовательно,

без сопоставления результатов своей работы с заданием и без возможности ее корректировки (системы автоматических турникетов, система обеспечения заданного теплового режима в помещении в зависимости от температуры наружного воздуха и т.) (рис.4,5).

При **замкнутой** цепи воздействия управляющая система получает информацию о значениях регулируемых параметров, сопоставляет эти значения с требуемыми и корректирует на этой основе свою работу. Это замыкание цепи воздействия осуществляется при помощи обратной связи от управляемой системы к управляющей (рис.6).

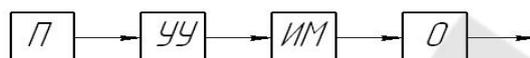


Рис.4 - Безрефлексная система с односторонней разомкнутой СВЯЗЬЮ

На входе автоматического безрефлексного устройства (рис.4) есть программный блок (П) для ввода и считывания программы. Выходное воздействие программного блока (П) подается на устройство управления (УУ), которое управляет работой исполнительного механизма (ИМ), а тот, в свою очередь, воздействует на объект автоматизации (О). Элементы соединены последовательно, нет обратной связи, есть только один поток информации. Безрефлексные системы просты по устройству, имеют невысокую стоимость и широко используются в цикловых и программных автоматах во многих отраслях.

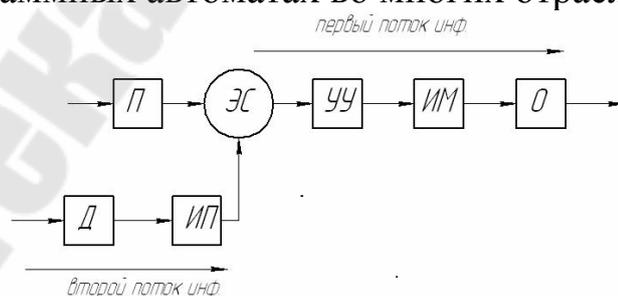


Рис.5 - Рефлексная разомкнутая система автоматизации

Первый поток информации, как и у безрефлексных систем, устройство получает от программного элемента (рис.5). Второй поток должен собирать информацию во время работы устройства при помощи датчика (Д) и измерительного прибора (ИП). Выходное воздействие устройство осуществляет в результате сравнения в элементе

сравнения (ЭС) информации первого и второго потоков. С помощью датчика (Д) и измерительного прибора (ИП) подается сигнал на (ЭС), в котором происходит сравнение этого сигнала с заданным в программе и передаваемым программным блоком (П). Если сигналы совпадают, то никаких действий не производится. При несовпадении через устройство управления (УУ) и исполнительный механизм (ИМ) производится действия с объектом (О). Например: автоматы сортировки продукции, пропуска в метро и др.

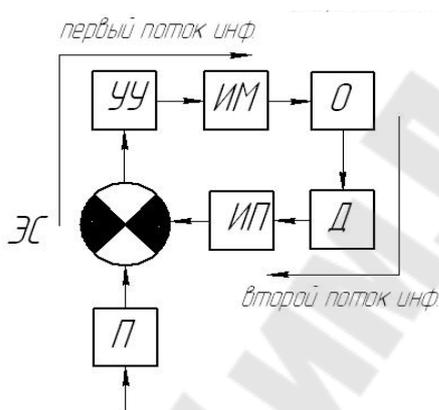


Рис.6 - Рефлексная замкнутая система автоматике

Рефлексные системы с замкнутой цепью (рис.6) реагируют на параметры управляемого ими процесса, их поведение определяется не только характером внешних воздействий, но и результатом ранее выполненных операций. Здесь имеется обратная связь, обеспечивающая передачу результата выходного воздействия на объект автоматизации (параметра управляемого процесса) на вход устройства. Новое управляющее воздействие на исполнительный механизм (ИМ) происходит по результатам сравнения заданного и действительного значений параметра, полученного от результатов прежнего функционирования устройства. Рефлексные системы с замкнутой цепью воздействия - это системы автоматике регулирования. С помощью датчика (Д) и измерительного прибора (ИП) мы контролируем работу объекта (О) и в зависимости от изменения его работы оказываем управляющее воздействие.

Рассмотрим в качестве примера три возможные схемы управления температурным режимом при нагреве изделия, помещенного в камеру с паровым обогревом. По первой схеме расчетным путем или эмпирически определяется положение (степень открытия) клапана паровпускного вентиля, обеспечивающее необходимую температуру

материала в камере. Задачей управления является только фиксация клапана в заранее установленном положении. Автоматическое устройство для такого управления при своей простоте и дешевизне обладает крупным недостатком: при колебаниях давления греющего пара, температуры окружающего воздуха и т. п. температура изделия в камере не будет постоянной и может значительно отличаться от заданной.

По второй схеме расчетным путем или на основе практических данных определяются требуемые положения (позиции) паровпускного клапана при различных давлениях пара. Автоматическое устройство в зависимости от давления пара обеспечивает фиксацию паровпускного клапана в соответствующей позиции. Эта система имеет разомкнутую цепь воздействия; управляющее воздействие (позиции паровпускного клапана) зависит лишь от давления греющего пара и не связано непосредственно с самим процессом нагревания. Основным недостатком этой схемы является неустранимое влияние возможных колебаний температуры перегрева пара, температуры окружающего воздуха и т. п.

Наконец, при третьей схеме свяжем положение паровпускного клапана с действительной температурой изделия в камере таким образом, чтобы при уменьшении температуры ниже требуемой клапан открывался, а при увеличении температуры выше требуемой проход для греющего пара уменьшался. Подобная автоматическая система имеет замкнутую цепь воздействия. Эту цепь замкнули связью температуры изделия в камере с положением клапана. Действительно, последнее оказывает управляющее воздействие на температуру изделия, а эта температура в свою очередь воздействует на положение клапана. При этой схеме компенсируется влияние различных возмущающих воздействий: колебаний давлений и температуры пара, изменения температуры поступающего изделия и окружающего воздуха и т. п. Подобный метод управления режимом называется автоматическим регулированием.

2 ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ

2.1 Датчики. Основные показатели датчиков

К важнейшим первичным элементам автоматики относятся датчики. **Датчиком** называется первичный элемент автоматики, преобразующий контролируемый или регулируемый параметр в величину более удобную для передачи и ввода последующим элементам устройств. Большинство датчиков преобразует неэлектрические величины измеряемых параметров в электрические. Данное преобразование может быть осуществлено путем непосредственного воздействия параметра процесса на датчик, так и путем воздействия на чувствительный элемент, связанный с датчиком (косвенное воздействие).

Основными показателями, характеризующими датчик, являются:

1. Вид функциональной зависимости изменения выходной величины параметра - Y от изменения входной величины - X при установившемся режиме, т.е. статическая характеристика.

2. Чувствительность датчика S – отношение приращения выходной величины датчика ΔY к приращению его входной величины ΔX , т.е. крутизна наклона статической характеристики

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (5)$$

3. Порог чувствительности - это наименьшее приращение входного параметра датчика, способного вызвать изменение его выходного параметра.

4. Рабочий диапазон - диапазон, в пределах которого погрешности измерения не превышают допустимой величины.

5. Погрешность преобразования - характеризуется абсолютной величиной отклонения между полученными значениями измеряемой величины и ее номинальным значением.

6. Гистерезис измерения - это неоднозначность хода статической характеристики датчика при последовательном увеличении и уменьшении входной величины.

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (6)$$

где $\Delta X = X_{min} - X_H$, X_H - номинальное значение входного параметра.

2.2 Классификация датчиков

1) **По характеру воздействия** различают датчики прямого и косвенного воздействия. Прямого - контролируемый параметр непосредственно воздействует на датчик, косвенного - контролируемый параметр воздействует на чувствительный элемент, который в свою очередь, действует на датчик.

2) **По способности генерировать сигнал** подразделяются на параметрические и генераторные.

Параметрические используются при преобразовании неэлектрических величин параметра в электрические, для измерения их требуется источник питания.

Генераторные - неэлектрическая величина измеряемого параметра преобразуется в электрическую без источника питания.

3) **По наличию механического контакта с объектом** - контактные и бесконтактные.

4) **По роду энергии**: механические, электрические, гидравлические, пневматические, комбинированные.

5) **По виду выходного сигнала** датчики подразделяются на двухпозиционные и пропорциональные. Двухпозиционные - это датчики логического состояния (да-нет, вкл-выкл). Это путевые переключатели, датчики наличия детали, датчики блокировки. У пропорциональных датчиков выходная величина изменяется пропорционально изменению входной величины. Пропорциональные датчики бывают двух видов - аналоговые и дискретные. У **аналоговых** непрерывное изменение входной величины соответствует аналогичному изменению выходной величины. У **дискретных** непрерывное изменение входной величины соответствует дискретному (прерывистому) изменению выходной величины. Дискретные датчики могут быть кодовыми и импульсными. У кодовых датчиков при изменении входной величины на выходе имеется код, чаще всего двоичный. У импульсных - при изменении входной величины на выходе меняется количество импульсов. Подсчитав число импульсов получают численное значение. Понятно, что кодовые и импульсные датчики удобны при применении вычислительной управляющей техникой.

2.3 Индуктивный датчик

Индуктивный датчик (рис.7) является преобразователем перемещения подвижного элемента в изменение индуктивности катушки и соответственно силы тока в цепи, в которую включена эта катушка.

Ток, протекающий через нагрузку, определяется следующим образом:

$$I_H = \frac{U}{\sqrt{(R_H + r)^2 + \omega^2 \cdot L^2}}, \quad (7)$$

где U - напряжение подведенное к датчику;

R_H - полное активное сопротивление нагрузки;

r - сопротивление катушки;

ω - угловая частота тока $\omega=2\pi f=3,14 \text{ с}^{-1}$;

L - индуктивность электромагнитной системы (катушки).

Если выполняется условие, что по численной величине омического сопротивления значительно меньше индуктивного ($R_H+r \ll \omega L$) (в 100 и более раз), то ток, протекающий через нагрузку, будет пропорционален зазору δ .

По сравнению с реостатным датчиком и потенциометром здесь отсутствует механический контакт и не может быть искрения в месте контакта движка с проволокой, они просты по конструкции, обладают высокой чувствительностью, имеют большой срок службы. Недостаток - нелинейность зависимости силы тока от перемещения, значительные ферродинамические усилия и чувствительность к перепаду напряжения, вызывающие погрешность датчика.

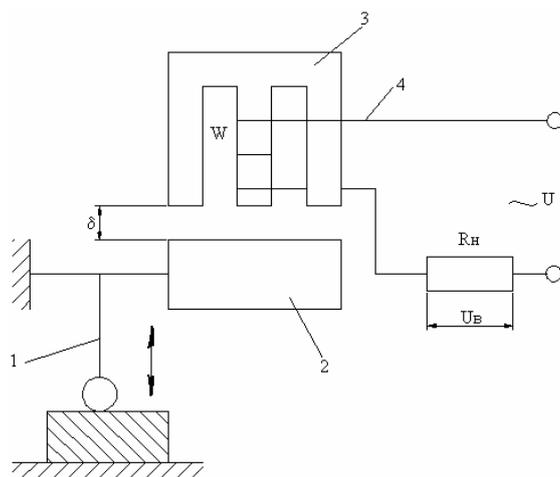


Рис.7 - Индуктивный датчик: 1 – щуп, 2 – якорь, 3 – магнитопровод, 4 - катушка

2.4 Дифференциально-трансформаторный датчик

Дифференциально-трансформаторный датчик (рис.8) является преобразователем линейного перемещения плунжера в напряжение переменного тока за счет взаимного изменения индуктивности обмоток трансформатора.

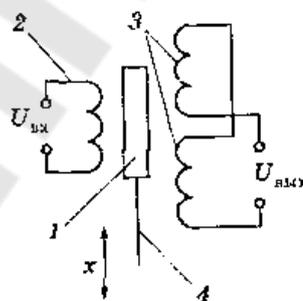


Рис.8 - Дифференциально-трансформаторный датчик

Датчик состоит из одной первичной обмотки 2 и двух одинаковых вторичных обмоток 3, соединенных так, чтобы наводимые в них электродвижущие силы действовали навстречу друг другу, т.е. были сдвинуты по фазе на 180° . В состав датчика входит подвижный сердечник 1 выполненный из магнитомягкого материала. Сердечник закреплен на штоке 4, соединенном с системой, в которой измеряется смещение сердечника x . Когда сердечник расположен симметрично относительно обеих вторичных обмоток, наводимые в них ЭДС равны по величине, но противоположны по направлению. В этом случае на

выходных клеммах ЭДС будет равна нулю.

При смещении сердечника к одной из вторичных обмоток напряжение в ней увеличивается. Одновременно напряжение в другой обмотке уменьшается и на выходных клеммах появляется ЭДС, пропорциональная смещению сердечника. Измеряются перемещения от 0,1 до нескольких десятков миллиметров. Погрешность составляет 0,5...1,0 %.

Достоинства: высокая чувствительность, точность, влияние температуры невелико.

2.5 Емкостные датчики

Преобразовывают механическое перемещение в изменение электрической емкости. По своей конструкции и принципу действия емкостный датчик представляет собой конденсатор. Емкость C конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{\delta}, \quad (8)$$

где ε — диэлектрическая проницаемость; S — площадь поверхности взаимодействующих обкладок конденсатора; δ — расстояние между обкладками.

Изменение параметров, входящих в это выражение, приводит к изменению емкости конденсатора.

Емкостные датчики обладают высокой чувствительностью и позволяют преобразовывать быстро меняющиеся перемещения. Отсутствие электрических контактов обеспечивает надежную их работу при наличии пыли, высоких температур и других неблагоприятных воздействий.

2.6 Путьевые выключатели

Путьевые электрические выключатели рассмотрены в лабораторном практикуме приведенного комплекса, поэтому в данном параграфе рассмотрим путьевые пневматические выключатели (рис.9,10,11,12).

Схема двухпозиционного путевого пневматического концевого выключателя приведена на рис.9.

Если заготовка, деталь, деталь исполнительного механизма, или другая движущаяся часть оборудования надавит на ролик, переместит стержень и клапан вправо, преодолев сопротивление пружины, то откроется клапан и сжатый воздух поступит в пневмоцилиндр какого-либо механизма или, к примеру, к пневмосуду.

Достоинства - простота устройства и работы, не требуется промежуточный элемент.

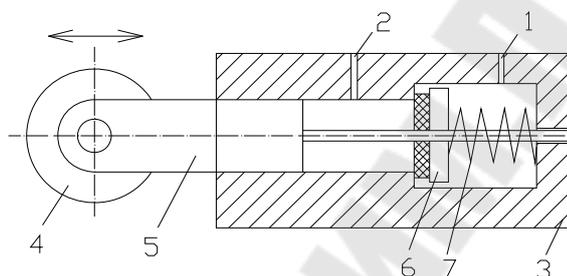


Рис.9 - Двухпозиционный путевого пневматический концевой выключатель

1 - канал подвода сжатого воздуха, 2 - канал, ведущий к пневматическому исполнительному механизму (сопло пневмосуду) (норм. закрытый), 3- корпус, 4- ролик, 5 - стержень, 6 - клапан, 7 – пружина

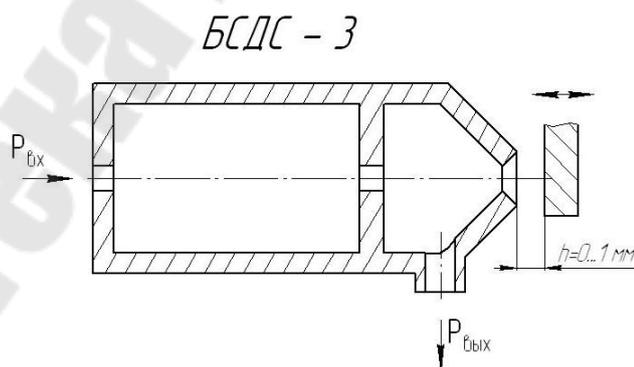


Рис.10 - Путевого бесконтактный струйный датчик сопло-заслонка

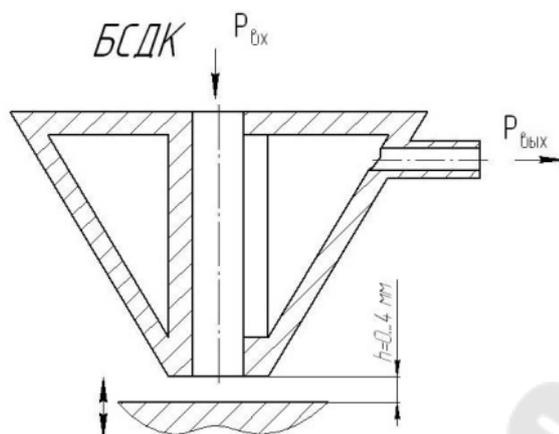


Рис.11 - Путевой бесконтактный струйный датчик конического типа

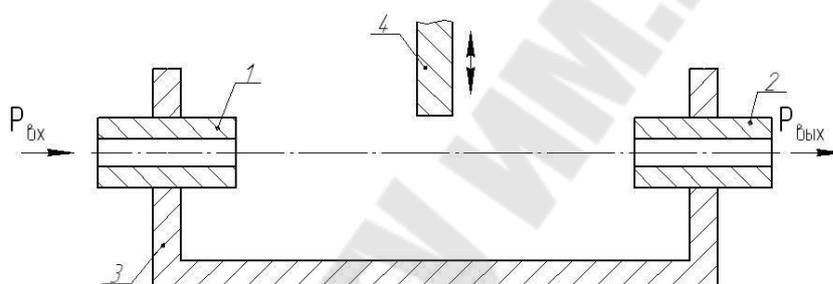


Рис.12 - Путевой бесконтактный струйный датчик с капиллярными трубками:

1,2 соосноустановленные трубки с капиллярными отверстиями, 3 - корпус, 4 - заслонка.

В трубку 1 подается сжатый воздух, - струя на выходе формирует давление $P_{\text{вых}}$, Когда движущаяся заслонка перекрывает струю - $P_{\text{вых}}=0$.

2.7 Радиоактивный счетчик оборотов

На диск датчика, связанный с вращающимся валом, наносится точечная радиоактивная метка, периодически появляющаяся с определенной частотой перед регистратором.

2.8 Оптические (фотоэлектрические) датчики

Оптические датчики используются для оценки точного положения объекта бесконтактным способом (при использовании дополнительных средств - например счетчика-секундомера, возможно определение скорости движения деталей, частей оборудования, средств автоматизации).

Преимущество оптических сенсоров

- не имеет значения, из какого материала состоят объекты измерения,
- по сравнению с емкостными датчиками или индуктивными датчиками, фотоэлектрические сенсоры имеют гораздо большее расстояние срабатывания,
- имеют малые габаритные размеры.

Фотоэлектрические датчики состоят из приемника и передатчика, расположенных в отдельных корпусах (или одном корпусе). Основа приемника - фотоэлемент, может быть с внутренним и внешним фотоэффектом. При внутреннем фотоэффекте фотоэлемент представляет собой вакуумный баллон с двумя электродами (фотодиод). Металлический анод имеет форму пластинки расположенной против центра катода. Катод - фоточувствительный слой, нанесенный на стекло колбы. Под влиянием светового потока электроны покидают катод и образуют фототок в электрической цепи.

Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом представляют собой металлическую пластину с решеткой на которую нанесен тонкий слой полупроводника (например, селена). Под действием света в селене появляются свободные электроны, увеличивающие его проводимость. Соответственно меняется сила тока в цепи, о чем можно судить по напряжению на нагрузочном сопротивлении.

Фотодиоды только преобразуют свет в электрический ток, но не усиливают его, в отличие от лавинных фотодиодов и фототранзисторов.

По принципу действия фотоэлектрические датчики делятся:

1) Рассеянного отражения

В этих фотоэлектрических датчиках световое излучение отражается непосредственно от сканируемого объекта и затем поступает обратно на фотоприемник датчика, где происходит обработка сигнала.

2) Обратного отражения

Работает по двухходовой схеме. Отраженный световой поток от

датчика отражается зеркальным отражателем и поступает обратно на приемник фотоэлектрического датчика, где происходит сравнение и обработка сигнала.

Преимущества:

- большие расстояния до определяемых объектов
- однокорпусное исполнение.

В этой серии датчиков есть модели для определения прозрачных пленок, стеклянных изделий и блестящих объектов.

3) Работа на просвет

Фотоэлектрические датчики, состоящие из приемника и передатчика, расположенных в отдельных корпусах. Данный тип датчиков позволяет определять наличие объектов на больших расстояниях.

4) С использованием оптического волокна:

- на просвет и на отражение;
- улавливающие отражение боковой поверхностью и торцевой поверхностью

2.9 Сельсин

Сельсин (рис.13)- это устройство для преобразования угловых величин (угла поворота вала) в электрические величины (напряжение и ток). Сельсины (англ. самосинхронизирующийся) широко используют для синхронного или синфазного поворота или вращения двух или нескольких механически не связанных валов или измерения углов поворота вала.

Сельсин представляет собой электрическую микромашину с однофазной обмоткой возбуждения и трехфазной вторичной обмоткой.

Сельсин-датчик принимает информацию от механизма или устройства, связанного с валом сельсина механически, и передаёт её сельсину-приёмнику, который также механически связан с валом исполнительного механизма. Сами валы механически между собой не связаны.

Схема соединения однофазных сельсинов:

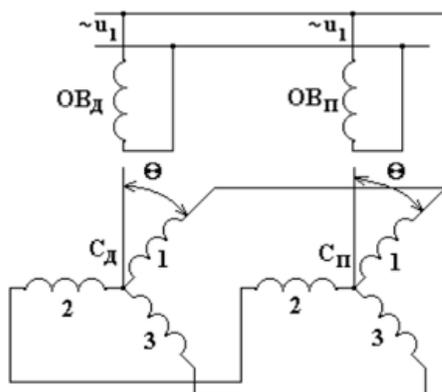


Рис.13 - Схема соединения однофазных сельсинов:

OВд и OВп - обмотки возбуждения сельсин - датчика и сельсин – приемника,
 Сд и Сп - катушки синхронизации.

Однофазная обмотка возбуждения, включенная в сеть переменного тока, расположена на статоре. На роторе размещены три пространственно смещенные относительно друг друга под углом 120° катушки синхронизации. Обмотка возбуждения создает пульсирующий магнитный поток. Этот поток индуцирует ЭДС в катушках синхронизации. Наибольшая ЭДС индуцируется в катушке, ось которой совпадает с осью пульсирующего потока. При отклонении оси катушки ЭДС уменьшается по синусоидальному закону, т.е. величина и фаза ЭДС в каждой катушке зависит от угла поворота ротора сельсина.

Если роторы обоих сельсинов ориентированы одинаковым образом относительно обмоток возбуждения, то в каждой паре катушек индуцируются одинаковые ЭДС. Катушки роторов обоих сельсинов соединены таким образом, что ЭДС в них направлены встречно друг другу, и ток в соединительных проводах отсутствует.

Если повернуть ротор сельсина - датчика на угол θ , то в соответствующих катушках роторов наводятся различные по величине ЭДС, и в них возникают токи, которые, взаимодействуя с магнитными полями обмоток возбуждения, создают вращающие моменты. Ротор датчика удерживается в повернутом положении, следовательно, ротор приемника будет поворачиваться до тех пор, пока не исчезнет вращающий момент, т.е. пока не исчезнут токи в катушках сельсина, а это произойдет, когда ротор сельсина - приемника повернется на тот же угол θ , возникнет новое согласованное положение роторов сельсина - датчика и сельсина - приемника. На роторе сельсина - приемника устанавливаются стрелка и шкала, показывающие угол поворота

сельсина - датчика.

Такой режим работы сельсинов называют индикаторным.

Существует трансформаторный режим работы сельсинов. В этом режиме на сельсин-приёмник подается электрический сигнал, заставляющий вал сельсина поворачиваться на угол, пропорциональный времени действия и мощности управляющего сигнала.

3 ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ

3.1 Усилители

Мощность выходного сигнала датчика, как правило, очень мала. Поэтому в автоматические системы вводятся усилители для усиления выходной мощности сигналов датчика.

Усилителем называется промежуточный элемент автоматики, осуществляющий усиление мощности сигнала за счет использования энергии внешнего источника. Усилители являются одними из основных узлов автоматических приборов.

3.1.1 Основные показатели усилителей. Виды усилителей

В зависимости от конструкции и вида источника дополнительной энергии усилители подразделяются на электронные, магнитные, гидравлические, пневматические и т.д.

В зависимости от вида усиливаемой величины: усилители тока, давления, мощности, светового потока, магнитного потока, крутящего момента и т.д.

Основными показателями усилителя являются:

1. Коэффициент усиления - это отношение выходной величины сигнала усилителя к величине сигнала, подаваемого на вход усилителя, т.е

$$k = \frac{dy}{dx} , \quad (9)$$

2. Стабильность характеристик усиления - постоянство коэффициента усиления выходной величины сигнала.

3. Инерционность усилителя представляет собой время запаздывания при передаче входного сигнала в переходном режиме.

В устройствах автоматики применяются электронные, магнитные, пневматические, гидравлические, электромагнитные усилители. Коэффициент усиления этих усилителей колеблется в пределах $10...10^7$ раз.

3.1.2 Электронные усилители

Электронные усилители имеют весьма высокий коэффициент усиления ($10 \dots 10^9$ раз). Действие усилителя основано на свойстве электронных устройств (лампы, транзистора) реагировать на изменение входного сигнала.

Работа простейшего однокаскадного **полупроводникового усилителя** (рис.14) осуществляется следующим образом.

Переменное напряжение $U_{вх}$ подается на базу и эмитор полупроводникового триода. Конденсатор C_p нужен для того, чтобы не пропустить постоянный ток в цепь базы триода. Под воздействием этого напряжения изменяется проводимость, резко увеличивается ток, протекающий через эмитор и коллектор триода. Конденсатор C_{p1} необходим для непропускания в выходную цепь усилителя постоянной составляющей напряжения. Питание усилителя обеспечивается батареей $E_{кз}$. Таким образом незначительные изменения входного напряжения $U_{вх}$, приводят к значительным изменениям выходного напряжения $U_{вых}$.

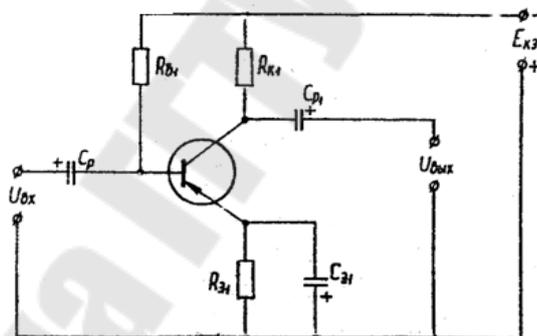


Рис. 14 - Усилитель на полупроводниковом триоде

3.1.3 Магнитные усилители

Представляют собой ферромагнитные устройства, предназначенные для увеличения мощности переменного тока за счет изменения магнитных свойств сердечника посредством управляющего сигнала малой мощности переменного тока или постоянного тока другой частоты.

Принцип действия магнитного усилителя основан на использовании нелинейного характера намагничивания ферромагнитного ма-

териала. Схема простейшего магнитного усилителя представлена на рис.15. Он представляет собой дроссель из ферромагнитного материала, на который намотаны две обмотки: управляющая ω_y , подключенная к источнику постоянного напряжения, и рабочая, подключенная к источнику переменного тока ω_p . Выходной сигнал снимается с сопротивления нагрузки R_n , включенного в цепь рабочей обмотки.

При отсутствии тока в обмотке управления ω_y индуктивное сопротивление обмоток весьма велико, протекающий ток мал, как и мало $U_{вых}$ на нагрузке R_n , т.е. выходная мощность мала. При подаче на обмотку управления ω_y постоянного тока в сердечнике возникает магнитный ток, осуществляющий насыщение сердечника. Это приводит к резкому уменьшению индуктивного сопротивления рабочей обмотки, что то же самое, к резкому возрастанию выходного тока нагрузки, а так же напряжения на нагрузке. Это, в свою очередь, приводит к увеличению выходной мощности $P_{вых}$.

Основным уравнением магнитного усилителя является равенство ампер-витков управляющей и рабочей обмоток:

$$I_H \omega_p = I_y \omega_y, \quad (10)$$

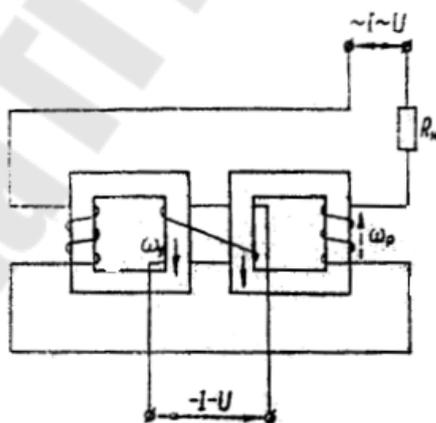


Рис. 15 - Магнитный усилитель

Коэффициент усиления по току магнитных усилителей определяется отношением приращения тока нагрузки к приращению тока управления, т.е.

$$k_1 = \frac{\Delta I_H}{\Delta I_H} = \frac{\omega_y}{\omega_p}, \quad (11)$$

Такие усилители нашли широкое применение в автоматике благодаря высокой надежности, обусловленной отсутствием движущихся частей, контактов, высокому коэффициенту усиления, возможности суммирования отдельных сигналов, нечувствительности к кратковременным перегрузкам. Основным недостатком данных усилителей является их инерционность.

3.1.4 Гидравлический усилитель и пневмоусилитель

Пневматические усилители предназначены для усиления сигнала от задающего устройства, создания переменного значения давления газа на входе исполнительного устройства по закону изменения входного сигнала.

Пневматические усилители находят широкое применение в автоматических устройствах различного назначения.

Гидравлические усилители предназначены для усиления сигналов от датчиков и управления гидравлическими исполнительными механизмами. Гидравлические усилители представляют собой усилители мощности, что происходит благодаря отбору мощности от внешнего источника энергии. Широкое распространение в САР получили гидравлические усилители со струйной трубкой. Принцип действия заключается в том, что кинетическая энергия струи, направленная в сопло, преобразуется в потенциальную энергию давления. Усилители со струйной трубкой имеют большой коэффициент усиления, наряду с простотой конструкции, эксплуатационной надежностью.

Схема струйного усилителя приведена на рис. 16.

Внутри корпуса 1 расположена струйная трубка 2 с сопловой насадкой 8 на конце. С одной стороны на трубку воздействует опирающийся на нее толкатель 7, соединенный с датчиком или другим элементом, механическое перемещение x которого и есть входной сигнал малой мощности, подлежащий усилению. С другой стороны на трубку воздействует пружина 3, работающая на сжатие, натяжение которой регулируется винтом 4. Струйная трубка каналом 5 сообщается с источником питания и имеет возможность поворачиваться на небольшой угол вокруг оси O , расположенной перпендикулярно к плоскости рисунка. Сопловая насадка струйной трубки обращена к расширяющимся приемным соплам 9. Сопла соединены трубопрово-

дами с обеими полостями гидроцилиндра двойного действия (исполнительного механизма) 10. По трубке 6 рабочая жидкость стекает в бак, где установлен насос.

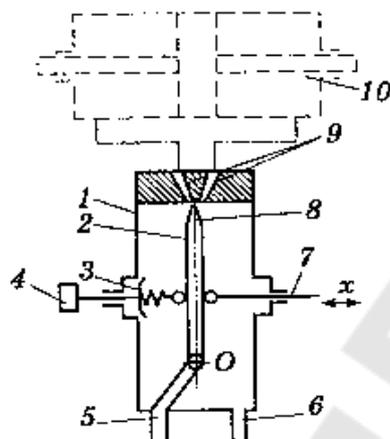


Рис.16 - Схема струйного усилителя

При нейтральном (среднем) положении струйной трубки струя рабочей жидкости создает в приемных соплах 9 равные давления. При этом поршень исполнительного механизма 10 не перемещается.

Под воздействием усилия толкателя струйная трубка отклоняется от среднего положения. При этом в одном из приемных сопел давление возрастает, а в другом — падает. Поршень исполнительного механизма 10 перемещается в соответствующую сторону до тех пор, пока не наступит равновесие. Гидравлические усилители со струйной трубкой имеют высокую эксплуатационную надежность. Основным недостатком усилителей этого типа является неполное использование мощности потока рабочей жидкости, подводимой к усилителю.

3.2 Реле

3.2.1 Классификация и назначение реле

Наряду с вышеуказанными элементами автоматики в качестве промежуточных элементов, в системах автоматического управления, применяются **реле**, где непрерывное изменение входной величины вызывает скачкообразное изменение выходной величины.

В зависимости от принципа действия **реле подразделяются** на: электромагнитные реле, фотоэлектронные, тиристорные реле, реле

времени и т.д.

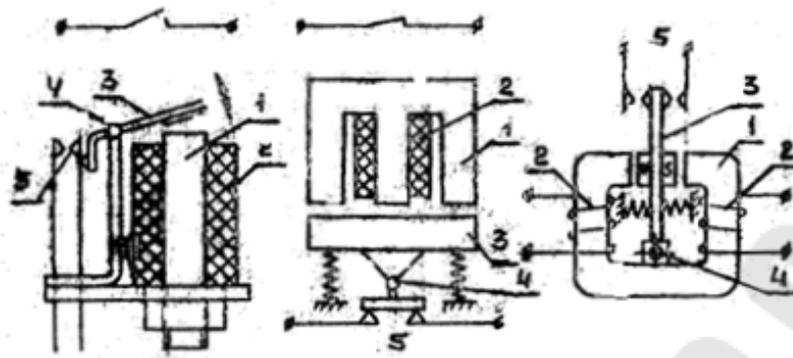
Реле могут быть постоянного и переменного тока. Они характеризуются количеством замыкающих и размыкающих контактов, напряжением, временем срабатывания и временем отпускания выходных контактов. Время срабатывания - это время от момента подачи тока в обмотку реле до момента его воздействия на управляемую цепь. Время отпускания - это промежуток времени от момента выключения тока в обмотке реле до момента отпускания.

3.2.2 Электромагнитное реле

Конструктивное исполнение электромагнитных реле весьма разнообразно, однако принцип их работы одинаков. На рис.17 представлены некоторые из них. Электромагнитное реле постоянного тока состоит из стального сердечника 1, на который надета катушка 2 из медного изолированного провода. Якорь 3 в виде небольшой пластинки (стальной) укреплен на шарнире 4 и при перемещениях может замыкать или размыкать контакты 5, соединенные с управляемой цепью. При пропускании электрического тока по катушке сердечник намагничивается и притягивает якорь, который замыкает контакты. После отключения тока сердечник размагничивается и контакты размыкаются. Аналогично работает электромагнитное реле переменного тока.

3.2.3 Электронное реле (рис.18)

В случае, когда мощность управляющей цепи мала и недостаточна для срабатывания электромагнитных реле, ее усиливают при помощи электронного усилителя, а затем уже подают на реле. Усиление сигнала производится при помощи электронной лампы. При наличии напряжения на аноде E_d лампы, а также некоторого напряжения смещения сетки U_c (отрицательный потенциал) через лампу протекает небольшой по величине ток I'_a , который не вызывает срабатывания реле (отсутствие входного сигнала). При подаче на вход U_x некоторого положительного потенциала происходит уменьшение напряжения U_c (отрицательная область) и приводит к росту анодного тока I''_a до величины, которой достаточно для срабатывания реле.



а) б) в)

Рис. 17 - Электромагнитное реле: а) нормально-разомкнутое; б) нормально-замкнутое; в) двухпозиционное

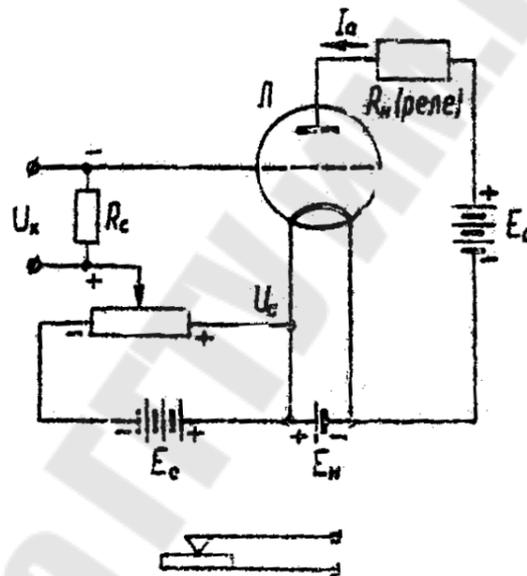


Рис. 18 - Электронное реле на 3-х электродной лампе

3.2.4 Фотореле

Чувствительным элементом является фотоэлемент, преобразующий свет в электрический ток. Схема фотоэлектронного реле представлена на рис.19.

В течение отрицательных полупериодов изменения напряжения на аноде фотоэлемента и аноде лампы анодный ток отсутствует независимо от освещения фотоэлемента. При положительных полупериодах и освещении фотоэлемента фотопоток создает в резисторе R_c падение напряжения, которое уменьшает U_c (запирающее напряжение сетки лампы) и в лампе возникает анодный ток, достаточный для сра-

батывания реле. Конденсатор C включен параллельно реле для устранения пульсации якоря реле вследствие пульсации тока.

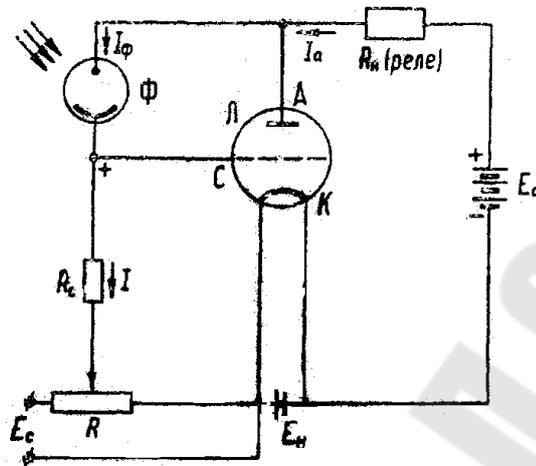


Рис. 19 - Фотореле

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ

4.1 Общие сведения об измерениях

Измерением называется процесс сравнения значений какой-либо измеряемой величины с эталоном данной физической характеристики, значение которой принято за единицу измерения. Процесс измерения осуществляется через эксперимент. Основным условием выбора единиц измерения является возможность их точного воспроизведения в виде эталонного метода.

Все измерения можно разделить на прямые и косвенные. В прямых измерениях значение физической величины отсчитывается непосредственно в результате сравнения эталона с измеряемой величиной. К косвенным измерениям относятся такие, результат которых получается на основании прямых измерений вспомогательных величин, связанных с измеряемой величиной функциональной зависимостью.

Измерение необходимо для осуществления контроля хода технологического процесса, знание величины параметров которого необходимо для его регулирования.

Показание или сигнал, пропорциональный измеряемой величине или связанный с ней другой функциональной зависимостью, преобразуется в устройстве, называемом измерительным устройством. Последнее характеризуется точностью измерения, чувствительностью, инерционностью.

Точность измерения прибора - это степень достоверности результата измерения с помощью этого прибора. Точность прибора тем меньше, чем меньше по абсолютной величине погрешность, т.е. отклонение измеренного значения от действительного значения измеряемой величины.

Погрешности бывают абсолютные (Δa), относительные ($\Delta a\%$), допустимые.

Абсолютная погрешность выражается:

$$\Delta a = a - a_0, \quad (12)$$

относительная погрешность:

$$\Delta a\% = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где a и a_0 - соответственно измеренное и действительное значение измеряемой величины.

Допустимая погрешность - наибольшая погрешность прибора, допустимая нормами.

В зависимости от относительной допустимой погрешности приборы делятся на классы точности: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4.

Под чувствительностью измерительного прибора понимается отношение изменения выходной величины к изменению измеряемой входной величины, т.е.

$$\Delta S = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (14)$$

В автоматических устройствах наиболее распространены следующие схемы включения датчиков: с непосредственным включением, мостовая и компенсационная, релейная, дифференциальная.

4.2 Приборы и устройства для измерения температуры

Процессы обработки металлов давлением связаны с нагревом металла, его термообработкой. Качество изделий во многом зависит от соблюдения термомеханического режима обработки металлов. Это приводит к необходимости контроля и регулирования температуры.

Температура вещества - величина, характеризующая степень нагретости, которая определяется внутренней кинетической энергией теплового движения молекул. Измерение температуры практически возможно только методом сравнения степени нагретости двух тел.

Для сравнения нагретости этих тел используют изменения каких-либо физических свойств, зависящих от температуры и легко поддающихся измерению.

Типы термометров:

- 1.-термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения жидких или твердых тел;
- 3.-термометры газовые манометрические;
- 4.-термометры жидкостные манометрические;
- 5.-термометры конденсационные;

- 6.-термометры электрические;
- 7.-термометры сопротивления;
- 8.-оптические монохроматические пирометры;
- 9.-оптические цветковые пирометры;
- 10.-радиационные пирометры.

4.2.1 Термометры расширения жидкостные стеклянные

Основаны на тепловом расширении жидкости при нагреве.

Чувствительность термометра зависит от разности коэффициентов объемного расширения термометрической жидкости и стекла, от объема резервуара и диаметра капилляра. Для защиты от повреждений технические термометры монтируются в металлической оправе, а нижняя погружная часть закрывается металлической гильзой.

4.2.2 Термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения твердых тел

К этой группе приборов относятся dilatометрические и биметаллические термометры, основанные на изменении линейных размеров твердых тел с изменением температуры.

Работа dilatометрических термометров основана на преобразовании измеряемой температуры в разность абсолютных значений удлинений двух стержней, изготовленных из материалов с существенно различными термическими коэффициентами линейного расширения. Действие биметаллических термометров основано на деформации биметаллического чувствительного элемента (пружины) при температуре.

Dilatометрические и биметаллические термометры также применяются в качестве различного рода тепловых реле в устройствах сигнализации и регулирования температуры.

4.2.3 Газовые и жидкостные манометрические термометры

В основу принципа действия манометрического термометра положена зависимость между температурой и давлением термометриче-

ского (рабочего) вещества, лишенного возможности свободно расширяться при нагревании.

Манометрические термометры обычно включают в себя термобаллон, капиллярную трубку и трубчатую пружину с поводком, зубчатым сектором и стрелкой (рис.20). Вся система заполняется рабочим веществом. При нагревании термобаллона, установленного в зоне измеряемой температуры, давление рабочего вещества внутри замкнутой системы увеличивается. Увеличение давления воспринимается манометрической пружиной, которая воздействует через передаточный механизм на стрелку или перо прибора.

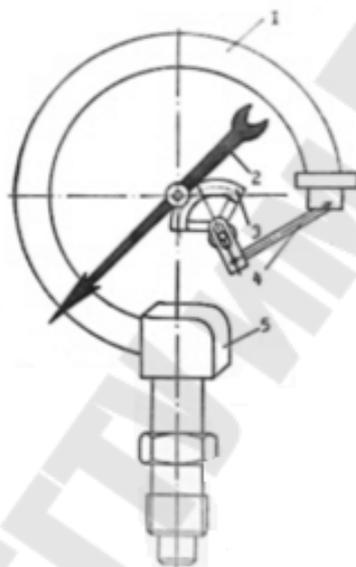


Рис 20 - Газовый манометрический термометр:

- 1 – трубчатая манометрическая пружина с поводком, 2 – стрелка прибора,
3 – зубчатый сектор, 4 - поводок

Недостатки: большая инерционность, большие размеры термобаллона.

4.2.4 Электрические термометры

Электроконтактные термометры (рис.21). Ртуть является подвижным контактом. Вторым контактом могут быть вольфрамовые нити, впаянные (рис. 21,а) или опускаемые (рис. 21, б) в капилляр термометра.

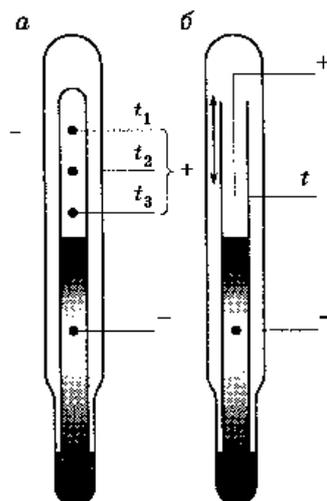


Рис. 21 - Электроконтактные термометры

Термометры сопротивления.

К средствам дистанционного измерения температуры (например, в сушильных, нагревательных и других подобных аппаратах) относятся термометры сопротивления (рис.22) и термоэлектрические термометры (рис.23).

Действие термометра сопротивления основано на линейной зависимости электрического сопротивления металлических проводников от температуры:

$$R = R_0(1 + \alpha t), \quad (15)$$

где R_0 - собственное сопротивление чувствительного элемента при комнатной температуре,

α - температурный коэффициент сопротивления.

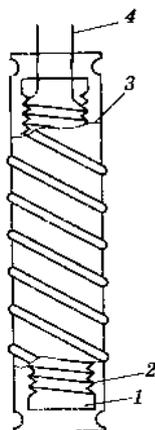


Рис. 22 - Термометр сопротивления

Термометр сопротивления (рис.22) состоит из платиновой или медной проволоки 2, намотанной на слюдяную пластинку 1. Сверху на пластинку наложены два защитных слоя слюды 3 и все это скреплено вместе металлической лентой. К выходным концам проволоки 2 припаяны металлические отводы 4. Проволока является чувствительным элементом, материал которой обусловлен пределами измеряемых температур: -50...180 °С - медь; -200-500 °С - платина.

Кроме проволочных термометров сопротивления, применяют полупроводниковые (термисторы). При значительно меньших размерах термисторов их температурный коэффициент сопротивления может быть в десятки раз больше.

Термисторы представляют собой твердые полупроводники (германий, оксиды меди, марганца, титана), у которых сопротивление при нагреве резко снижается. Термисторы применяются при температурах до 600 °С. В технологических процессах их используют в переносных вспомогательных приборах для быстрого измерения температуры заготовок.

Термоэлектрические термометры.

Упрощенная схема термоэлектрического термометра (рис.23) включает термопару - два разнородных проводника 1 и 3 имеющих спай 2, и измерительный прибор 5 (гальванометр или милливольтметр), подключенный к проводникам в точках 4. Спай 2 называют горячим спаем, а точки 4 — холодным спаем термопары.

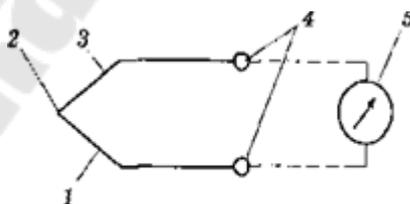


Рис. 23 - Схема термоэлектрического термометра

Работа термопары основана на зависимости контактной разности потенциалов (между двумя разнородными металлами) от температуры. В первом приближении термоЭДС термопары является линейной функцией разности температур

$$\Delta t = t_1 - t_2, \quad (16)$$

здесь t_1 - температура горячего и t_2 - холодного спая термопары.

В расплавленный металл или печь погружают горячий спай термопары. Проволоки термопары изолируют от расплавленного металла фарфоровыми или кварцевыми трубками. Холодный спай погружают в термостат для поддержания температуры холодного спая постоянной. Соединительные провода холодного спая подключают к измерительному прибору.

Несмотря на большое количество проводников, способных образовывать между собой термопару, практическое применение получили лишь некоторые из них. Это объясняется высокими требованиями, предъявляемыми к термопарам: физическая и химическая устойчивость в рабочих средах; высокая термо-э.д.с.; линейная температурная зависимость; малая тепловая инертность и механическая прочность.

В соответствии с ГОСТ 6616-74 в таблице 1 приведены пять стандартных градуированных характеристик термопар.

Таблица 1 - Стандартные градуированные термоэлектрические термометры

Тип	Градуировка	Материал электродов	Пределы измерений при длительном применении		Допустимый предел измерений, °С.
			Нижний	Верхний	
ВР	ВР-5/20	Вольфрамрений (5%-рения, основной вольфрам) (20%-рения, основной вольфрам)	0	2200	2500
ПР	ПР-30/6	Платинородий (30% родия)- платина (6% родия) - платина	300	1600	1800
ПП	ПП	Платинородий (10% родия)- платина	0	1300	1600
ХА	ХА	Хромель-алюмель	50	1000	1300
ХК	ХК	Хромель-копель	50	600	800

На головке термометра указывается его характеристика - температура, градуировка, рабочая длина и давление. Технические требования к термопарам определяются ГОСТ 6616-94. Стандартные таблицы для термоэлектрических термометров (НСХ), классы допуска и диапазоны измерений приведены в стандарте МЭК 60584-1,2 и в

ГОСТ Р 8.585-2001.

К достоинствам термоэлектрических термометров относятся: высокая точность измерения, простота конструкция и возможность передачи сигнала на большие расстояния. Комплект для измерения температуры включает термопару, компенсационные провода для удаления свободных концов из зон повышенных и меняющихся температур в зоны с более низкой и стабильной температурой и вторичный измерительный прибор (милливольтметр, потенциометр, автоматический электронный потенциометр).

Принцип потенциометрического или компенсационного метода измерения температуры основан на уравнивании измеряемой термо-э.д.с. термопары напряжения на реохорде, основными преимуществами данного метода измерения является большая точность и чувствительность, ввиду отсутствия тока в цепи.

В кузнечно-штамповочных цехах автоматические потенциометры применяются для автоматического регулирования температуры в печи для нагрева металла, в термических печах для обработки поковок и т.д.

Промышленность выпускает автоматические электронные потенциометры следующих типов: КСП-1, КСП-2, КСП-4, КПП-1, КПВ.

Для измерения температур свыше 800 °С большое распространение получили пирометры, принцип работы которых основан на использовании зависимости энергии излучения тел от их температуры, т.е. измерение температуры осуществляется бесконтактным способом.

4.2.5 Фотоэлектрические пирометры

Для измерения быстропротекающих температурных процессов применяются фотоэлектрические пирометры, где измерение температуры осуществляется бесконтактным методом и безинерционным. Это дает возможность автоматической записи и регулирования температуры.

Схема пирометра приведена на рис.24.

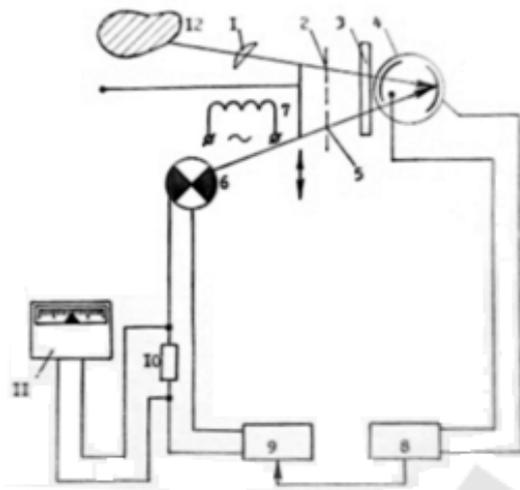


Рис.24 - Фотоэлектрический пирометр

Чувствительным элементом фотоэлектрического пирометра является фотоэлемент 4, перед которым устанавливается светофильтр 3. Измеряемая поверхность 12 фокусируется линзой объектива 1 через отверстие 2 и светофильтр. На катод фотоэлемента падает световой поток от специальной лампы накаливания 6. Отверстия 2 и 5 поочередно перекрываются заслонкой 7 модулятора света с частотой колебания 50 Гц, т.е. на катод фотоэлемента попадают синусоидально изменяющиеся световые потоки от поверхности 12 и от лампы 6. Фазы этих потоков сдвинуты относительно друг друга на 180° , что позволяет получить ток в цепи фотоэлемента величиной, пропорциональной сумме амплитуд световых потоков.

При равенстве световых потоков суммарный световой поток постоянен и через фотоэлемент протекает постоянный ток. Падение напряжения на фотоэлементе подается на вход усилителя 8.

При неравенстве световых потоков суммарный световой поток изменяется синусоидально, причем в зависимости от того, какой поток больше, будет изменяться фаза суммарного светового потока. В цепи потечет переменный ток, который усиливается электронным усилителем 8 и силовым блоком 9, на входе которого включена лампа накаливания и резистор 10.

При появлении фототока в цепи ввиду неравенства амплитуд световых потоков от лампы и нагретой поверхности усилитель и силовой блок изменяет силу тока накала лампы 6. Падение напряжения на резисторе изменяется быстродействующим потенциометром 11, шкала которого проградуирована в градусах Цельсия.

4.3 Измерение силы, массы и давления

При автоматизации производства широко применяются автоматические взвешивающие устройства - автоматические весы. Весы представляют собой совокупность различных силоизмерительных датчиков в комплекте с вторичными измерительными приборами.

В автоматических весах измеряется (в ньютонах) сила тяжести F определенной порции материала, а масса m (в килограммах) вычисляется по формуле:

$$m = F/9,81, \quad (17)$$

а давление

$$P = \frac{m}{S}, \quad (18)$$

где S – площадь поверхности, находящаяся под давлением, m^2 .

Силоизмерительные устройства по методу измерения подразделяются на две группы: первая - датчики с перемещением своих конструктивных элементов под действием измеряемой силы и преобразованием деформации упругого (пружинного) чувствительного элемента в электрический сигнал, вторая - датчики без видимого перемещения элементов конструкции.

Первая группа: мембранного типа, сильфонные, трубчатый упругий элемент (рис.25).

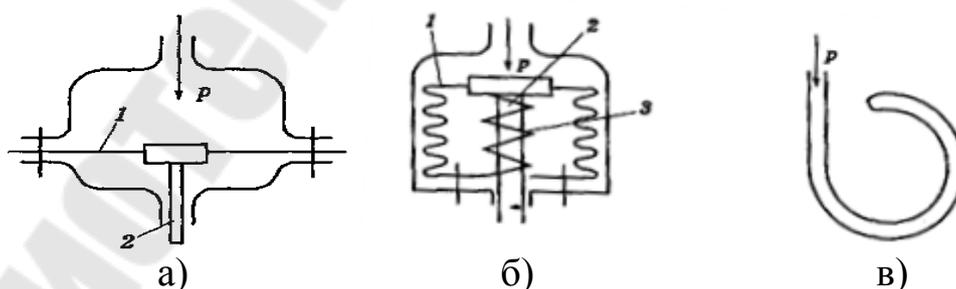


Рис.25 - Силоизмерительные устройства: а - мембранного типа, б - сильфонные, в - с трубчатым упругим элементом

Принцип действия силоизмерительного устройства первой группы заключается в том, что платформа 1, перемещаясь под дейст-

вию силы P , упруго сжимает пружину 2 пропорционально этой силе. Платформа с помощью штока 3 связана с сердечником трансформаторного преобразователя, на выходе которого формируется электрический сигнал. Величина сигнала линейно связана с величиной перемещения платформы 1 и, следовательно, со значением измеряемой силы P .

Работа силоизмерительных устройств второй группы основана на использовании непосредственно преобразуемых в электрический сигнал эффектов, степень проявления которых функционально связана с упругой деформацией элемента, воспринимающего действие измеряемой силы. Такими эффектами являются: тензорезистивный эффект, магнитная упругость и магнитная анизотропия.

Явление магнитной упругости заключается в том, что упругая деформация некоторых материалов, например железо-хром-алюминиевой стали, сопровождается изменением их магнитной проницаемости.

Магнитная анизотропия - явление, когда в материале магнитная проницаемость в направлении, совпадающем с направлением действия силы, уменьшается, а в направлении, перпендикулярном к линии действия силы, - возрастает. Нагружение сердечника силой делает его материал анизотропным, силовые линии магнитного поля пересекают плоскость витков обмотки, и в ней возбуждается ЭДС, прямопропорциональная внешнему усилию.

Магнитоанизотропные датчики несколько уступают в точности тензорезисторным и магнитоупругим, но обладают более высокой помехозащищенностью и эксплуатационной надежностью

4.4 Приборы для измерения давления. Манометры

Под **давлением** в общем случае понимают предел отношения нормальной составляющей усилия к площади, на которую действует усилие.

Приборы для измерения давления **классифицируют** следующим образом.

1. По принципу действия:

- жидкостные (основанные на уравнивании давления столбом жидкости);
- поршневые (измеряемое давление уравнивается внешней силой,

действующей на поршень);

- пружинные (давление измеряется по величине деформации упругого элемента - трубчатой пружины, мембраны, сильфона);
- электрические (основанные на преобразовании давления в какую-либо электрическую величину).

2. По роду измеряемой величины:

- манометры (измерение избыточного давления);
- вакуумметры (измерение давления разрежения);
- мановакуумметры (измерение как избыточного давления, так и давления разрежения);
- дифманометры (для измерения разности давлений);
- барометры (для измерения барометрического давления).

Жидкостные манометры.

Широко применяются в качестве образцовых приборов для лабораторных и технических измерений. В качестве рабочей жидкости используются спирт, вода, ртуть, масла.

Двухтрубный манометр представляет собой U-образную трубку, заполненную жидкостью (рис.26). О разности давлений $\Delta P = P_1 - P_2$ можно судить по разности уровней жидкости $\Delta h = h_1 - h_2$, $\Delta P = \rho g \Delta h$ (здесь ρ - плотность жидкости).

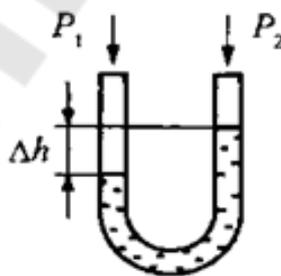


Рис.26 - Двухтрубный манометр

Чашечные манометры и дифманометры.

Чашечный (однотрубный) манометр является разновидностью U-образного трубного манометра, у которого одна из трубок заменена сосудом большого диаметра (чашкой) (рис.27). Измеряется давление P_a , действующее на жидкость в широком сосуде, а открытый конец трубки совмещен с атмосферой.

Уравнение равновесия:

$$P = \rho g(h + H).$$

Чашечные и трубные манометры применяются для тарировки и поверки рабочих приборов, реже - в качестве рабочих приборов.

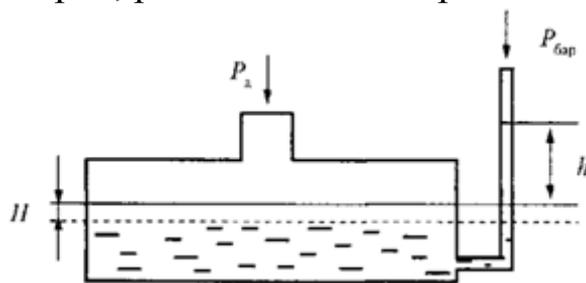


Рис.27 - Чашечный манометр

Микроманометры

Применяются для измерения давлений, меньших 100-200 мм водяного столба. Представляют собой жидкостной манометр с наклоненной под углом 20-50° трубкой (рис.28).

$h = L \sin(\alpha)$ — высота поднятия уровня жидкости в узкой трубке;

$P = \rho gh$ — измеренное давление

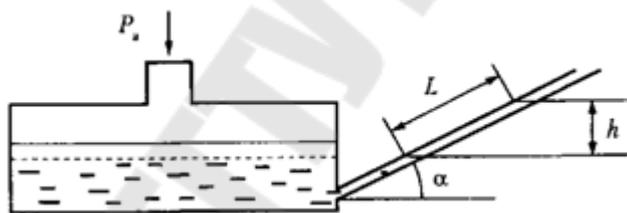


Рис.28 - Жидкостной манометр с наклонной трубкой

Пружинные манометры

При увеличении давления трубчатая медная пружина 1 (трубка Бордана) стремится разогнуться, в результате чего она через поводок 4 начинает воздействовать на зубчатый сектор 3, отклоняя стрелку 2 (рис.29).

В системах автоматики могут применяться также бесшкальные манометры с электрическими или пневматическими выходными сигналами.

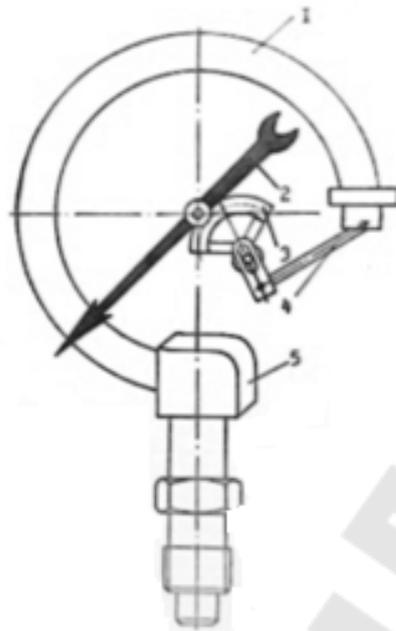


Рис 29 - Пружинный манометр

- 1 – трубчатая пружина с поводком, 2 – стрелка прибора, 3 – зубчатый сектор, 4 - поводок

4.5 Устройства неразрушающего контроля

4.5.1 Ультразвуковые методы контроля

Ультразвуковые колебания применяются в дефектоскопии благодаря свойству не затухания при распространении ультразвука в однородной упругой среде, а на разделе двух сред - полного отражения. С помощью ультразвука можно исследовать детали больших размеров (до 8-10 м) и выявлять дефекты до 10^{-6} мм.

Ультразвук позволяет выявлять не только уже образовавшиеся дефекты, но и определить момент повышенной усталости металла, что может привести к выходу из строя узла или детали. Причем для контроля нет необходимости разбирать узлы.

В последние годы широкое применение в дефектоскопии нашли волны Рэлея и Лемба.

Рэлеевы волны применяются для контроля дефектов поверхности и поверхностного слоя металла: трещины, царапины, пустотелые полости, расслоения, инородные включения, мелкие усталостные

трещины. Эти волны применяются при дефектоскопии импульсным методом в контактном и иммерсионном вариантах. В первом случае изделие находится в воздухе, а во втором — погружается в ванну с водой.

Ультразвуковые волны Лемба в ультразвуковой дефектоскопии используются для определения упругих и термоупругих характеристик металлов.

Теневой метод контроля основан на ослаблении проходящих ультразвуковых волн при наличии внутри детали дефектов, создающих ультразвуковую тень.

На рис.30 приведена схема теневого метода. Здесь используются два преобразователя - один излучает УЗК, а другой - принимает. Для введения УЗК и их приема используются специальные искательные головки. Акустический контакт головок с листом осуществляется через жидкостный мениск.

Используется данный метод для обнаружения расслоений длиной до 30 мм и шириной до 2 мм у листов. Скорость контроля составляет 10 м/мин при толщине листа 1-10 мм и его ширине 1-3 мм.

Наибольшее применение в промышленности получили дефектоскопы следующих типов: для контроля горячекатаных листов - УЗУЛ; шва-ДСТ-5М; пластмассовых гребных винтов - ДУК-17; герметичности шва - УМК-1 м.

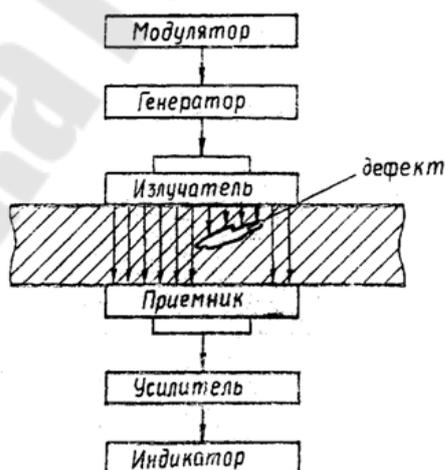


Рис.30 - Схема теневого метода

Импульсный метод ультразвукового контроля основан на явлении отражения ультразвуковых волн. Высокочастотный генератор вырабатывает кратковременные импульсы, которые посылаются из-

лучателем (рис.31). Отраженный от дефекта, импульс возвращается к излучателю, который сейчас работает на прием, и усиливается усилителем. Усиленный сигнал подается на отклоняющие пластины электроннолучевой трубки. Работой ВЧ-генератора управляет синхронизатор, который формирует с определенной частотой следования высокочастотные импульсы. Одновременно синхронизатор запускает блок развертки. Если в заготовке нет дефектов, то на экране осциллографа будет 2-а импульса (а), отраженные от поверхности заготовки. При появлении дефекта появляется третий импульс, отраженный от дефекта (б).

Импульсный метод имеет ряд преимуществ перед теневым. Позволяет исследовать изделия при одностороннем доступе к ним. Чувствительность метода намного выше чувствительности теневого метода.

В промышленности используются следующие импульсные дефектоскопы: ДУК-5В, ДУК-8, ДУК-11ИМ, ДУК-13ИМ, УДЦ-22Т, УДЦ-15Т.

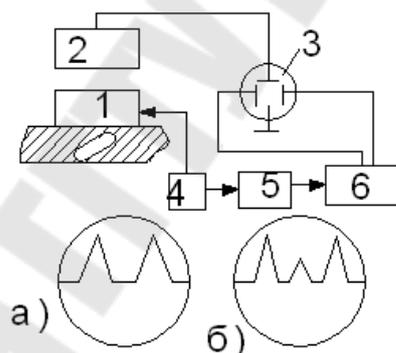


Рис.31 - Схема импульсного метода (эхо-метод):

1 - приемник излучатель, 2 –усилитель, 2 - электронно-лучевая трубка осциллографа, 4 - генератор ультразвуковых колебаний, 5 - блок синхронизации, 6 - блок развертки

4.5.2 Магнитные методы контроля

Магнитные методы контроля применяются для ферромагнитных материалов. Они основаны на измерении и анализе результатов взаимодействия электромагнитного поля с контролируемым объектом. При наличии в металле несплошностей, вследствие меньшей магнитной проницаемости дефекта, магнитный силовой поток будет огибать

дефект, создавая магнитные потоки рассеяния (рис.32).

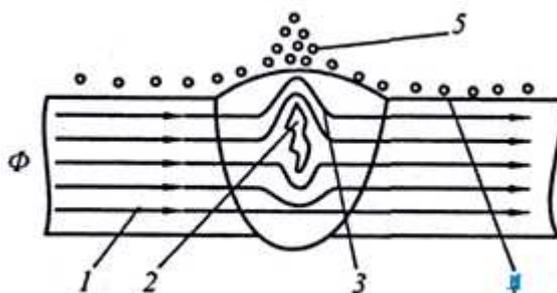


Рис.32 - Схема магнитного контроля:

- 1 - магнитное поле; 2 - дефект; 3 - искажение магнитного поля;
4 - магнитный порошок; 5 - скопление порошка

Детали намагничивают постоянным или переменным или комбинированным магнитным полем. После контроля детали размагничивают нагревом выше точки Кюри или переменным магнитным полем с равномерно уменьшающейся амплитудой от максимума до нуля.

По приемам регистрации магнитных полей и их неоднородностей магнитные методы контроля подразделяют на магнитопорошковый, магнитографический, магнитоферрозондовый, индукционный, вихретоковый и др.

При магнитопорошковом методе на поверхность намагниченной детали наносят ферромагнитный порошок. Под действием магнитных полей частицы порошка скапливаются над дефектами. Возможно выявление тонких и мелких трещин больше 0,0025 мм.

Можно использовать порошки разного цвета. Для деталей с блестящей светлой поверхностью применяют черный порошок магнетита Fe_3O_4 . При контроле деталей с черной поверхностью используют цветные либо люминисцентные порошки, светящиеся при ультрафиолетовом облучении. Часто для удобства нанесения используют магнитные, в том числе магнитолюминисцентные, суспензии на масляно-керосиновой или водной основе (5...6 г мыла, 1 г жидкого стекла, 50...100 г магнитного порошка на 1 л воды).

Преимущества магнито-порошкового метода: высокая чувствительность к тонким и мелким трещинам, простота, оперативность и наглядность, возможность применения для деталей практически любых форм и размеров.

При магнитографическом методе магнитные поля рассеяния записывают на магнитную ленту, наложенную на участок контроля.

Могут использоваться многократно. Записи на ленте преобразуются в электрические сигналы и наблюдаются на экране дефектоскопа. Преимущества магнитографического метода контроля: высокая разрешающая способность (возможность выявления мелких дефектов), возможность регистрации дефектов на сложных поверхностях и в узких зазорах. Недостатки: необходимость вторичного преобразования информации, регистрируются только составляющие магнитных полей вдоль поверхности ленты, сложность размагничивания и хранения ленты - необходимо предотвращать воздействие внешних магнитных полей.

При индукционном методе для регистрации магнитных полей рассеяния, образующихся около дефектов в намагниченной детали, используют катушку, которую двигают вдоль шва с постоянной скоростью. Магнитным полем детали в катушке наводится электродвижущая сила (ЭДС). В местах рассеяния поля ЭДС изменяется - образуется электрический сигнал, по которому судят о дефекте. Катушка намотана на сердечнике из металла с высокой магнитной проницаемостью - вместе они составляют магнитную индукционную головку. Метод отличается повышенной надежностью, может работать в сильных магнитных полях. Индукционный метод используется, например, для контроля сварных труб, перемещающихся относительно индукционной головки

Магнитные методы контроля широко применяются для ферромагнитных материалов, преимущественно для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов в стыковых швах. Достоинства магнитных методов: высокая производительность, безвредность, экономичность. Основные недостатки: объемные включения выявляются хуже, чем плоские трещиноподобные.

Вихретоковые методы контроля (или электромагнитные) могут применяться для электропроводных материалов. При воздействии переменного электромагнитного поля, создаваемого генераторной катушкой, в металле контролируемой детали возникают вихревые токи, которые создают свое электромагнитное поле, противодействующее внешнему полю. Поле вихревых токов фиксируется измерительной катушкой. Нарушения сплошности контролируемого изделия увеличивают электрическое сопротивление поверхностного слоя металла, что приводит к ослаблению вихревых токов.

Метод вихревых токов можно использовать для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов, в том числе и в **нефер-**

ромагнитных материалах, для контроля алюминиевых сплавов. Он применяется для измерения электропроводности металлов, изучения их структуры, физико-механических свойств, твердости, остаточных напряжений после деформации и др.

4.6 Контрольно-блокирующие устройства

Устройства для блокировки предназначены для автоматической остановки исполнительного механизма в случае отсутствия или неправильного положения заготовки в рабочей зоне оборудования, предотвращают поломку элементов средств автоматизации и технологического оборудования, обеспечивают связь между работой захватного органа и привода. В средствах автоматизации применяются контактные и бесконтактные устройства для контроля и блокировки.

На рис. 33 представлена схема электроблокирующего устройства, которое применяется в многопозиционном прессе. В электрическую цепь включается трансформатор T_p . Параллельно вторичной обмотке трансформатора включены реле P_1 и P_2 (соответствует количеству позиций в прессе) с нормально разомкнутыми контактами K_1 и K_2 . Вторая электрическая цепь образуется путем соединения (параллельно) контактов реле, куда также параллельно подключается электромагнит, управляющий выключателем ползуна прессы.

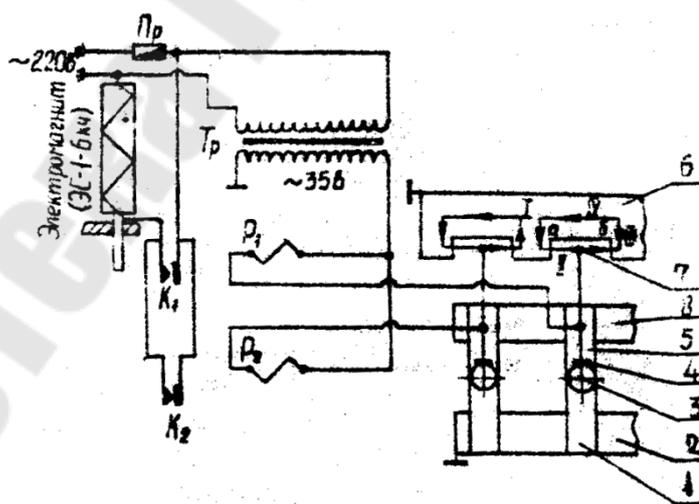


Рис.33 - Схема электроблокирующего устройства

В цепи реле предусмотрены устройства для контроля наличия и положения заготовки в грейферном переключателе. На грейферных

линейках 2 и 8 установлены захваты 5 и 1 для захвата и перемещения заготовок, причем верхние захваты 5 изолированы от верхней линейки 8 и имеют специальные контакты 4.

Грейферные линейки двигаются в горизонтальной плоскости в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, и осуществляют захват заготовок, перемещение заготовок с одной позиции на следующую, затем производится отвод захватов от заготовок, и возвращение грейферных линеек в исходное положение. Контакты перемещаются по контактной пластине 6 и замыкают цепь реле на всем пути движения, кроме участка *аб*. Контакты совершают те же движения, что и грейферные линейки. В случае, если захваты не захватили заготовки или захватили неправильно, электрическая цепь в момент выхода контакта на участок *аб* разрывается, что приводит к замыканию контактов K_1 и K_2 и сбрасыванию электромагнита - остановке ползуна пресса.

На рис.34 показаны некоторые схемы контрольно-блокирующих устройств с использованием взаимодействия источника излучения и приемника (датчика).

На рис.34,а показана схема устройства для контроля наличия в заданном месте заготовки и отверстия в ней. Оно состоит из источника излучения 1, датчика 2 и электронно-релейного блока. Сначала по схеме обратно рассеянного излучения определяется наличие заготовки в заданном месте, а затем работает вторая половина устройства - по схеме прямого излучения определяют наличие отверстия.

На рис.34,б приведена схема устройства для контроля правильности ориентации заготовок. При правильной ориентации поток излучения в определенное время - время выстаивания и движения заготовок - будет прерываться. Если заготовка 2 ориентирована правильно, поток излучения 3 попадает в датчик 1, и схема управления срабатывает для обеспечения переориентации заготовок или удаление их из потока. Для проверки правильности ориентации и наличия заготовок источник излучения 3 и датчик (приемник) 4 размещаются рядом, по одну сторону заготовки. В случае неправильной ориентации заготовки излучение не попадает в приемник.

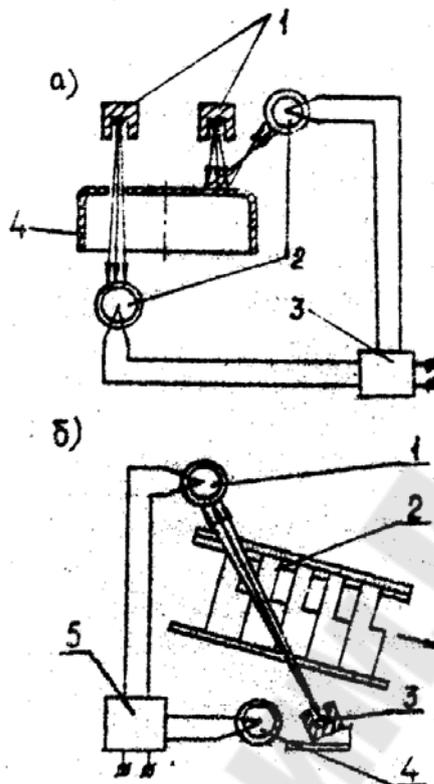


Рис.34 - Схема контрольно-блокирующего устройства:
 а - наличия заготовки и отверстия в ней;
 б - правильности ориентации заготовок

5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

При механизированном изготовлении деталей, сборке изделий, контроле параметров деталей и функционировании изделий значительная часть времени затрачивается на вспомогательные операции.

Автоматизация процесса загрузки оборудования при изготовлении, сборке, контроле и удалении готовой продукции позволит сократить вспомогательное время, повысить производительность труда, исключить утомительный, однообразный, изнурительный труд по установке и снятию заготовок.

Загрузочные устройства могут выполнять следующие функции:

1. Обеспечивать определённый запас заготовок.
2. Обеспечивать выдачу заготовок на рабочую позицию в ориентированном положении.
3. Перемещать заготовку в процессе всего технологического цикла, подавая и удаляя её с рабочей позиции.
4. Отделять одну заготовку от другой.

В зависимости от материала и конфигурации заготовок загрузочные устройства делятся на:

- механизмы автоматической подачи проволоки из бунта, полос больших размеров и прутков;
- бункерные устройства;
- вибрационные устройства;
- магазинные устройства.

5.1 Виды заготовок

Состав средств автоматизации загрузки оборудования существенно зависит от вида заготовок (рис.35). Например, для подготовки к захвату непрерывных заготовок применяют правильно-разматывающие устройства; для условно-непрерывных - полос и листоукладчики, автоматизированные стеллажи. Для штучных заготовок - бункерно-загрузочные устройства, магазинные загрузочные устройства, шиберные, револьверные подачи и т.д.



Рис.35 – Виды заготовок

Соответственно и тип захватного органа также зависит от вида заготовки.

Заготовки также можно разделить на твердые, сыпучие, жидкие и газообразные.

Состав автоматизированного комплекса можно представить по схеме (рис.36):

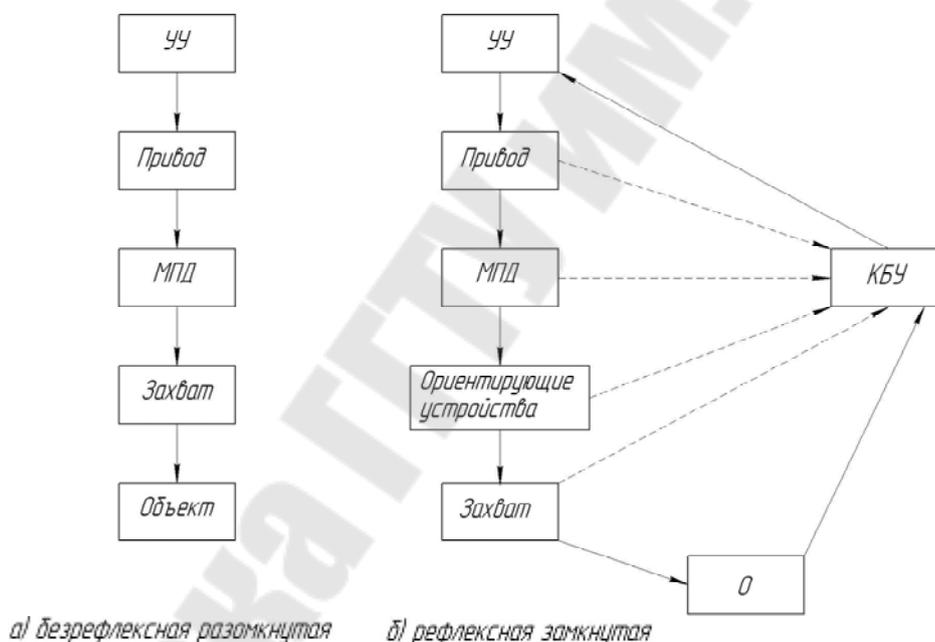


Рис.36 - Состав автоматизированного комплекса

Устройство управления (УУ) - обеспечивает управление работой комплекса.

Привод - обеспечивает приведение в движение всех механизмов и устройств. привод может быть электрическим, гидравлическим, пневматическим или комбинированным.

Механизмы преобразования движения (МПД)- преобразуют механическое движение привода в требуемое движение захватных органов. Подразделяются на две группы:

1) Механизмы периодического движения - предназначены для

преобразования непрерывного движения привода в периодическое движение захватных устройств.

Применяются следующие виды механизмов периодического движения:

- храповой механизм;
- фрикционная роликовая муфта обгона;
- механизм мальтийского креста;
- полочервячный механизм;
- фрикционный дисковый механизм;
- электромагнитные муфты.

2) Механизмы непрерывного движения - в зависимости от траектории движения преобразуют:

1 - вращательное движение в поступательное (кривошипно-ползунный, кривошипно-рычажный, тросиковый, винтовой, реечный механизмы).

2 - поступательное движение во вращательное (байонетный, винтовой, реечный и др. механизмы).

3 - вращательное движение во вращательное по несовпадающим осям (зубчатые передачи (цилиндрические, конические, червячные), цепные, ременные передачи, кривошипно-рычажный механизм и т.д.).

4 - поступательное в поступательное в другом направлении (кулисно-рычажный, реечный, клиновой и т.д.)

Захват - обеспечивает захват и удержание объекта при обработке (объект (О)- сама заготовка, материал обработки). Виды используемых захватов в зависимости от вида заготовки приведены в таблице 2.

Ориентирующие устройства - применяются в том случае, когда необходимо изменить положение объекта в пространстве. В частности в вибробункерных, вибролотковых и похожих устройствах вибрирующими захватно-ориентирующими механизмами обычно являются разнообразные дорожки и лотки, а также выполненные в них или установленные вдоль них различные механические конструктивные элементы, обеспечивающие ориентирование движущихся потоком изделий.

Контрольно-блокирующие устройства (КБУ) - обеспечивают сбор информации об объекте, сравнении ее с заданной и при отклонении полученных значений от заданных, или непосредственно, или через устройство управления, выдачу блокирующих сигналов, останавливающих действия, которые могут привести к аварии, получению

брака и т.д.

Таблица 2 – Виды захватов

Наименование	Силы удержания	Вид заготовки	Условия захвата (зависит)
1. Валковый и ролик-валковый	Силы трения	Непрерывная и условно непрерывная	От поверхности, размеров заготовки и ускорения захватных органов
2. Ножевой	Внедрение в заготовку	Непрерывный и условно непрерывный	Состояние ножей, твердость материала
3. Клиновой	Упругое заклинивание	Непрерывный и условно непрерывный	От плоскостности материала
4. Клещевой	Силы трения, частичное внедрение	Любая	Устойчивый захват
5. Толкающий, шибберный	Усилие в направлении движения	Штучная	Устойчивый захват при толщине больше 0,2 мм
6. Карманчиковый	Попадание заготовки в полости захвата	Штучная	От скорости подачи, геометр. параметров заготовки
7. Крючковый	Введение крючков в отверстие заготовки	С отверстиями	От скорости
8. Шнековый	Попадание в полость между выступами	Штучная, порошковый материал	От скорости
9. Гравитационный	Сила тяжести	Штучная	От скорости
10. Вибрационный	Вибрация в направлении движения	Штучная	Устойчивый
11. Вакуумный	Разряжение в полости захвата	Сплошная заготовка	Утечки воздуха
12. Электромагнитный	Электромагнитные силы	Из намагничивающихся материалов	Устойчивый

5.2 Органы захвата

5.2.1 Общая классификация захватных органов

Рациональный выбор захватных органов является основой при проектировании средств автоматизации и механизации и позволяет упростить, а также сделать надежнее работу устройства. Захватные органы осуществляют захват детали, удержание ее в процессе пере-

мещения и освобождение готовой детали.

В автоматизированных устройствах захватные органы выполняются двух типов: с самостоятельным силовым устройством, где процесс захвата и освобождения осуществляется специальными силовыми устройствами, и без силового устройства, где захват обеспечивается перемещением детали в процессе привода устройства.

Органы захвата классифицируются в зависимости от характера взаимодействия между захватом и изделием, а также по форме рабочих элементов захватов.

В таблице 3 представлена общая классификация захватных органов средств автоматизации и их характерные особенности.

Таблица 3 - Характерные особенности типов захватных органов

Название захвата	Силы, удерживающие заготовку	Характеристика заготовки	Возможность управления
1	2	3	4
Фрикционный	Трение	Непрерывный материал	Без управляющего силового устройства невозможно, с устройством - возможно
Пневматический	Разрежение во внутренней полости захвата	Плоские, холодные штучные с непрерывной поверхностью контакта	Возможно
Электромагнитный	Магнитное притяжение	Штучные любой формы из намагничиваемого материала	Возможно
Клиновой	Упругое заклинивание	Непрерывный материал	Невозможно
Ножевой	Внедрение в заготовку	Непрерывный материал	Невозможно
Клещевой	Трение и с частичное внедрение	Непрерывный материал и штучная	Возможно
Толкающий	Усиление в направлении движения	Объемная штучная	Возможно
Карманчиковый	Попадание заготовки в специальную полость	Объемная штучная	Невозможно
Крючковый	Введение захвата в отверстие заготовки	Штучная и непрерывный материал	Возможно
Гравитационный	Сила тяжести	Штучная	Невозможно

Для расширения возможностей средств автоматизации приме-

няются различные комбинации органов захвата, которые дополняют друг друга. Например, в грейферных подачах применяется сочетание шибберного и клещевого механизмов захвата.

Рассмотрим некоторые примеры средств механизации и автоматизации производственных процессов.

5.2.2 Валковый захват

На рис.37 представлена схема валкового подающего устройства, которое осуществляет ориентацию и подачу ленты в зону деформации. Данное устройство содержит валки 1,5, которые установлены на валах 2,4. Привод валка 1 осуществляется от вала пресса, на конце которого находится эксцентрик, через шатун, систему рычагов и пару шестерен. Вторая пара шестерен сообщает вращение валу 4. Концы вала 4 расположены в шарнирно установленных рычагах 3, поворачивающихся на оси 21 относительно стенок 23 корпуса. При повороте рычагов 3 по часовой стрелке вал 5 отводится от вала 1 и лента 2 освобождается. При этом шестерни, соединяющие валы валков, остаются в зацеплении благодаря высоте их зубьев. На крышке 9 корпуса устанавливаются винты 7, регулирующие сжатие пружин 6, стремящихся повернуть рычаги 3 против часовой стрелки и сблизить валок 5 с валком 1. Рычаги 3 крепятся к валу 12, на котором установлен кулачок 15. Кулачок соединен рычагами с планкой на ползуне пресса, благодаря этому кулачок поворачивается при подъеме и опускании ползуна. Планка 13 соединена с корпусом устройства осью 12. Планка несет ролик 14, взаимодействующий с кулачком 15, имеющим рабочие поверхности 20 и 16. Под действием пружин 6 кулачек прижимается к ролику. При контакте поверхности 20 кулачка с роликом кулачок опускается, и валок отходит от вала 1, освобождая ленту. При контакте поверхности 16 кулачка с роликом кулачок поднимается и валки зажимают ленту, перемещая ее на шаг. Для изменения расстояния между валками поднимают или опускают ролик 14. Регулировочный винт 11, упирающийся в планку 13, опускают или поднимают, что изменяет угол поворота рычагов 3 при контакте кулачка с роликом. При остановке пресса ползун находится в верхней мертвой точке, поверхность 16 кулачка взаимодействует с роликом 14. Если в этот момент необходимо разъединить валки для заправки ленты, то используют механизм принудительного поворота рычагов 3 по часовой стрелке.

Механизм содержит рукоятку 8, коленчатый рычаг, штырь 9 и винт 10, установленный в блоке 17. Блок соединен с валом 19. При повороте рукоятки 8 по часовой стрелке поворачиваются вал 19 и рычаги 3, разъединяя валки. Для точной фиксации положения ленты после заправки в валки желательнее, чтобы после пуска прессы валки не сразу подавали ленту, хотя отпущенная рукоятка 8 вернулась в исходное положение. Для этого кулачок имеет поворотный вкладыш 18, наружная поверхность которого имеет такой же радиус, как и поверхность 20. Вкладыш поворачивают и подводят к ролику, что удлиняет поверхность 20. По мере отпускания ползуна и поворота кулачка ролик переходит на поверхность 16, а вкладыш под действием силы тяжести или пружины занимает нерабочее положение. Можно видеть, что валковое подающее устройство имеет орган захвата (валки) для возможности удерживания ленты, преобразующий механизм, связывающий привод с валками и осуществляющий преобразование вращательного движения вала прессы в периодическое поступательное движение ленты. Управление работой устройства осуществляется за счет жесткой связи с движением вала прессы.

Захват и перемещение заготовок при использовании валкового захвата осуществляется за счет создания сил трения, которые возникают между заготовкой и валами при приложении к последним нажимного усилия. На рис.38 показаны основные схемы фрикционных органов захвата – схемы валковой (рис.38,а) и роликовой подачи (рис.38,б). Перемещение заготовки обеспечивается вращением валков (роликов), которое передается через преобразующий механизм приводом. Фрикционные захватные органы могут выполняться с управляемым силовым устройством (механическим или пневматическим) и с неуправляемым силовым устройством. Отличие первого от второго заключается в том, что для управляемых силовых устройств (рис.38, в,г) один из валков может перемещаться по вертикали и тем самым выходить из контакта с заготовкой, что обеспечивает свободную подачу материала в зону захвата.

При расчете фрикционного захватного органа определяется усилие сжатия валков, которое необходимо для подачи заготовки за счет сил трения.

В случае применения в качестве материала проволоки или круглого проката усилие сжатия валков зависит от профиля канавки валка (ролика).

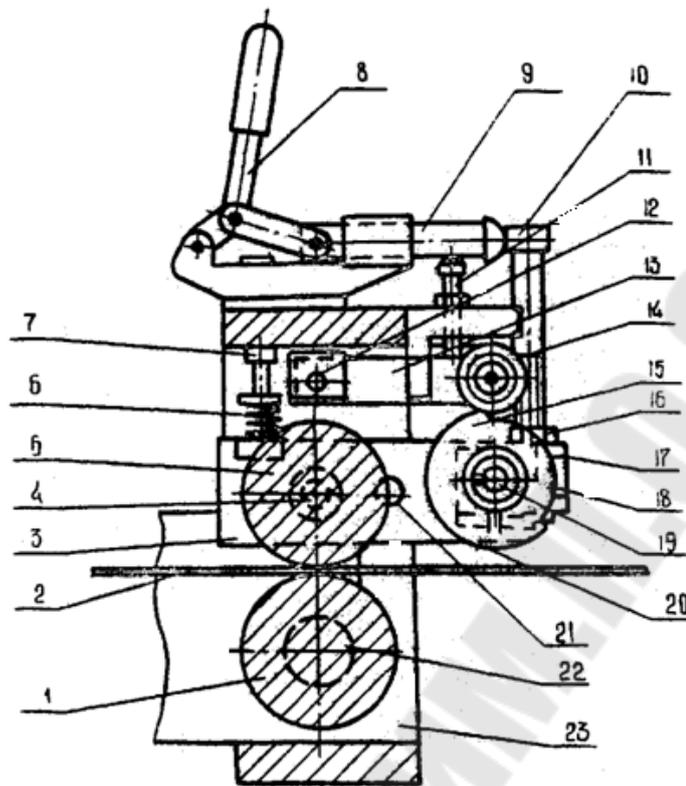


Рис.37 - Схема валкового подающего устройства

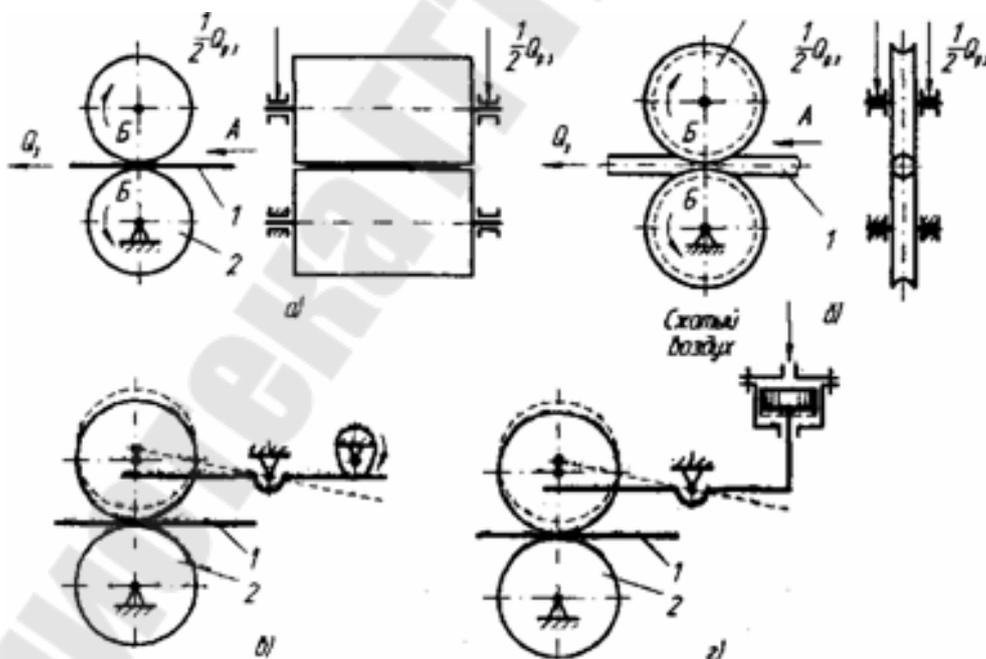


Рис.38 - Схемы фрикционных органов захвата: а - валковая подача, б - роликовая подача, в - с управлением от кулачков, г - от силового пневмоцилиндра

5.2.3 Клиновой и ножевой захват

Принцип действия клинового и ножевого захватных органов аналогичен и заключается в том, что процесс захвата заготовки осуществляется за счет самозаклинивания, причем для ножевого захвата характерно частичное внедрение захватного органа в заготовку.

Схемы основных типов клиновых и ножевых захватных органов представлены на рис.39.

Захваты при помощи ножа (рис.39 а,б) и кулачка (рис.39 в), которые заклинивают подаваемый материал, просты по устройству и надежно держат материал. Удерживание материала происходит за счет внедрения ножа или зубьев кулачка в заготовку. Угол давления определяется из условия заклинивания.

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu_{\gamma}, \quad (19)$$

где μ_{γ} – условный коэффициент между заготовкой и захватом, принимаемый равным 0,3-0,4.

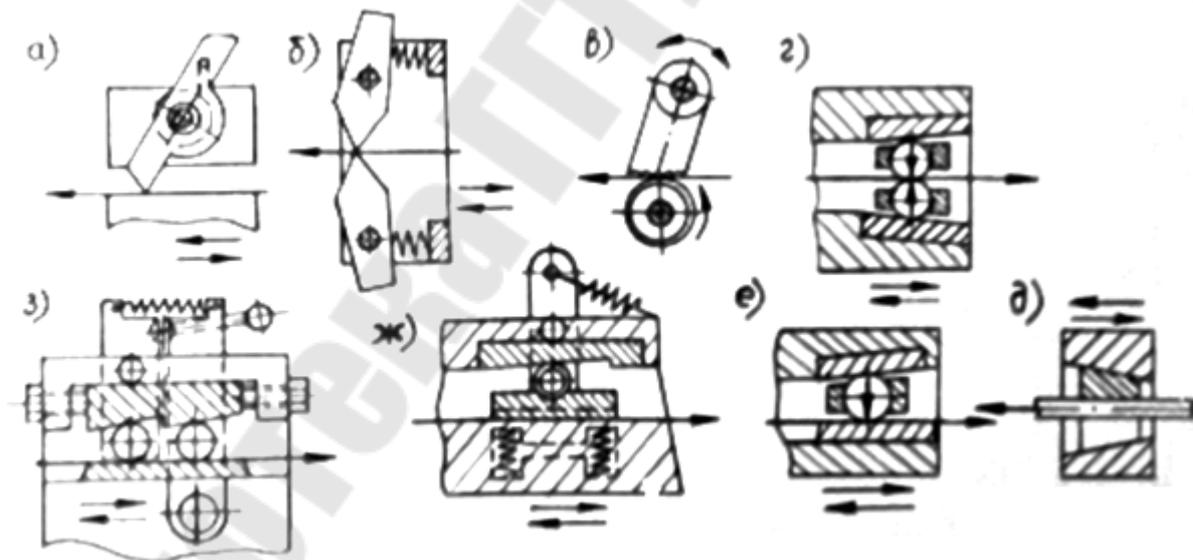


Рис.39 - Схемы клиновых и ножевых захватных органов: а,б – при помощи ножа, в - при помощи кулачка, г - роликовые, д - цанговые; е - при помощи одного ролика; ж - применение промежуточной пластины; з - клиновые обоймы

Подставляя данные значения коэффициента трения в выражение (19), получаем угол давления, равный $\alpha=0,28-0,384$ рад или $\alpha=16-22^\circ$.

Недостатком такого типа захватов является повреждение поверхности подаваемого материала в виде вмятин.

Для устранения недостатка при подаче материала относительно большой толщины ($S=2-5$ мм), а также различных профилей используют ножевой захват по торцевым поверхностям заготовки.

Наиболее простыми по устройству и надежными в работе являются роликовые и цанговые захваты. При подаче материала ведущие ролики заклинивают и давят на ленту тем сильнее, чем больше сопротивление движению она оказывает. При обратном ходе захват автоматически раскрывается, что позволяет иметь для привода одну тягу.

Достоинством данных типов (роликового и цангового) захватов является нечувствительность к колебаниям толщины подаваемого материала и к местным изгибам материала.

В роликовом (рис.39 г) и цанговом (рис.39 д) захватах лента или проволока зажимается двумя роликами (для роликового захвата) или тремя равнорасположенным к кулачками (для цангового захвата), заключенными в обойму для предохранения от выскакивания. Вместо кулачков в цанговых захватах могут применяться шарики, оси которых расположены друг к другу под углом 120° .

В захвате, представленном на рис.39 е, имеется один ролик, при помощи которого лента прижимается к закаленной пластинке. Вмятина на металле здесь получается с одной стороны. Захват данного типа чувствителен к искривлению ленты. Для устранения вмятин поверхности подаваемого материала применяется захват, показанный на рис.39 ж. Здесь ролик давит на ленту не непосредственно, а через закаленную пластинку. Ролик к наклонной поверхности прижимается при помощи планок и пружин. В средствах автоматизации обычно устанавливается две-три пары клиновых обойм, монтируемых в одном корпусе (рис.39 з). Этим повышается надежность работы захватного органа и снижается контактное усилие в месте соприкосновения ленты с захватом.

На рис.40 приводится роликово-клиновой захват, используемый в нормализованной клино-роликовой подаче конструкции ЭНИК-МАШ.

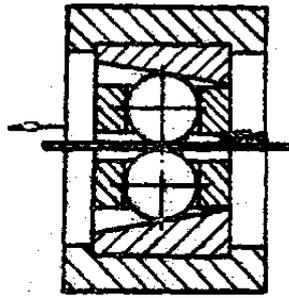


Рис. 40 – Клино-роликовый захват

5.2.4 Клещевой захватный орган

Для клещевых захватных органов характерно удерживание заготовок за счет сил трения между захватными органами (губками) и заготовкой с частичным внедрением в последнюю. Клещевые захватные органы требуют отдельного привода (пневматического или гидравлического) к подающим и фиксирующим клещам. Некоторые из схем клещевых захватов с приводом от пневмоцилиндра показаны на рис.41

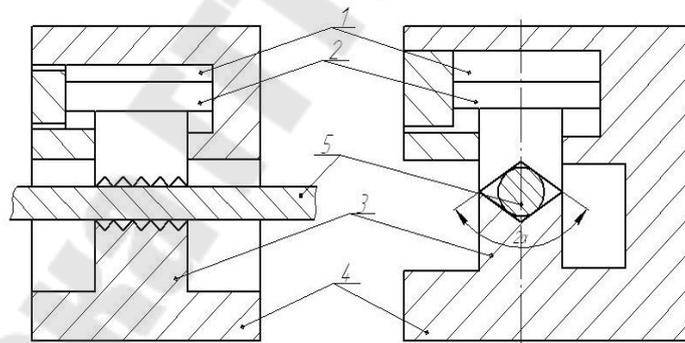


Рис.41 - Схемы клещевых захватов: 1 - пневмо- или гидроцилиндр, 2 – подвижная губка клещей, 3 - неподвижная губка клещей, 4 - корпус, 5 - заготовка

5.2.5 Шиберные (толкающие), карманчиковые и гравитационные захватные органы

В средствах автоматизации кузнечно-штамповочного производства для подачи штучных заготовок широко применяются шиберные

(толкающие), карманчиковые и гравитационные захватные органы.

Перемещение заготовки по плоскости при использовании толкающего захвата происходит за счет проталкивания толкателем: шибром, планкой и диском. В последнем случае заготовка подается по дуге, в отличие от первых двух, где заготовка подается по прямой.

В карманчиковом органе захвата объемные заготовки простой геометрической формы: цилиндр, кулачок, трубка и др. западают в специальные карманы, чем обеспечивается их захват. Наряду с захватом данные захватные органы выполняют функцию первичной ориентации заготовки.

В гравитационных захватных органах перемещение заготовок происходит вместе с захватным органом, когда они удерживаются на плоскости захвата силой тяжести и неподвижны, или заготовки движутся относительно неподвижной рабочей поверхности захвата под действием составляющей силы тяжести в направлении движения. В устройствах с гравитационными захватными органами может происходить как первичная ориентация заготовок, так и их переориентация. Очень часто в средствах автоматизации кузнечно-штамповочного производства карманчиковые и гравитационные захватные органы совмещаются.

5.2.6 Вакуумные захваты

Пневматические захваты удерживают перемещаемые изделия за счет создания разрежения (вакуума) в контактирующем с их поверхностью звене или за счет энергии воздействия потоков сжатого воздуха.

По принципу действия пневматические захваты можно разделить на вакуумные, вихревые и струйные.

По способу создания перепада давлений вакуумные захваты подразделяются на пассивные (не управляемые) и активные (управляемые). В пассивных захватах разрежение создается за счет изменения объема внутренней полости присоски путем упругой деформации эластичного корпуса или оснащением ее растягивающейся мембраной, сильфоном, перемещающимся внутри поршнем. Схема работы не управляемого вакуумного захвата приведена на рис.42. При нажатии на заготовку 4 резиновый присос 1 начинает деформироваться и воздух, находящийся в полости А, вытесняется через открывающийся

клапан 2 в периферийную часть присоса в атмосферу. При подъеме захвата клапан закрывается и в полости *A* создается вакуум из-за увеличения ее объема. Для освобождения заготовки необходимо поднять клапан 2 с помощью электромагнита 3.

Изготавливают присоски чаще всего из резины в форме усеченного конуса. В активных вакуумных захватах разрежение в полости присоски создается присоединенными к ней различными вакуумными насосами или эжекторными устройствами (рис.43).

Удерживающее усилие одиночной присоски вакуумного захвата, *H*, рассчитывается по формуле:

$$P_n = k \cdot F_n \cdot (p_a - p_v), \quad (20)$$

где *k* – коэффициент, учитывающий возможное изменение атмосферного давления и свойств уплотнителя (принимается равным 0,85);

F_n – геометрическая площадь проекции присоски, ограниченная ее внутренним контуром, м²;

p_a и *p_v* – соответственно атмосферное и остаточное давление внутри полости присоски, Па.

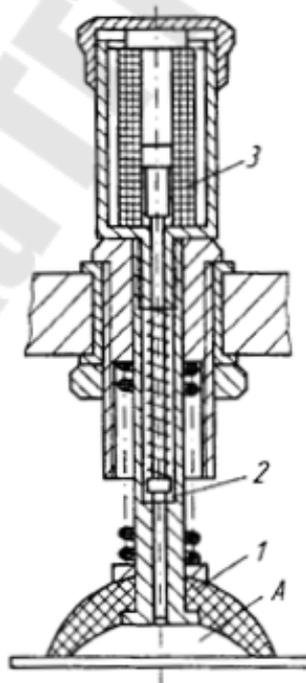


Рис. 42 - Схема работы не управляемого вакуумного захвата: 1 – присос, 2 – клапан, 3 – электромагнит

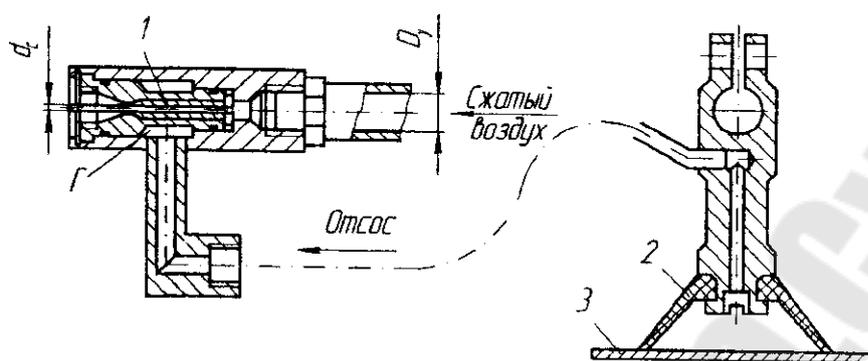


Рис. 43 - Схема работы вакуумного захвата с эжектором: 1 – сопло эжектора, 2 – присос, 3 - заготовка

Для присосок, соединенных с вакуумным насосом, давление $p_в$ внутри полости принимают равным значению вакуума, создаваемого насосом. Для неуправляемых и эжекторных захватов разность давлений $p_a - p_в = (30 - 35) \cdot 10^3$ Па. Обычно при расчетах по заданной грузоподъемности определяется требуемый внутренний диаметр ($D_{вн}$) вакуумной присоски:

$$D_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_z}{\pi \cdot k \cdot (p_a - p_в)}}, \quad (21)$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр вакуумной присоски, м;
 P_z – заданная грузоподъемность присоски, Н.

5.2.7 Электромагнитные захваты

Электромагнитные захваты широко применяются благодаря простоте конструктивного исполнения, большой удельной силе притяжения, быстрому срабатыванию и удобству управления ими. Посредством магнитных сил можно удерживать во время перемещения как мелкие ферромагнитные изделия, например, электронной промышленности и приборостроения, так и крупные изделия весом до нескольких тонн. Величина силы притяжения ферромагнитного изделия полюсами контактирующего магнита может в десятки раз превышать вес самой магнитной системы. Недостатки таких захватов за-

ключаются в возможности их применения только для изделий, выполненных из ферромагнитных материалов, а также в том, что на контактирующей поверхности изделий может наводиться остаточный магнетизм. Кроме этого возникающее рассеянное магнитное поле затрудняет поштучное взятие такими захватами из стопы листовых деталей с малой толщиной и относительно большой поверхностью. Выполняются магнитные захваты неуправляемыми на постоянных магнитах, а также управляемыми электромагнитными и комбинированными, например, содержащими одновременно постоянный магнит и электромагнит.

Простейший управляемый электромагнитный захват состоит из корпуса 1 (рис.44а), катушки возбуждения 2 и сердечника 3. Сердечники в них обычно выполняются с цилиндрическим центральным (внутренним) и кольцевым внешним полюсом (круглыми) (рис.44а). Выполняются также сердечники с двумя внешними полюсами (П-образными) или с одним центральным и двумя внешними полюсами (Ш-образными) (рис.44в).

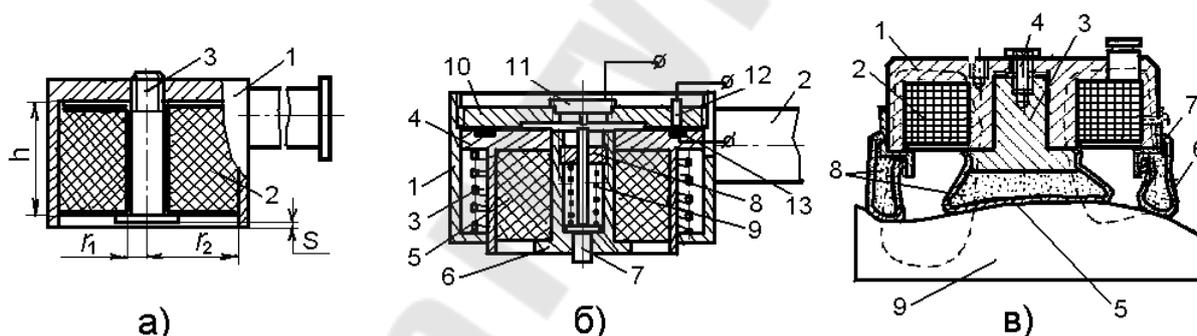


Рис.44 -Электромагнитные захваты

В некоторых случаях контактирующая поверхность сердечника захвата может повторять форму сопрягающейся поверхности изделия для более точного и надежного его удержания. Для перемещения крупногабаритных изделий применяются захваты, содержащие на державке несколько одновременно включаемых электромагнитов. В процессе работы при отключении тока питания электромагнитный захват продолжает иногда с некоторым усилием удерживать изделие из-за наличия остаточного магнетизма в его сердечнике. Для исключения таких явлений сердечники захватов следует изготавливать из магнито-мягких материалов. Надежному отпусканию изделий способствует также подача на обмотку электромагнитов короткого импульса обратного тока, а также их питание от источника переменного тока.

Проблема предотвращения подачи сдвоенных тонколистовых изделий и их надежного отпускания решена, в частности, в электромагнитном захвате, содержащем цилиндрический корпус 1 (рис.44 б) с державкой 2, в котором на пружине 3 установлен с возможностью осевого перемещения стакан 4. Внутри же этого стакана располагается электромагнит, состоящий из катушки возбуждения 5 и прикрепленного к стакану резьбовым соединением сердечника 6. При этом в отверстии сердечника 6 располагается толкатель 7, один конец которого выступает над уровнем рабочей поверхности захвата, а другой проходит через резьбовую втулку 8, поджимающую пружину 9 толкателя. Усилие же пружины 3, удерживающей стакан 4, регулируется крышкой 10, закрепленной в корпусе на резьбовом соединении. При этом в крышке 10 установлен микровыключатель 11, взаимодействующий с концом толкателя 7, и электрический контакт 12, взаимодействующий с кольцевым электрическим контактом 13, установленным на верхней плоскости стакана.

Перед работой захват настраивается следующим образом. Вначале перемещением втулки 8 по резьбе в сердечнике 6 усилие предварительного сжатия пружины 9 устанавливается таким, чтобы при включении электромагнита толкателем 7 обеспечивался надежный отрыв от его сердечника поданной детали и ее точная укладка на приемной позиции. Затем перемещением по резьбе корпуса 1 крышки 10 усилие предварительного сжатия пружины 3 устанавливается таким, чтобы при взятии одной детали стакан 4 надежно поджимался ею к крышке 10 (контакты 12 и 13 оставались замкнутыми), а при захвате двух деталей – от их веса пружина 3 сжималась под смещающимся вниз стаканом (контакты 12 и 13 размыкались). При работе рукой робота этот захват опускается на поверхность забираемой детали и в обмотку катушки возбуждения 5 его электромагнита подается ток. При этом верхняя контактирующая деталь стопы питателя, притягиваясь к сердечнику электромагнита, надавливает на толкатель 7. От этого он, сжимая пружину 9, перемещается вверх и включает микровыключатель 11, который подает системе управления сигнал о взятии детали. После этого захват поднимается над стопой и если им удерживается одна деталь, то она переносится роботом на позицию укладки. Здесь ток в электромагните отключается и подпружиненным толкателем 7 деталь отрывается от его сердечника и точно укладывается в заданном положении. Если захват не взял верхнюю деталь, то при его подъеме над стопой толкатель 7 пружинной 9 возвращается в ис-

ходное положение и выключающийся микровыключатель 11 дает системе управления сигнал на повторение цикла ее захвата. При подъеме же захватом над стопую двух и более деталей от их веса стакан 4, сжимая пружину 3, смещается немного вниз, при этом контакты 12 и 13 размыкаются, подавая системе управления сигнал на отключение питания электромагнита и сброс соединенных деталей, например, на промежуточной позиции в технологическую тару, а также на повторный захват из стопы питателя следующей верхней детали. Таким образом, данным захватом в любых ситуациях осуществляется надежная автоматическая поштучная подача деталей из кассеты питателя с точным их позиционированием на приемной позиции.

Усилие удержания детали F_3 , Н, развиваемое электромагнитным захватом определяется по формуле:

$$F_3 = 25,52 \cdot 10^5 \cdot B_s^2 \cdot r_1^2, \quad (22)$$

где B_s – магнитная индукция в воздушном зазоре, Т;
 r_1 – радиус внутреннего полюсного сердечника, м;

Сила притяжения электромагнитного захвата резко снижается при уменьшении сопрягающейся с изделием поверхности полюсов, а также с увеличением воздушного зазора. Поэтому контактирующую поверхность полюсов в захватах, работающих со сложнопрофильными изделиями, выполняют, как правило, адекватной форме сопрягающейся поверхности переносимого изделия. Из-за этого для каждого конструктивного исполнения такого изделия требуется свой специализированный захват, что усложняет процесс его изготовления и при смене объектов манипулирования требует замены захвата на руке робота. Для решения этой проблемы создан универсальный электромагнитный захват, способный адаптироваться к изделиям с разнообразными поверхностями. Состоит такой захват из основного магнитопровода 1 (рис.44 в), катушки возбуждения 2 и сердечника 3, прикрепленного к основному магнитопроводу винтом 4, а также эластичной оболочки 5, закрепленной на конце сердечника 3, и эластичной оболочки 6, закрепленной с помощью профильного кольца 7 на торце основного магнитопровода 1. Изготавливаются эти оболочки из гибкой и прочной ленты, выполненной из нержавеющей стали или пластмассы, а их внутренняя полость заполняется специальным ферромагнитным порошком 8. Для взятия захват рукой робота прижимается к изделию

9, при этом его эластичные оболочки 5 и 6 принимают форму контактирующей поверхности этого изделия. Далее подается ток в обмотку катушки 2, индуцирующий в сердечнике магнитный поток, под действием которого изделие притягивается к захвату, а ферромагнитный порошок в оболочках затвердевает, сохраняя принятую ими форму. Затем изделие переносится на приемную позицию, где ток в катушке возбуждения выключается и после этого захват возвращается роботом в исходное положение для взятия следующего изделия. Недостатки этого захвата заключаются в большом токе питания катушки возбуждения, которая должна создавать высоконапряженное магнитное поле из-за включения в магнитную цепь оболочек с ферромагнитным порошком, обладающих высоким магнитным сопротивлением. Повысить грузоподъемность таких захватов можно путем заполнения оболочек магнитореологическими жидкостями.

5.3 Устройства для подачи непрерывного и условно-непрерывного материала

В зависимости от характера и особенностей технологической операции при автоматизации производства в качестве непрерывного материала наряду с лентой, проволокой может применяться лист, полоса, прутки.

Данный материал должен отвечать ряду требований:

1. Непрерывность подачи одной и той же заготовки к оборудованию в течение некоторого времени.
2. Постоянство ориентации заготовки относительно инструмента машины.
3. Возможность получения нескольких деталей в результате последовательно совершаемых ходов технологического оборудования.

Наиболее эффективно применение в качестве заготовки ленты, проволоки и ширококорундовой стали. Для подачи лент и полос применяются различные устройства механизации, отличающиеся способом захвата подаваемого материала (валковые, клещевые, крючковые и т.д.).

Для комплексной автоматизации и механизации технологических процессов производства при использовании непрерывного материала необходимы следующие средства автоматизации: ориентирующие-питающие и подающие устройства, устройства для удаления от-

хода материала и средства контроля. Ориентирующе-питающие устройства для непрерывного материала осуществляют установку и подготовку исходного материала, т.е. ориентация заготовок относительно органов захвата подающих устройств, и перевод исходного материала из состояния поставки (рулон, бухта) в состояние, необходимое для осуществления технологической операции – разматывание, правка и т.д. Ориентирующе-питающие устройства могут быть следующих видов: разматывающе-правильные, полосокладчики, автоматизированные стеллажи. Устройство для удаления использованного материала выполняются в виде специальных наматывающих барабанов и стапелирующих устройств, для полос или приспособлений для рубки отхода с его удалением из зоны штамповки. Контроль необходим для различного рода блокировок при подаче нескольких заготовок, поломке инструмента, отсутствии материала и т.п.

5.3.1 Разматывающе-правильные устройства

В автоматизированном производстве для изготовления деталей из ленты, широкорулонной стали и проволоки применяются различные конструкции разматывающе-правильных устройств. Последние выпускаются приводными совмещенными, когда устройства для разматывания и правки имеют общий привод и основание, а так же данные устройства выпускаются отдельно: скомпонованные правильные и разматывающие.

На точность подачи ленты большое влияние оказывает инерционное сопротивление разматываемого рулона. Данное обстоятельство имеет особенно важное значение при использовании валковых подач из-за малого тянущего усилия, что в первый момент подачи приводит к проскальзыванию валков. Клещевые подающие механизмы менее чувствительны к сопротивлению ленты вследствие большой силы захвата ленты клещами.

Так как на производстве все большее распространение получают быстроходные автоматы, что обуславливает большую скорость перемещения исходной заготовки, тип разматывающего устройства выбирается в зависимости от массы рулона: до 100 кг - применяются не приводные катушки; до 150 кг - приводной тип катушек; до 500 кг - приводные с установкой рулона на катушки; свыше 500 кг - приводные установки барабанного типа.

Привод правильно-разматывающих устройств выполняется на

основе многоскоростных асинхронных электродвигателей или электродвигателей постоянного тока, а также с применением вариаторов. На рис.45 показана конструкция приводного разматывающего устройства с приводом от электродвигателя 1. Движение от электродвигателя через редуктор 2 сообщается диску 3 с эксцентрично установленным на нем пальцем 4. Палец соединен с тягой 5, которая через храповик 6 и храповое колесо 7 сообщает периодическое вращение катушке 8. Вследствие разматывания рулона скорость ленты уменьшается, поэтому вначале необходимо сообщить ленте скорость большую, чем требуется. Избыток ленты будет образовывать петлю. Для регулирования размеров петли в конструкции устройства могут предусматриваться конечные выключатели. Передаточное число редуктора (червячного типа) выбирается исходя из того, чтобы скорость разматывания была немного больше средней скорости подачи.

При выборе разматывающего устройства необходимо стремиться к тому, чтобы разница между скоростью разматывания рулона и скоростью подачи материала была минимальной из-за возможных перегрузок электродвигателя привода.

Ленты, разматываемые с рулонов, имеют остаточную кривизну, препятствующую получению плоских заготовок с точными размерами, а также затрудняющую работу подающих и других функциональных механизмов. Из-за этого разматываемые ленты необходимо править и с увеличением их толщины потребность в правке возрастает. Устраняется же кривизна на лентах, листах, сортоном прокате и разнообразных плоских заготовках различными способами: знакопеременным изгибом, растяжением, кручением, сжатием. Разматываемые рулонные материалы обычно правят знакопеременным изгибом, осуществляемым в многовалковых механизмах и машинах.

Правка знакопеременным изгибом основана на упругопластическом знакопеременном изгибе ленточного материала 1 (рис.46, а) при его движении между двумя рядами валков 2, расположенных в шахматном порядке. При этом каждый участок ленты подвергается многократному изгибу в противоположных направлениях, а возникающие в ленте напряжения растяжения превышают предел текучести материала.

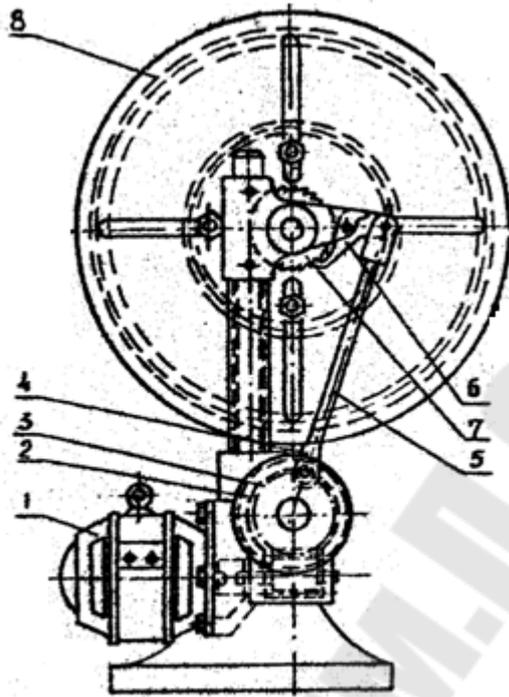


Рис.45 - Приводное разматывающее устройство

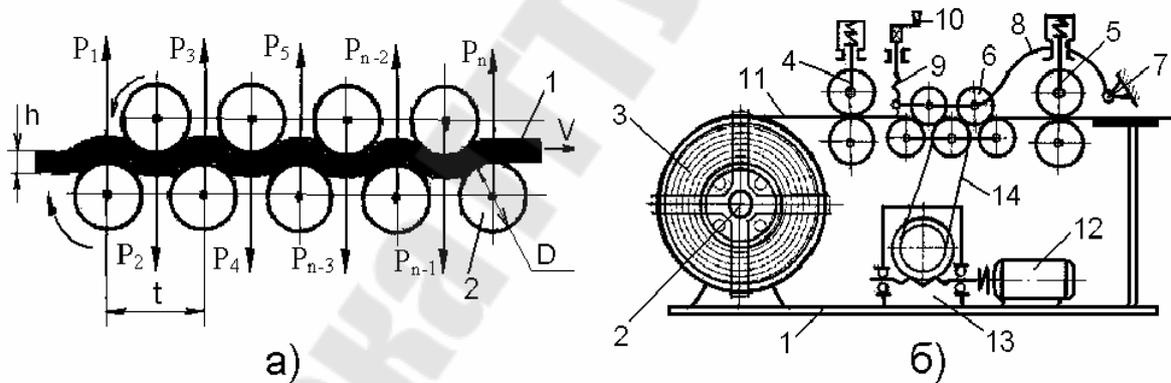


Рис.46 - Конструктивные исполнения механизмов правки ленты

С увеличением количества валков, через которые проходит лента, качество правки улучшается. Причем для получения прямолинейной ленты ее знакопеременный поперечный изгиб в многовалковом механизме должен последовательно уменьшаться от второго валка к последнему. При этом под первым и последним валками механизма лента не деформируется и моменты M_1 и M_n равны нулю.

Шаг t и диаметр D правильных валков принимают, основываясь на накопленных экспериментальных данных. Наибольший шаг валков обычно выбирается из условия: $t_{max} = (25 - 30) \cdot h_{max}$. Наименьшее зна-

чение шага валков определяется условиями прочности их шеек под подшипники и не допущением смятия ленты валками.

Синхронное вращение на рабочие валки правильного механизма передается шарнирными шпинделями, связанными с электродвигателем через шестеренную клетку или через систему взаимосвязанных зубчатых колес. В современных конструкциях правильных машин вместо громоздких шестеренных клеток и редукторов с цилиндрическими колесами стали применять планетарные редукторы, обеспечивающие снижение массы привода и его габаритов.

Правильные и рулоноразматывающие механизмы часто объединяют в единую конструкцию, называемую правильно-разматывающей машиной, которая работает от индивидуального привода. Состоит такая машина из станины 1 (рис.46,б) на которой располагаются механизм 2 фиксации и размотки рулона 3, задающая 4 и тянущая 5 валковые подачи, а также правильная клетка, верхний ряд валков 6 которой располагается на качающейся в шарнире 7 раме 8. Положение же рамы 8 регулируется вращением винта 9 с помощью ручки 10, при этом просвет между рядами валков устанавливается несколько меньшим толщины выпрямляемой ленты 11. Привод всех функциональных механизмов машины осуществляется от электродвигателя 12 постоянного тока через редуктор 13, цепную передачу 14 и систему взаимосвязанных зубчатых колес. Диаметры D_B валков задающей 4 и тянущей 5 подач в таких устройствах рекомендуется принимать большими диаметра правильных валков D , соблюдая соотношение $D_B = (1,2 - 1,8) D$.

В процессе работы устройства разматываемая лента 11 пропускается между двумя рядами валков 6 правильной клетки и подвергается ими упругопластическому знакопеременному поперечному изгибу с последовательно уменьшающейся амплитудой. Протягивание и поддержание же ленты в плоскости правки обеспечивается задающей 4 и тянущей 5 валковыми подачами. На лентах из низкоуглеродистой стали такой правкой разрушается цементитная сетка, возникающая в результате старения проката, и этим улучшаются свойства материала, а также снимаются заусенцы на торцах ленты, что способствует повышению точности работы механизмов подачи.

Основными узлами правильных машин являются правильная клетка с валками и механизмом регулировки их положения, а также привод с механизмами передачи движения и система управления. Кроме этого правильные машины часто оснащаются дополнительными

ми устройствами, такими как: валковые подачи с механизмами прижима и подъема верхнего валка, которые устанавливаются на входе, выходе или по обеим сторонам правильной клетки; перегибающие механизмы; опорные ролики, предотвращающие прогиб правильных валков; направляющие проводки для ленты; а также индикаторы, отсчетные шкалы и циферблаты для контроля за правильностью регулировки правильных валков и других механизмов машины. Наименьшее число правильных валков, обеспечивающее удовлетворительную правку, равно пяти. Широкое же распространение получили семивалковые и девятивалковые правильные клетки, обеспечивающие вполне приемлемое качество правки для широкой номенклатуры применяемых лент. В отдельных случаях для повышения качества правки число валков увеличивают до 11 — 17 и более, причем наибольшее число валков принимают для правки тонких и широких лент ($b > 1000$ мм).

Таблица 4 -Число правильных роликов для разной толщины ленты или диаметра проволоки

Толщина (диаметр) материала, мм	0,4-1,5	0,6-2,5	1-4
Число правильных роликов	7-11	7-9	5-7

5.3.2 Полосо- и листоукладчики

Данные средства автоматизации могут использоваться для подачи как полосового и листового материала, так и для подачи штучных заготовок.

В исходном состоянии материал в виде полос и листов находится в стопе, установленной в определенном положении и обеспечивающей первичную ориентацию относительно органа захвата подающего устройства.

В процессе работы механизмы полосо- и листоукладчиков выполняют следующие операции: отделение полосы или листа от стопы; поднятие заготовки на уровень работы подающего устройства и подача в зону захватного органа подающего устройства. После этого начинается процесс обработки до полного расходования заготовки и

цикл работы механизма повторяется.

На рис.47 показано устройство для подачи листов к прессу.

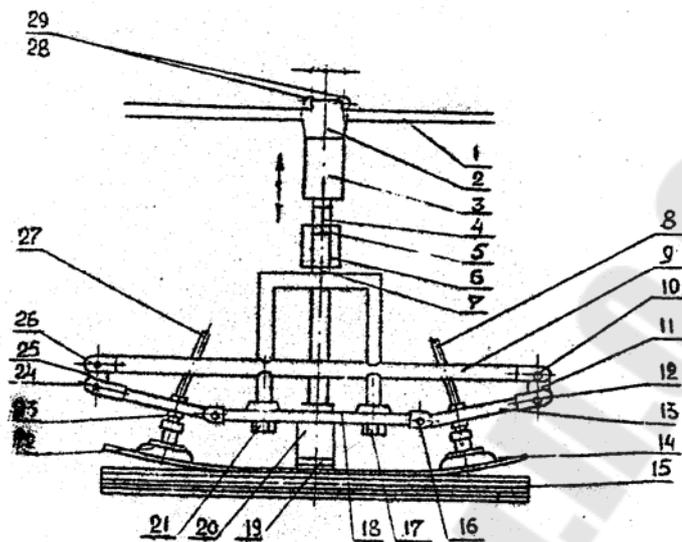


Рис.47 - Схема устройства для подачи листов к прессу

Данное устройство содержит силовой цилиндр 3, укрепленный на кронштейне 2, перемещающемся на роликах 28, 29 по балке 1. К штокам 4 прикреплены толкатели 20, облицованные слоем резины 19 и поперечина 5, несущая силовой цилиндр 6, работающий независимо от цилиндра 3. К корпусу устройства прикреплен стержень 9, соединенный со штоком 7 цилиндра 6. Стержень 18 связан со стержнем 9 системой шарнирно соединенных рычагов 14, 13, 25, 11, что позволяет стержню 18 перемещаться относительно стержня 9. Стержень 13 соединен с толкателями 20. К рычагам 13, 25 прикреплены вакуумные присосы 22, 14, соединенные рукавами 8, 27 с вакуум насосами. Для подъема верхнего листа 15 из стопы и переноса его к прессу включают цилиндр 3. Штоки 4 опускаются и прижимают толкатели 20 к поверхности листа 15. При этом рычаги 14, 13 занимают горизонтальное положение, что позволяет прижать присосы 22, 14 к листу и включить вакуум насосы. Далее включают цилиндр 6. При подъеме штока 7 упоры 21, 17 упираются в стержень 18. Дальнейший подъем штока вызывает смещение стержня 9 относительно стержня 18. При этом рычаг 14, 13 и 25, 11 поворачиваются на шарнирах 23, 16, 24, 12, 26, 10, в результате чего присосы 22, 14 поворачиваются и отгибают края листа, нарушая его сцепление с находящимся под ним листом, после чего лист поднимается на уровень подающего устройства и переносится к прессу.

В данном устройстве операция по разделению листов выполня-

ется за счет конструктивного исполнения захватного органа, в виде шарнирных рычагов и вакуумных присосов. Наряду с этими механизмами разделения применяются магнитные разделители. В устройствах с магнитными разделителями требуется правильный выбор типа разделителя в зависимости от толщины листов, для автоматизированных устройств выпускаются разделители для листов следующих толщин: 0,4-0,7 мм; 0,8-1,5 мм; 1,5-2,0 мм и т.д.

В механизмах полосо- и листоукладчиков для выполнения операции поднятия заготовки до уровня работы подающего устройства применяется пневматический привод, связанный непосредственно с захватным органом. Аналогичный привод применяется и для выполнения третьей операции - подачи заготовки в зону захватного органа подающего устройства. Иногда применяется электрический привод.

5.3.3 Валковая подача

Валковые подачи выполняются односторонними, толкающего типа, и двухсторонними.

В первом случае непрерывный материал при помощи пары валков вталкивается в штамп, в зону штамповки, а во втором - материал при помощи одной пары валков вталкивается в зону штамповки, а при помощи второй пары лента вытаскивается из штампа, причем каретки, где устанавливаются валки, соединяются между собой специальным механизмом (рычажного, реечного, конически-шестеренчатого типа). Двухсторонняя валковая подача может быть применена для большего диапазона толщин материала, тогда как односторонняя ограничивается толщиной 0,5 мм.

В валковых подачах используется фрикционный захватный орган. Материал защемляется между двумя валками, расположенными один над другим. Давление осуществляется при помощи регулируемых пружин, действующих на верхние валки. С целью увеличения точности подачи штампы снабжают шаговыми ножами или ловителями, что приводит к повышенному расходу материала (до 8%). В данной подаче валки останавливаются в момент освобождения полосы, которое обычно осуществляется или от ползуна или от эксцентрикового вала. Освобождение полосы происходит не ранее, чем ловители зафиксируют положение полосы или ленты. Однако при штамповке материала толщиной меньше 0,2 мм применение ловителей нецелесо-

образно вследствие смятия краев поверхности. А так же происходит неустойчивое захватывание материала вследствие малой жесткости полосы, из-за чего имеет место неустойчивая работа захватного органа валковой подачи. Аналогичная картина наблюдается при использовании толстого материала (больше 2,5 мм), когда устойчивость работы валковой подачи оказывают влияние инерционные нагрузки от материала.

Односторонние валковые подачи предназначены для установки на небольших прессах. При использовании односторонних толкающих подач в конце штамповки остается неиспользованный отход, равный расстоянию от оси валков до инструмента, что делает подачу непригодной для подачи полосы в виду большого процента отхода. Односторонние подачи применяются при использовании ленты в бунтах, когда наличие концевой отхода не имеет значения.

Для подачи не только лент но, и полосы в процессе автоматизации штамповки применяются двусторонние валковые подачи. Общий вид одной из них показан на рис. 48.

Привод подачи осуществляется от вала пресса. Штанга 1 одним концом шарнирно закреплена на диске 2, а другим связана с вертикальной лентой 3, перемещающейся вверх и вниз в своих направляющих. Регулировка шага подачи осуществляется путем перемещения радиального конца штанги по диску. Кинематическая схема двусторонней валковой подачи представлена на рис.49. Преобразующий механизм кривошипно-рычажного типа состоит из эксцентрикового диска 1, закрепленного на главном валу 15, тяги 2 с рычагом, валов 3,4, тяги 10 обгонных муфт 6,11 и зубчатого перебора. Данный механизм, его звенья выполняются на опорах качения. Захватный орган тянущей 16 и толкающей 17 кареток, которые состоят из полых валков, винтов 8 и пружин 7, осуществляет освобождение ленты в период рабочего хода, за счет поднимания рабочего валка рычагом 9 от кулачка 12. На осях валков смонтированы постоянно замкнутые тормоза 13,14 для снижения инерционных сил, и тормоз 5 для выборки зазоров и лучшего заклинивания обгонных муфт.

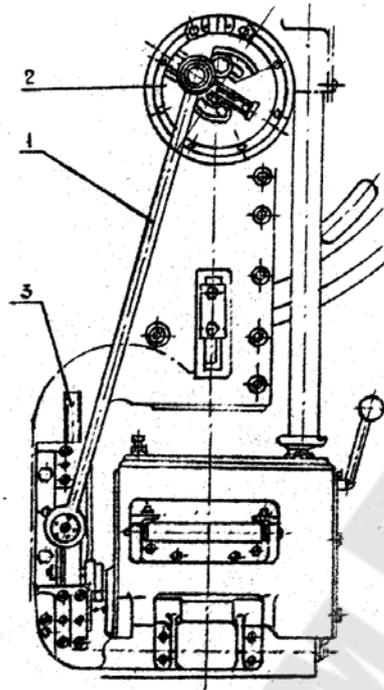


Рис.48 - Двусторонняя валковая подача

Для перемещения материала на большой шаг применяются валковые подачи с индивидуальным приводом. В этом случае работа подачи и пресса осуществляется по последовательному или комбинированному циклу с использованием различных блокировок. Данные подачи применяются на крупных двухстоечных прессах с большим столом для многорядной пробивки и вырубке деталей из рулонного материала, а также в линиях по разделке широкорулонного материала на ленточный и листовый.

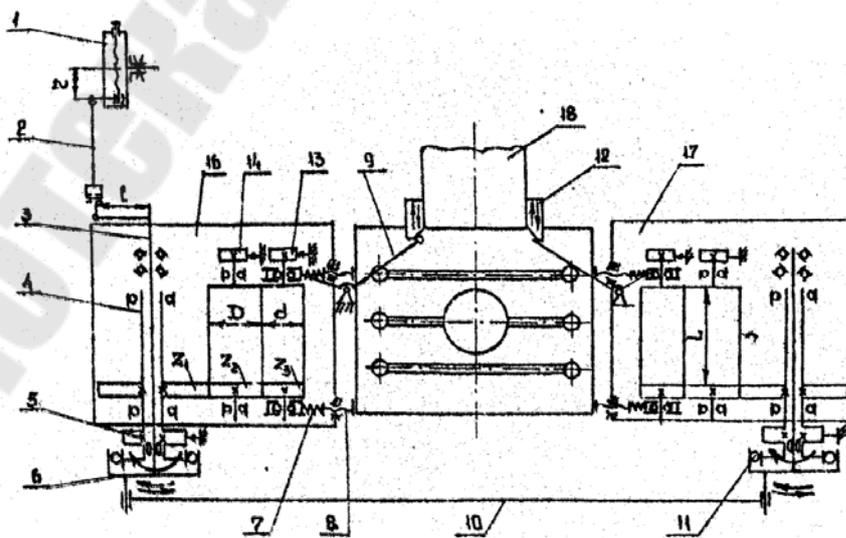


Рис.49 - Кинематическая схема двусторонней валковой подачи

5.3.4 Клещевая подача

Клещевые подачи применяются для подачи ленты, проволоки, а также мерной полосы, т.е. выполняются как односторонние толкающего или тянущего типа, так и двухсторонние. Отличительной особенностью клещевых подач является наличие одной или нескольких пар клещей, осуществляющих подачу материала в зону штамповки, удаление отходов, а также фиксацию материала. Количество пар клещей определяется конструкцией подачи. Например, в двухстороннем клещевом механизме имеется четыре пары клещей. Клещевые подачи выполняются с приводом от пресса и от верхней плиты штампа.

На рис.50 приводится общий вид клещевой подачи с пневмоприводом, имеющей четыре пары клещей: две пары - для подачи материала, и удаления отхода и две пары - для фиксации полосы или ленты.

В начале подачи, когда ползун пресса находится в верхней точке, фиксирующие клещи и разомкнуты, а с помощью подающих клещей и производится захват ленты и подача ее на величину шага. В конце подачи, когда полоса подана на шаг, последняя опять фиксируется клещами. Включается пресс, и производится штамповочная операция. В момент начала подъема ползуна, подающие клещи освобождают полосу и возвращается в исходное положение для подачи материала. В это время фиксирующие клещи закрыты, что исключает возвращение полосы при обратном ходе подающих клещей. В момент, когда ползун пресса подходит к верхней точке, фиксирующие клещи закрыты, а подающие открыты. И работа подачи повторяется. Открывание и закрывание клещей происходит при неподвижной полосе. Это достигается устройством привода подачи. При действии выступа кулачка на пневмоклапан 3 начинается подача воздуха в силовой пневмоцилиндр 9. Для избегания влияния инерционных усилий на точность подачи и долговечность механизма движущиеся части выполняются с минимальным весом.

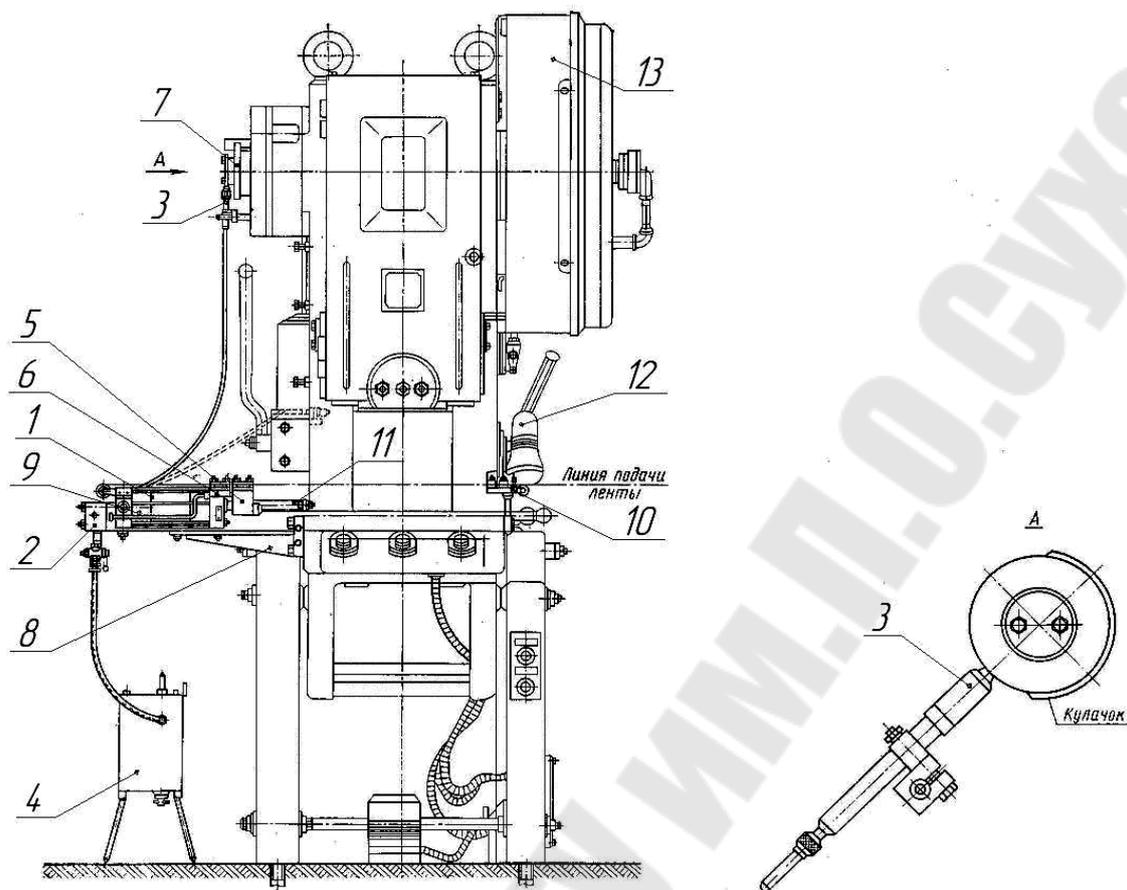


Рис.50 - Общий вид клещевой подачи с прессом: 1 - подающее устройство, 2 - воздухораспределитель, 3 - клапан управления, 4 - узел подготовки воздуха, 5 - подвижная каретка, 6 - неподвижная каретка, 7 - кулачок, 8 - кронштейн, 9 - пневмоцилиндр, 10 - устройство для очистки и смазки ленты, 11 - цилиндрические направляющие, 12 - лампа, 13 - кожух маховика

5.3.5 Клино-роликовая подача

Клино-роликовые подачи применяются для перемещения ленты толщиной 0,5-5 мм и шириной 60-160 мм. Наибольший шаг подачи — 160 мм.

Регулирование шага выполняется так же, как и в валковых подачах - изменением эксцентриситета приводного пальца планшайбы.

Одна из конструкций клино-роликовой подачи захвата с приводом от вала пресса приведена на рис.51.

Клино-роликовая подача состоит из двух захватных органов (кареток): подвижного 4 и неподвижного 8, с роликами 2, 3, 7, находящимися в обоямах 5. Пружинами 9 ролики постоянно поджимаются

к наклонным плоскостям кареток. Пружина 6 служит для возврата подвижной каретки в исходное состояние. Рычаг 10 служит для передачи движения (усилия привода) от главного вала пресса.

При повороте рычага против часовой стрелки корпус подвижной каретки 4 перемещается влево, ролики 2, 3 заклиниваются в пазах, зажимая ленту 1. Подвижная каретка 4 вместе с лентой перемещается влево. При обратном движении рычага каретка 4 под действием возвратной пружины 6 перемещается вправо, а ролики 2, 3 выкатываются в расширенную часть гнезд и освобождают ленту. Для предотвращения обратного перемещения ленты используется неподвижная каретка 8, ролики 7 которой при обратном движении ленты заклиниваются и тормозят ее.

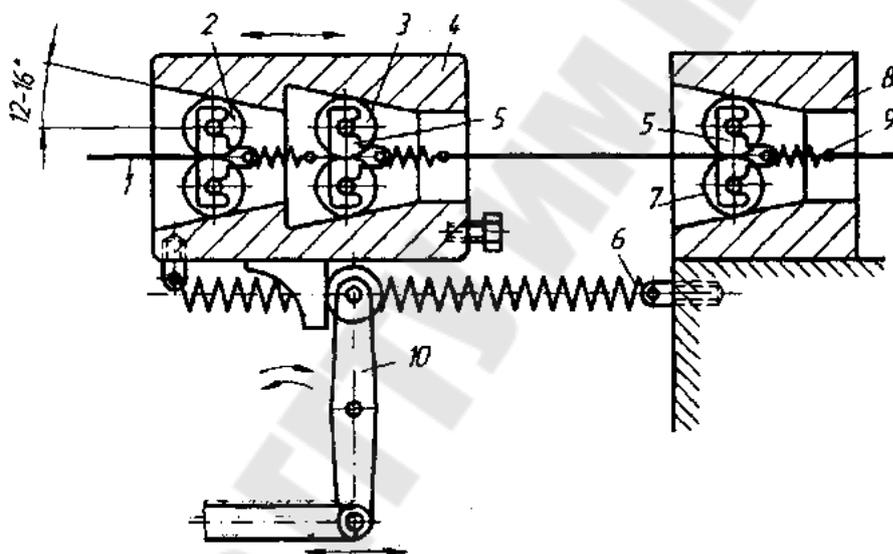


Рис.51 - Клино-роликовая подача

Для первоначальной заправки ленты ролики расклинивают специальным рычагом, смонтированным на каретке. Надежность захвата и подачи обеспечивается установкой двух-трех пар роликов в подвижной каретке, это также уменьшает контактные напряжения

На рис.52 приведена нормализованная клино-роликовая подача, конструкции ЭНИКМАШ.

Лента подается между двумя войлочными губками 6, которые очищают ленту от грязи, и проходит через валики 4 с обмотками из войлока, где производится смазка. Привод валиков осуществляется через протягиваемую ленту, а нижний, валик находится в ванне с маслом. Конструкция валиков и губок позволяет пропускать через них ленту разной толщины.

После очистки и смазки лента проходит через фиксирующую и

подающую каретки. В зависимости от ширины ленты при помощи болтов регулируется расстояние между роликами.

Подающая каретка при помощи рычагов передвигается вправо в момент подъема ползуна. За счет клинового захвата ролики протягивают ленту вперед на шаг подачи. При штамповке подающая каретка возвращается в исходное положение, ролики автоматически освобождают ленту. В этот момент фиксирующая каретка не дает сместиться ленте при обратном ходе. Угол наклона площадок сухарей 9-12°, а диаметр роликов - 15 мм. Регулировка величины подачи производится при помощи регулировочного винта 10 перемещением пальца 9 по планшайбе 12.

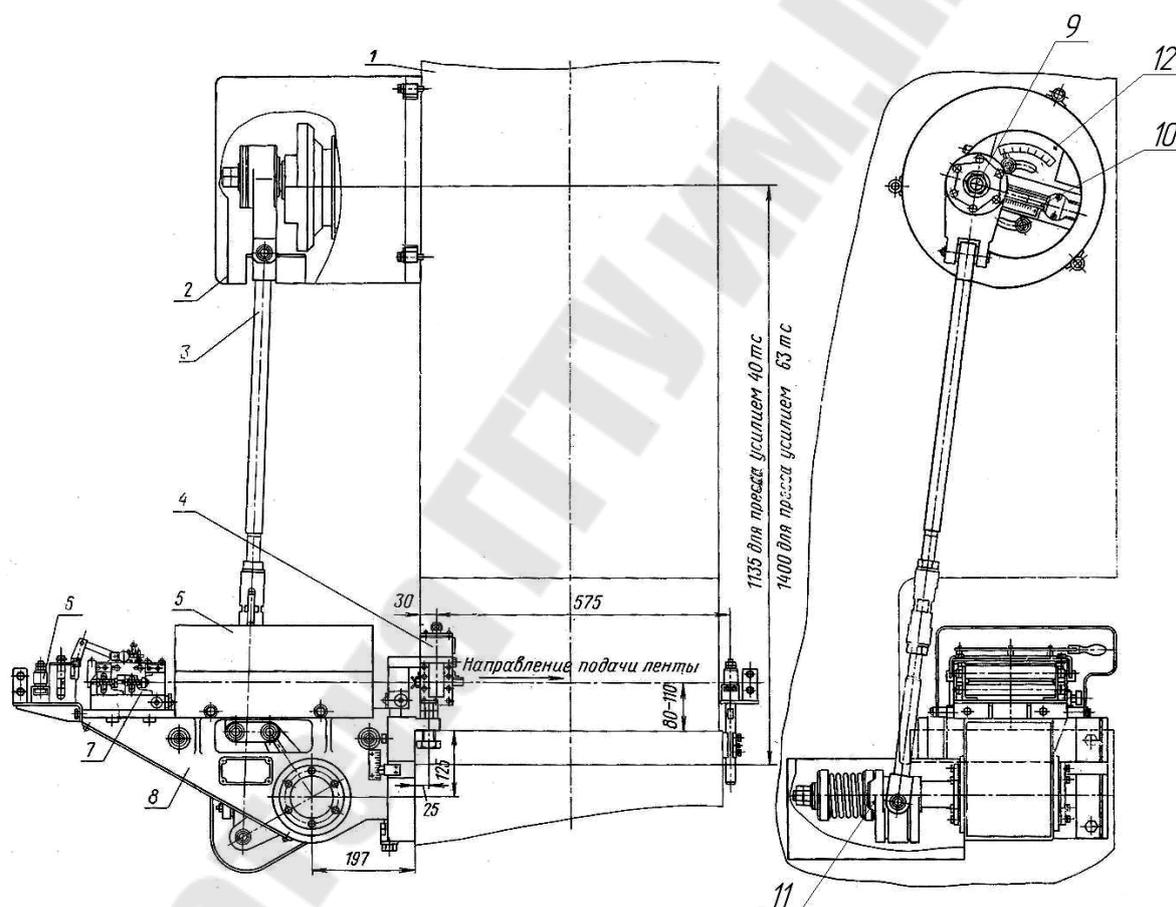


Рис. 52 - Общий вид модели РКП11: 1- пресс, 2 - ограждение привода, 3 - привод, 4 - устройство для смазки ленты, 5 - ограждение, 6 - устройство для очистки ленты, 7 - каретка, 8 - привод каретки, 9 - палец, 10 - регулировочный винт, 11 - муфта предохранительная, 12- планшайба

5.3.6 Крючковая подача

Крючковые подачи предназначены для подачи полос и лент в зону обработки. В зависимости от способа передачи движения крючку, который осуществляет захват и перемещение полосы или ленты, различают работающие от вала, ползуна пресса и верхней плиты штампа.

Крючковые подачи бывают только тянущего типа и применяются для перемещения ленты при раскрое с перемычками.

Максимальная ширина подаваемого материала - до 150 мм, толщина подаваемого материала 0,3-5 мм, максимальный шаг подачи - до 500 мм. При более тонком материале может произойти разрыв перемычки в подаваемом материале, при более толстом - возможна поломка крючка. Крючковые подачи устанавливаются на прессах с числом ходов до 200 мин⁻¹.

На рис.53 показана крючковая подача с приводом от ползуна пресса.

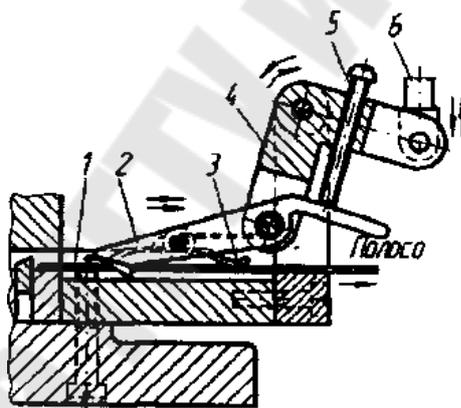


Рис.53 - Крючковая подача с приводом от ползуна пресса: 1 – лента, 2 – крючок, 3 – фиксатор, 4 – рычаг-балансир, 5 – болт, 6 – тяга, связанная с ползуном пресса

На начальном этапе материал вручную заводится в штамп и в нем производится вырубка. После нескольких ходов пресса с ручной подачей материала в одно из отверстий, которое образовалось после вырубки, заводится крючок 2, и подача начинает работать автоматически. При перемещении тяги 6; связанной с ползуном пресса, вверх, т.е. при обратном ходе пресса, рычаг-балансир 4 поворачивается против часовой стрелки, перемещая при этом крючок 2. Крючок 2, цепляясь за перемычку ленты 1, перемещает её вправо на шаг подачи. При обратном перемещении тяги, т.е. при рабочем ходе ползуна прес-

са, рычаг-балансир поворачивается по часовой стрелке. Крючок 2 начинает перемещаться влево. Рабочий конец крючка при движении влево доходит до предыдущей перемычки и перескакивает через неё. Фиксатор 3 служит для предотвращения обратного перемещения ленты при обратном ходе крючка. С помощью болта 5 выполняется принудительный подъём крючка 2 при его обратном ходе.

Недостатки: крючковые подачи узкоспециализированные, и в них практически невозможно регулировать шаг подачи.

5.3.7 Ножевая подача

Ножевые подачи предназначены для перемещения ленточного материала в зону обработки и из нее при выполнении операции вырубки, пробивки, гибки, неглубокой вытяжки, формовки.

Схема ножевой подачи с приводом от ползуна прессы приведена на рис.54.

Под действием клина подвижная каретка перемещается влево. Ножи 6 внедряются в ленту удерживая ее неподвижной. Ножи 4 будут проскальзывать по поверхности ленты. При ходе ползуна и клина вверх под действием пружин 8 подвижная каретка перемещается вправо в направлении перемещения ленты. Ножи 4 перемещают на один шаг ленту, ножи 6 – проскальзывают.

При движении захвата справа налево ножи внедряются в заготовку и перемещают заготовку на шаг, и когда корпус перемещается слева направо ножи проскальзывают по заготовке. Угол заострения ножа выбирают из условия:

$$tg\gamma \leq f_{ysl}, \quad \gamma \leq 16\dots 22^{\circ}, \quad f_{ysl} = 0,3\dots 0,4 \quad (23)$$

где f_{ysl} - условный коэффициент трения.

Толщина подаваемого материала при расположении ножей по торцу 2-5 мм, при расположении ножей по рабочей поверхности 0,5-2 мм.

Привод может быть от кривошипного вала, от ползуна или верхней плиты штампа.

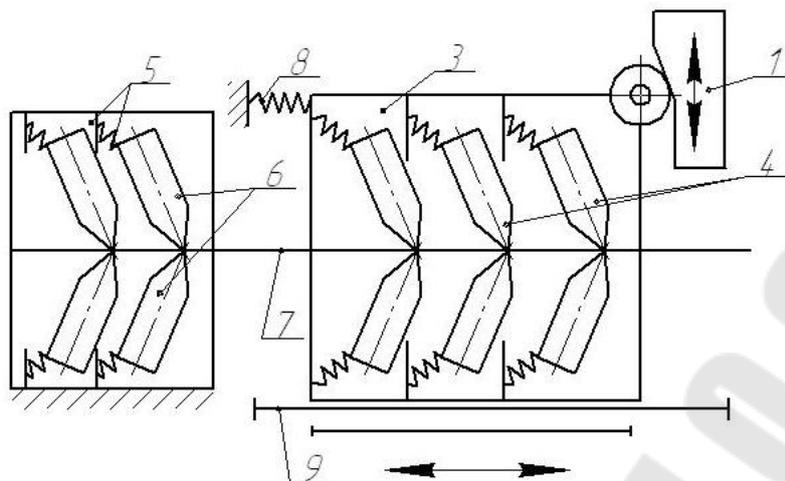


Рис.54 - Схема ножевой подачи с приводом от ползуна прессы 1- клин, 2-ролик, 3-подвижная каретка, 4-ножи подвижной каретки, 5- неподв-я каретка, 6 - ножи неподвижной каретки, 7-лента, 8-пружины, 9-направляющие

Достоинства: обеспечивает максимальное тяговое усилие, большие развиваемые ускорения, более широкий диапазон толщин подаваемого материала $s=0,5...5$ мм.

Недостатки: неэффективно при подаче твердого материала, неэффективно при затуплении ножей, вмятины на поверхности, в связи с этим при толщине материала 2...5 мм применяют расположение ножей по краям, в таком случае при вырубке с перемычками вмятины будут оставаться на перемычках.

5.4 Устройства для подачи штучного материала

Наряду с подачей непрерывного материала на производстве применяется большое количество устройств для периодической подачи штучных заготовок. В данных устройствах должно обеспечиваться определенное положение подаваемых штучных заготовок в соответствии с темпом штамповки и определенная ориентация их перед подачей в штампы. Поэтому они более сложны по своей конструкции в отличие от подач для непрерывного материала.

Для комплексной механизации и автоматизации штамповки в зависимости от формы и размеров деталей, величины партии и рода

производства применяются следующие автоматические устройства: загрузочные, подающие (питатели), удаляющие, стапелирующие и транспортирующие.

Общая схема классификации автоматических устройств для подачи штучных заготовок приведена в таблице 5.

Таблица 5 -Классификация автоматических устройств для подачи штучных заготовок

Автоматические устройства				
Загрузочные	Подающие и передающие	Удаляющие	Стапелирующие	Транспортирующие
Бункеры, магазины	Питатели: шиберные; револьверные; грейферные; комбинированные; промышленные роботы	Сбрасыватели; выносящие устройства; промышленные роботы	Склизы; стержни; кассеты с подъемным механизмом;	Желобы; скакты; транспортеры; вибрационные лотки; промышленные роботы

Загрузочные автоматические устройства осуществляют загрузку питателя заготовками в ориентированном положении. Подающие и удаляющие устройства предназначены для подачи ориентированных заготовок в зону штамповки и их удаления. После штамповки заготовки стапелируются или транспортируются к следующему автоматическому устройству.

Автоматические устройства для обработки штучных заготовок могут монтироваться на оборудовании, т.е. быть универсальными, или непосредственно в оснастке, т.е. быть специализированными. В последнем случае устройства имеют привод от инструмента и просты по своей конструкции. Это позволяет применять специализированные автоматические устройства в серийном и крупносерийном производстве. Универсальные автоматические устройства ввиду их универсальности могут выполнять несколько операций благодаря наличию приспособлений для переналадки устройства, а также для отключения его при невозможности использования.

5.4.1 Бункерные загрузочные устройства

Бункеры предназначены для захвата заготовок из общей массы из бункерной чаши, ориентирования в пространстве и выдачи их по заданной программе. Они нашли широкое применение в крупносерийном и массовом производстве мелких деталей из штучных заготовок простой геометрической формы.

В бункерах в зависимости от типоразмера изделий и характера производства заготовки ориентируются и захватываются поштучно, группой и потоком. Данные устройства относятся к автоматическим ориентирующим устройствам и состоят из захватного органа, средств ориентации и переориентации, преобразующего механизма, привода и системы управления и блокировки.

Тип и конструкция АБЗООУ определяется следующими основными признаками:

1. Способом захвата и типом захватных органов.
2. Способом подготовки заготовок к захвату.
3. Способом ориентаций в нужное положение.
4. Способом выдачи заготовок из захватных органов в приемник.

Основными захватными органами АБЗООУ являются захватные органы типа крючков, типа карманов и гравитационные захватные органы, причем захват заготовок производится за внутреннюю, наружную или одновременно за внутреннюю и наружную поверхности.

Бункеры могут выполняться односекционными и двухсекционными. Односекционные бункеры (рис.55, а) содержат захватно-подающие механизмы в емкости, загружаемой штучными изделиями. В процессе работы эти механизмы производят интенсивное ворошение всей массы изделий, что может вызвать их повреждение (появление на поверхности потертостей, царапин, забоин, вмятин). В двухсекционных бункерах (рис.55,в) загрузка изделий осуществляется в одну секцию, которая называется предбункером 1, а захватно-подающие механизмы располагаются во второй секции – бункере 2. При этом предбункер от бункера отделяется заслонкой 3, положением которой регулируется интенсивность потока пересыпающихся изделий. При таком исполнении в предбункер можно загружать большую массу изделий и подавать их в бункер требуемым потоком, а приданием донной части бункера оптимальной формы можно улучшить предварительное ориентирование и захват изделий. Для повышения

надежности пересыпания изделий предбункер делают иногда качающимся.

Наиболее широко применяются бункеры ковшеобразной, цилиндрической и конусной формы.

Если захватно-подающий механизм представляет собой вращающийся диск 1 (рис.55, а) с профильными вырезами, то его обычно располагают в донной части бункера 2, имеющего форму усеченного цилиндра, а для надежной выдачи заготовок в лоток 3, такой бункер устанавливают под соответствующим углом к горизонту.

При применении возвратно-поступательно перемещающегося шибера группового захватно-подающего механизма 1 (рис.55,б), бункер 2 выполняется с наклонным дном 3 или ковшеобразной формы, а если захватно-подающий механизм представляет собой вертикально перемещающуюся трубку или штырь, то донная часть у бункера выполняется в виде конической воронки.

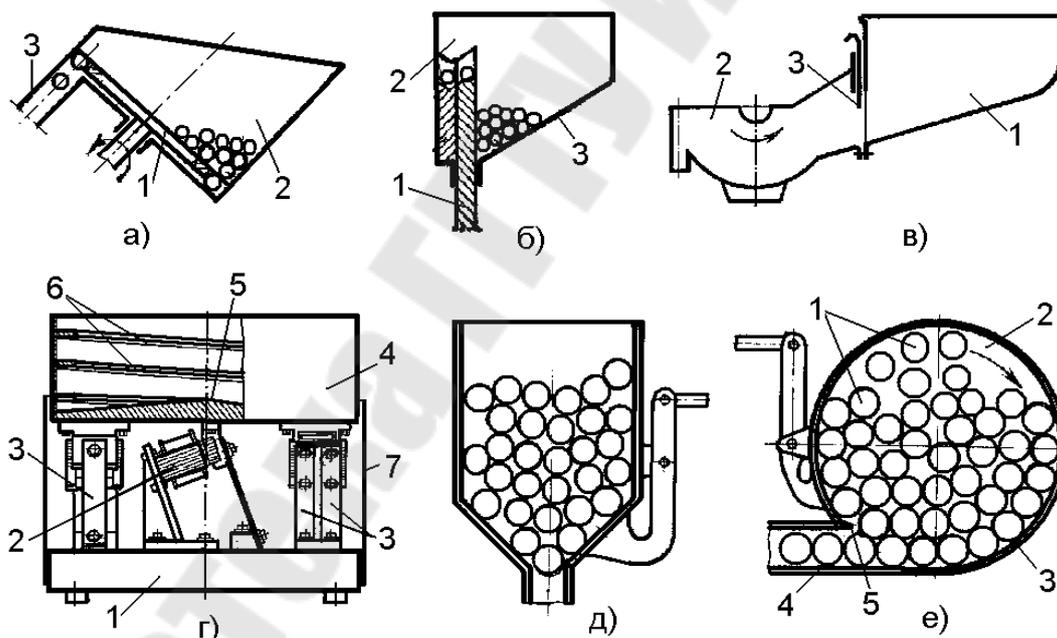


Рис.55 - Конструктивные исполнения загрузочных устройств

В дисковых фрикционных загрузочных устройствах (рис.55,е) изделия 1 загружаются или подаются на непрерывно вращающийся горизонтальный диск 2, где под действием центробежной силы постепенно перемещаются по его поверхности к неподвижной охватывающей обечайке 3. При этом на одном из участков стенки обечайки выполняется окно, соединяющееся с отводящим лотком 4, и изделия

направляются в него систематизированным потоком с помощью отсекающей планки 5 из сопрягающегося с обечайкой крайнего ряда. Такие вращающиеся столы успешно используются для загрузки, например, плоских и объемных круглых изделий (прокладок, крышек, банок).

Бункерные вибрационные загрузочные устройства (рис.55,г) характеризуются тем, что изделия загружаются в них навалом, а затем под воздействием вибрации перемещаются на спиральный лоток и в процессе движения по нему упорядочиваются в систематизированный поток с одновременным первичным или полным ориентированием. При этом регулирование скорости движения изделий в бункере может осуществляться бесступенчато в широком диапазоне. Наиболее широкое распространение получили вибробункеры с электромагнитным приводом. Они состоят из основания 1, к которому крепятся электромагнитный привод 2 и наклонные стержневые или плоские пружины (рессоры) 3, несущие цилиндрический бункер 4 с конусным дном 5 и спиральным лотком 6 на обечайке. При этом привод с основанием располагаются в звукоизолирующем кожухе 7. Движение изделий по спиральному лотку осуществляется в результате взаимодействия сил инерции, тяжести и трения при гармоничных колебаниях бункера на упругих наклонных рессорах с амплитудой A и круговой частотой ω от электромагнитного привода.

Разнообразные *захватно-подающие механизмы*, обеспечивающие выдачу изделий из загрузочных устройств систематизированным потоком с их предварительным ориентированием, в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на следующие.

- Дисковые с профильными вырезами (рис.56, а-в), карманчиками (рис.56, г) и поворотными механизмами; применяются выдачи цилиндрических, круглых плоских, многогранных, шарообразных и им подобных изделий.

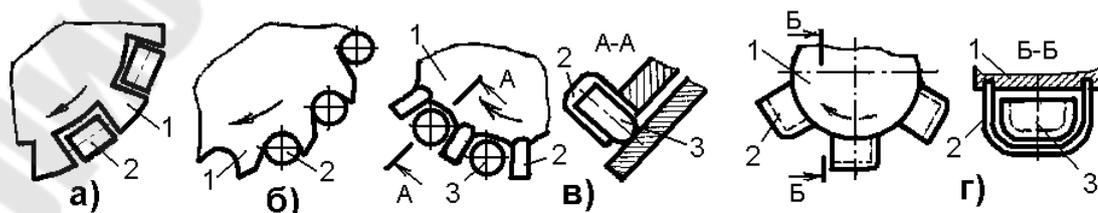


Рис.56 - Конструктивные исполнения дисковых захватно-подающих механизмов

- Крючковые (рис.57, а-б) и штыревые (рис.57, в-г), которые применяются для выдачи разнообразных полых изделий типа колпачков, а также деталей содержащих отверстия, выемки и пазы.

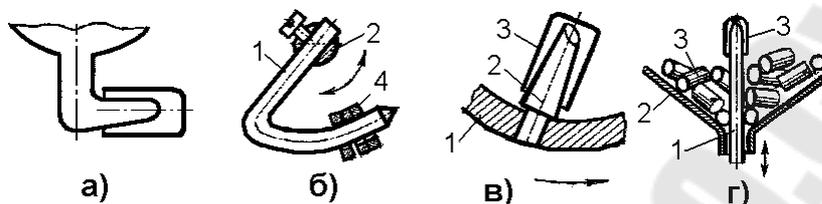


Рис.57 - Конструктивные исполнения крючковых и штыревых захватно-подающих механизмов

- Вибролотковые, включающие разнообразные спиральные дорожки, располагающиеся обычно в вибробункерах. Под воздействием вибрации они осуществляют захват из бункера загружаемых навалом изделий, а также их поточное транспортирование с одновременным упорядочиванием в систематизированный однослойный поток и предварительным или полным ориентированием. По конструктивному исполнению вибробункеры подразделяются на цилиндрические (рис.58, а), конические (рис.58, б) и комбинированные (рис.58, в), в которых изделия захватываются из конического бункера-накопителя спиральной дорожкой, выполненной на внешней стороне соосного с ним вертикального цилиндра. Форма и размеры несущей поверхности спиральной дорожки вибробункера определяется конфигурацией и размерами подаваемых изделий (рис.58, г-л). Она должна обеспечивать формирование однослойного систематизированного потока из подаваемых изделий с удалением неправильно расположенных или образующих второй слой.

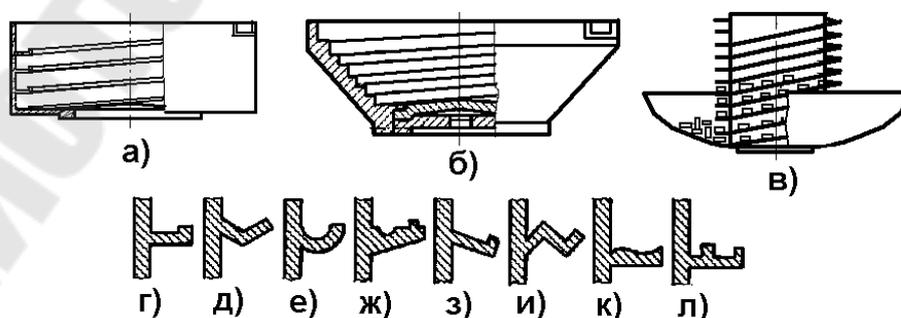


Рис.58 - Конструктивные исполнения вибролотковых захватно-подающих механизмов

Исполнение захватно-подающих механизмов взаимосвязано с конструкцией выдаваемых изделий, а их совершенством во многом определяется производительность и надежность работы БЗОУ.

Производительность АБЗОУ, его качество работы в большей мере зависит от правильного выбора способа подготовки заготовок к захвату. Основными признаками, по которым производится группировка способов подготовки заготовок к захвату, являются: вид сил, осуществляющих подготовительное движение; по конструктивным особенностям бункера; по направлению подготовительного движения; по характеру подготовительного движения заготовок.

По способам ориентирования заготовок АБЗОУ подразделяются на три группы:

1. Ориентирование заготовок в захватных органах производится в один прием, т.е. захват только в одном направлении и с возвращением обратно в бункер неправильно ориентированных заготовок.
2. Ориентирование заготовок в органах захвата в два или несколько приемов, когда вторичное ориентирование осуществляется в самих захватных органах.
3. Вторичное ориентирование осуществляется в дополнительном устройстве.

5.4.2 Магазинные загрузочные устройства

Магазинные загрузочные устройства относятся к неавтоматическим ориентирующим устройствам, где ориентация производится при загрузке вручную.

Магазины применяются в серийном производстве для подачи заготовок значительных размеров в случае, если из-за сложной конфигурации заготовок трудно изготовить надежно действующий бункер, или когда интенсивное ворошение заготовок в бункере приводит к повреждению поверхностей детали или изменению формы.

Магазины предназначены для накопления изделий, поступающих в ориентированном положении из внецикловых загрузочных устройств и их одновременной выдачи на приемную позицию технологического оборудования, работающего в заданном ритме. То есть с их помощью работа внецикловых загрузочных устройств согласовывается

ся с требуемой производительностью циклового технологического оборудования. Периодическая загрузка изделий в магазины может производиться и вручную, а их поштучная или групповая подача из магазинов обычно производится механизмами выдачи изделий, работающими в едином ритме с питаемыми цикловыми автоматами. Механизмы выдачи в процессе работы принимают из магазина одно изделие или группу изделий и производят их выдачу на приемную позицию с заданным ритмом и требуемой точностью позиционирования. Магазины применяются также в качестве промежуточных приемников-накопителей в автоматических поточных линиях, для обеспечения их непрерывной работы при кратковременной остановке отдельных агрегатов.

По конструктивному исполнению магазины могут выполняться открытыми, полуоткрытыми и закрытыми; гибкими и жесткими; цельными и сборными; специализированными и переналаживаемыми; прямолинейными, криволинейными и спиральными (рис.59). Поперечное же сечение магазинов должно обеспечивать накопление и свободное перемещение по ним изделий в заданном сориентированном положении. Различают гравитационные магазины, в которых изделия перемещаются под действием собственного веса, и магазины с принудительным перемещением изделий.

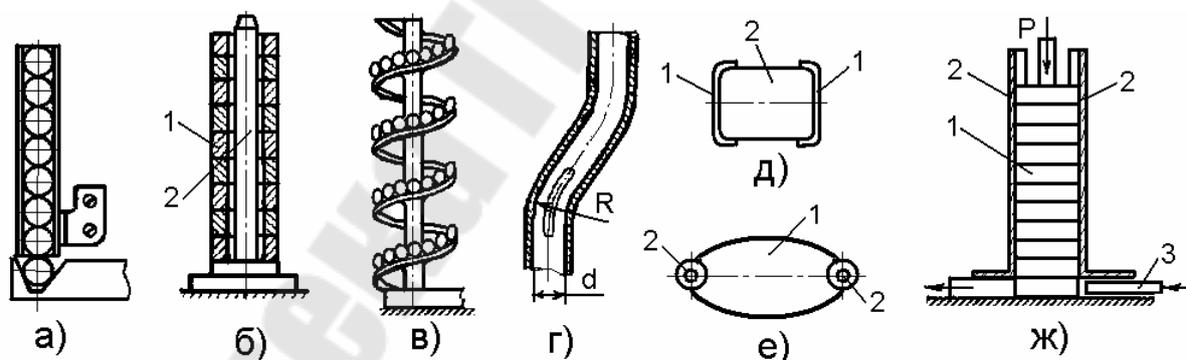


Рис.59 - Конструктивные исполнения магазинов

Прямолинейные магазины (рис.59, а-б) по конструктивному исполнению являются наиболее простыми. Для удобства наблюдения за наполняемостью магазинов в их стенках, образующих канал, выполняют вертикальные окна или магазины выполняют полуоткрытыми (рис.59, д). В переналаживаемых магазинах стенки 1 (рис.59, д) образующие канал для изделий 2 могут выполняться раздвижными. Спиральные (рис.59, в) магазины обычно обладают большой вместимо-

стью и применяются для накопления объемных изделий типа тел вращения (шарообразных, цилиндрических, конических, овальных). Трубочатые магазины выполняются прямыми и изогнутыми (рис.59, г), а также жесткими (из металлических труб) или гибкими (витыми из проволоки, из шлангов). Стержневые (штыревые) магазины (рис.59, е) применяются для накопления плоских изделий 1, содержащих элементы фиксации стержневыми направляющими 2 на наружном контуре или на плоской поверхности в виде сквозных отверстий. В магазинах шахтного типа (рис.59, ж) ускоренное принудительное перемещение стопы изделий 1 в направляющих 2 к шиберному механизму выдачи 3 осуществляется дополнительно действующей на нее силой P , создаваемой грузом, пружиной или штоком пневмоцилиндра. Для поштучной или групповой выдачи изделий магазины обычно оснащаются соответствующими механизмами, работающими в едином ритме с питаемыми цикловыми автоматами.

5.4.3 Шиберные питатели

Шиберными питателями осуществляется поочередная выдача из стопы в кассете нижнего изделия в направлении, совпадающем с направлением движения шибера – исполнительного механизма, совершающего прямолинейные возвратно-поступательные или маятниковые движения. В процессе работы питателя шибер принимает из стопы нижнее изделие и перемещает его на приемную позицию, одновременно перекрывая своей сопрягающейся поверхностью канал кассеты. После рабочего хода шибер возвращается в исходное положение, канал кассеты открывается, стопа изделий опускается на рабочую плоскость питателя и цикл повторяется. Обычно такие питатели применяют для подачи изделий с плоскими противоположными поверхностями толщиной от 0,2 до 50 мм и размерами в направлении движения до 150 мм. Шиберы в них могут выполняться открытыми и закрытыми. Наиболее распространенными являются открытые шиберы, перемещающие изделия своей передней торцевой поверхностью. Их применяют для подачи изделий простой конфигурации имеющих толщину более 1 мм. В закрытых шиберах выполняется окно или выемка (трафарет) с контуром адекватным конфигурации подаваемого изделия. В исходном положении нижнее изделие принимается из стопы в трафарет такого шибера, а затем подается в нем на приемную

позицию. Применяются эти шиберы для подачи изделий сложной конфигурации, плохо сохраняющих заданную ориентацию и толщиной менее 0,8 мм.

Изделия на приемную позицию шиберным питателем могут подаваться тремя способами: поштучно, дорожкой и ступенчато (каскадом).

При поштучной подаче изделий 1 (рис.60, а) на приемную позицию, находящуюся на расстоянии l от стопы в кассете 2, достигается точное позиционирование изделия, но шибер 3 при этом совершает большой ход $S_{ш}$, вычисляемый по формуле:

$$S_{ш} = l + a + \delta, \text{ мм} \quad (24)$$

где l – расстояние от стопы изделий до приемной позиции, мм;
 a – размер изделия в направлении подачи, мм;
 δ – зазор между стопой и торцом шибера; принимается 3 – 5 мм.

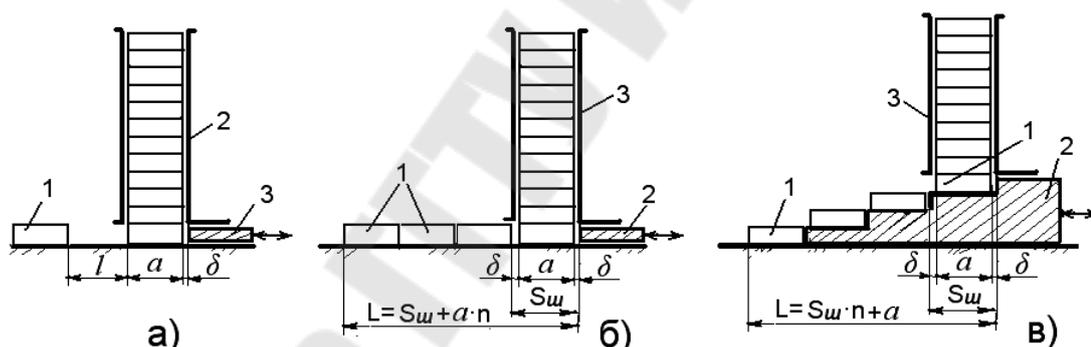


Рис.60 - Схемы способов подачи изделий шиберными питателями

Подача дорожкой (рис.60, б) позволяет перемещать изделия 1 малым ходом шибера 2 на значительно удаленную от кассеты 3 приемную позицию. Однако при этом не обеспечивается высокая точность позиционирования подаваемых изделий, так как погрешности размера a , находящихся в дорожке изделий, суммируются. При ступенчатой подаче нижнее изделие 1 (рис.60, в) забирается каскадным шибером 2 из стопы в кассете 3, и при каждом его очередном рабочем ходе продвигается вперед на шаг $S_{ш}$, переходя при этом на более низкую ступень каскада и позиционируясь по ее торцевой поверхности. На приемную же позицию изделие продвигается торцом последней ступени шибера. В результате малым ходом каскадного шибера

обеспечивается подача изделий на значительно удаленную от кассеты 3 приемную позицию с высокой точностью их позиционирования.

В таблице 6 приведены основные характеристики шибберных подач в зависимости от привода.

Таблица 6 - Характеристика шибберных подач

Привод	Механизм перемещения привода	Максимальный ход шиббера, мм	Наибольший размер заготовки	Максимальное число ходов прессы в мин
Механический	Клиновой	50	20	150
			50	100-120
	Рычажный	70	20	150
			70	100-120
	Реечный	150	70	50-70
			150	30-50
	Роликовый	30	20	120
			30	80
	Тросиковый	150	60	50-70
			150	30-50
	Байонетный	60	20	120
			60	60
Пневматический	Непосредственное присоединение	100-120	100	100-120
	Реечный	200	100	80-120

Шибберные подачи отличаются простотой конструкции и надежностью в работе, однако особые требования предъявляются к качеству заготовки, которая во избежание застревания в магазине должна обладать высокой плоскостностью и не иметь заусенцев на кромках.

5.4.4 Револьверные питатели

Револьверные питатели широко применяются для подачи заготовок небольших размеров любой формы. Револьверные подачи при-

меняются для подачи плоских заготовок толщиной свыше 0,5 мм, а также объемных диаметром до 60 мм, в виде самостоятельных механизмов или в комбинации с другими устройствами: магазинными и бункерными для штучных заготовок или с устройствами для подачи полос и лент, когда револьверный диск автоматически загружается заготовками и служит для передачи их с операции на операцию.

Револьверные питатели состоят из следующих основных узлов и механизмов: привода, преобразующего механизма с механизмом периодического движения, револьверного диска - выполняющего транспортные функции и функцию основания для установки инструмента, а также системы управления и блокировки.

В револьверных питателях исполнительным механизмом является диск, который установлен на оси и дискретно поворачивается в требуемом ритме на заданный шаг (угол поворота) вместе с расположенной на нем стационарной или сменной кассетой. Кассеты таких питателей обычно также выполняются в форме плоских дисков, в которых по диаметру делительной окружности с заданным шагом располагаются гнезда, обеспечивающие фиксацию загружаемых изделий.

Диаметр окружности центров гнезд в диске (рис.61) вычисляется по формуле:

$$D_0 = \frac{d + t}{\sin(\alpha/2)}, \text{ мм} \quad (25)$$

где d – диаметр гнезда, мм;

t – ширина перемычки между гнездами по окружности центров гнезд, мм;

$\alpha = 360/z$ – угол поворота диска за один цикл, градусы;

z – количество гнезд в диске.

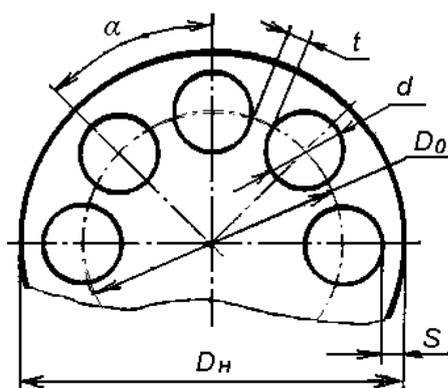


Рис.61 - Расчетная схема револьверного диска

Размеры гнезд определяются номинальными размерами и допусками укладываемых изделий. При точном позиционировании изделия в гнезде величина одностороннего зазора не должна превышать половины допуска на соответствующие габаритные размеры изделия.

Привод механизмов периодического движения диска осуществляется от вала или ползуна пресса (ременной, цепной, рычажной и др.), от штампа (храповой, байонетный, получервячный, мальтийский), а также может иметь индивидуальный привод на основе пневматических и гидравлических механизмов. Выбор схемы механизма периодического движения зависит от различных факторов, но главными из них являются тип привода и особенности применяемых механизмов периодического движения.

Механизмы торможения в револьверных питателях предотвращают инерционное вращение диска и выполняются в виде постоянно действующего колодочного, дискового или ленточного тормозного механизма.

Механизмы фиксации обеспечивают в свою очередь точное позиционирование револьверного диска или установленной на нем сменной кассеты с изделиями на рабочей позиции. Выполняются они в виде клиньев, цилиндрических или конических элементов, вводимых пружинными и другими индивидуальными приводами в адекватные выемки или отверстия диска в период его остановки.

В таблице 7 представлена характеристика револьверных подач в зависимости от механизма периодического движения и диска и применяемого привода.

Таблица 7- Характеристика револьверных подач

Наименование преобразующего механизма	Наименование привода механизма периодического поворота диска	Максимальный размер подаваемой заготовки	Число ходов пресса в минуту	Точность поворота диска, мм
Получервячный	Клиноременный или цепной от вала пресса; индивидуальный через редуктор	20	40-60	0,1-0,3
Мальтийский		60		0,2-0,5
Храповой	Кривошипно-рычажный; кулисно-рычажный; клиновой	60	30-40	0,2-0,6
		100	25-30	
		40	40-60	
	Байонетный	40	40-70	
Реечный	Клиновой	60	30-60	0,2-0,5

5.4.4 Грейферные питатели

Грейферные питатели применяются в массовом и крупносерийном производстве для передачи с одной позиции на другую ориентированных плоских и полых деталей при штамповке в последовательных штампах, при многопозиционной штамповке в нескольких однооперационных штампах. Грейферные питатели наиболее рационально устанавливать на универсальных блоках со сменными пакетами штампов для группы деталей, однотипных по конфигурации и технологии и близких по размерам.

Общая схема классификации грейферных питателей и схемы грейферных линеек представлены на рис.62. Захватный орган грейферных питателей выполняется двух типов: толкающим или клещевым – и обеспечивает одновременное перемещение нескольких деталей.

Загрузка грейферных питателей может производиться при помощи магазина, дополнительного револьверного питателя и дополнительного шибера питателя. Загружать питатель можно так же заготовками, поступающими от вырубного штампа, установленного на

первой позиции питателя. Пневматический привод грейферных подач обеспечивает большую плавность подачи заготовок по сравнению с механическим приводом, однако он надежно работает при наличии водоотделительного устройства и стабильности давления в магистрали.

По особенностям конструктивного исполнения грейферные подачи подразделяются на грейферные с поворотными толкателями, клавишными толкателями, клещами, колодками, трафаретами и др.

Грейферные с поворотными толкателями состоят из опорной плоской поверхности 1 (рис.62, а) на которой располагаются изделия 2, периодически продвигаемые вперед на заданный шаг толкателями 3, опирающимися на упоры 4 и шарнирно закрепленными на штанге 5, движущейся от кривошипно-шатунного привода 6. При обратном же ходе штанги 5 шарнирные толкатели 3 от взаимодействия с изделиями отклоняются вниз и проходят под ними, а затем под действием своих противовесов снова возвращаются в исходное вертикальное положение и цикл повторяется.

Транспортеры с клавишными толкателями состоят из опорной плоской поверхности 1 (рис.62, б) на которой располагаются изделия 2, периодически продвигаемые вперед на заданный шаг парными толкателями 3, шарнирно закрепленными на параллельных штангах 4 и удерживаемыми в рабочем положении пружинами 5. При обратном же ходе штанг 4 толкатели 3 от взаимодействия с неподвижными изделиями 2 расходятся, сжимая пружины 5, а затем возвращаются ими в исходное рабочее положение и цикл повторяется.

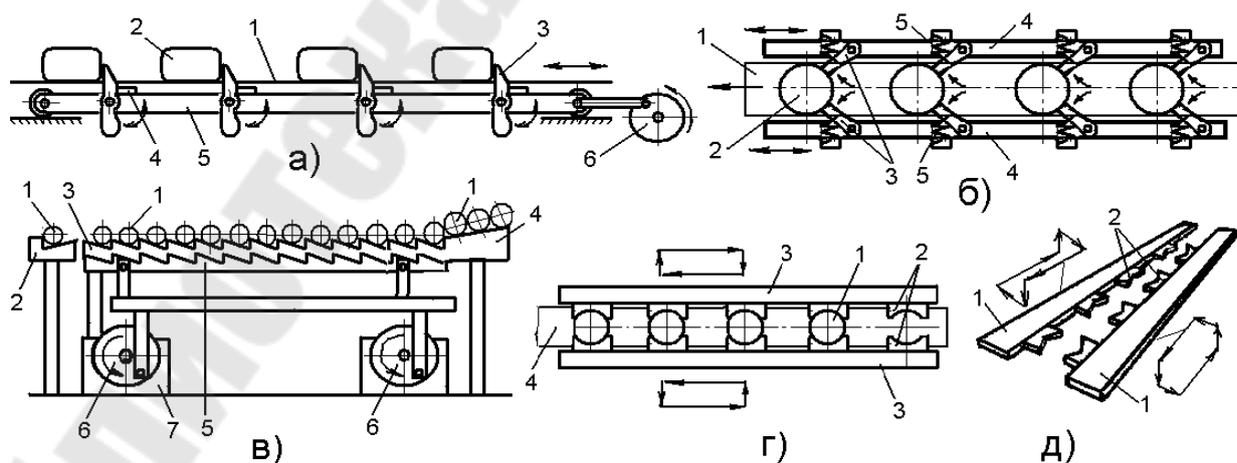


Рис.62 - Конструктивные исполнения транспортеров возвратно-поступательного действия

В грейферных питателях на рис. 62, г, д рабочими органами являются совершающие возвратно-поступательные движения грейферные линейки, которыми изделия перемещаются в шаговом режиме с одной позиции на другую с их захватом (клещами или зажимными колодками) или без захвата (например, полуоткрытыми трафаретами). В зависимости от решаемой задачи грейферные линейки у таких подач могут совершать одно-, двух- и трехкоординатные цикловые движения.

В однокоординатных грейферных линейки совершают только продольное цикловое возвратно-поступательное движение с продвижением изделий, например, клавишными захватами, аналогичным приведенным на рис. 62, б.

В двухкоординатных грейферных линейки совершают вертикальное или встречное горизонтальное движения для захвата изделий, далее продольное движение, для шагового перемещения изделий с позиции на позицию, и, завершая цикл, возвращаются в исходное положение. В частности, шаговое перемещение, например, сортового проката 1 (рис. 62, в) различных сечений и других изделий с их подачей на приемную позицию 2 обеспечивается двухкоординатным грейферным транспортером, содержащим несколько параллельных опорных зубчатых реек 3, сопрягающихся с магазином 4, между которыми аналогичные зубчатые грейферные линейки 5 совершают цикловые качательно-поступательные движения от кривошипных механизмов 6, установленных на приводах 7. В процессе вращения кривошипных механизмов 6 грейферные линейки 5 при вертикальном подъеме забирают с опорных реек 3 изделия 1 и последующим продольным ходом переносят на шаг вперед, а затем опускаются и возвращаются в исходное положение. При этом первое изделие укладывается на приемную позицию 2, а в освободившуюся выемку последних зубьев реек 3 из магазина 4 соскальзывает очередное изделие. После укладки по наклонным поверхностям неподвижных реек 3 изделия 1 соскальзывают к вертикальным опорным частям зубьев и точно позиционируются по ним для выполнения следующего цикла.

Для взятия же изделий 1 (рис. 62, г) механическими захватами 2, грейферные линейки 3 в двухкоординатных транспортерах совершают вначале встречное горизонтальное движение, а затем продольным движением вперед продвигают их на шаг по плоской опорной поверхности 4. После этого грейферные линейки 3 расходятся и обрат-

ным продольным движением возвращаются в исходное положение.

В трехкоординатных транспортерах встречным движением грейферных линеек 1 (рис.62, д) осуществляется взятие захватами 2 транспортируемых изделий, вертикальным движением – их извлечение из гнезд (трафаретов) и обратная укладка, а продольным – шаговое перемещение изделий с позиции на позицию. Трехкоординатные грейферы наиболее универсальны, поэтому их можно применять для шагового перемещения изделий практически любой формы.

5.4.6 Механизмы поштучной выдачи заготовок (тактовые механизмы)

Данные механизмы предназначены для выделения отдельных заготовок из числа находящихся в лотке и передачи их в питатель в соответствии с ритмом штамповки. Конструкция механизма поштучной выдачи определяется формой и размерами заготовки, конструкцией лотка и прессы.

В частности, в механизме выдачи изделий простого действия поштучная выдача изделий 1 (рис.63,а) из магазина 2 в приемный канал 3 осуществляется, например, возвратно-поступательно перемещающимся толкателем 4. Поштучная доставка изделий 1 (рис.63, б) на приемную позицию из магазина 2 производится также в гнезде 3 возвратно-поступательно перемещающегося ползуна 4, которое в исходном положении ползуна сопрягается с каналом магазина 2 и принимает из него нижнее изделие. При движении же ползуна канал магазина закрывается его верхней сопрягающейся плоскостью. Поштучная выдача заготовок 1 (рис.63,в) из магазина 2 может осуществляться и возвратно-поступательно перемещающимся обрабатывающим инструментом автомата, например, пуансоном 3 вытяжного штампа. При этом в процессе рабочего хода пуансон 3 входит в полость нижней заготовки и проталкивает ее через боковое окно 4 магазина и далее матрицу штампа, одновременно перекрывая собой канал магазина. При возвращении пуансона в исходное положение, канал магазина открывается, стопа заготовок опускается до его дна, а затем цикл повторяется.

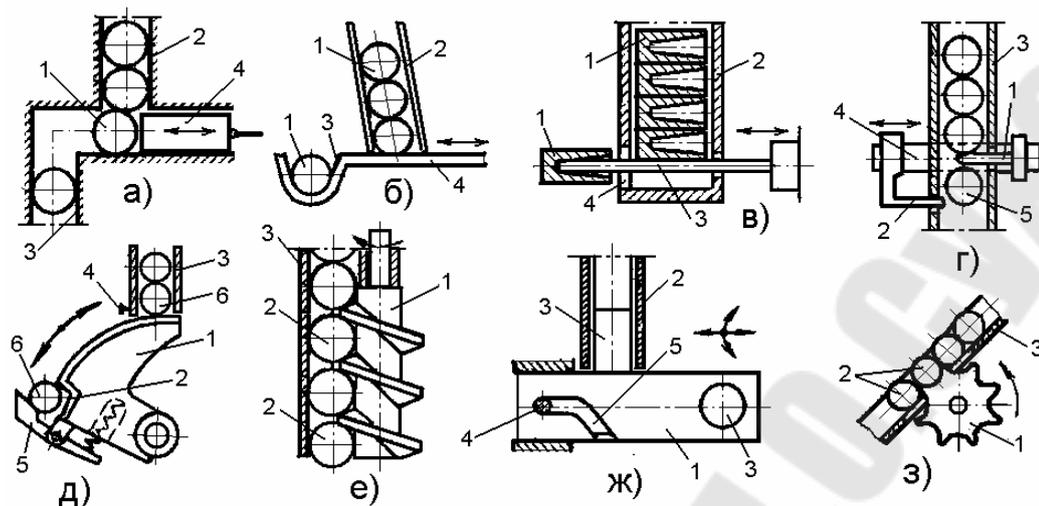


Рис.63 - Конструктивные исполнения механизмов выдачи изделий

Механизмы двойного действия содержат, например, два параллельных между собой штыря 1 и 2 (рис.63,г), проходящих через отверстия в стенках магазина 3 и закрепленных на возвратно-поступательно перемещающемся от привода ползуне 4. При поштучной выдаче расстояние между штырями принимается равным высоте одного изделия 5, а при групповой выдаче – соответственно равным сумме высот выдаваемой группы изделий. В процессе рабочего хода ползуна 4 вначале его верхний штырь 1 внедряется между изделиями и удерживает на себе стопу расположенных над ним изделий, а затем нижний штырь 2 выводится из канала магазина и освободившееся изделие 5 (или группа изделий) перемещается из него за счет силы тяжести на приемную позицию. При обратном ходе ползуна вначале нижний штырь 2 перекрывает канал, а затем верхний штырь 1 выводится из канала магазина, удерживаемая им стопа изделий перемещается до контакта с нижним штырем 2 и далее цикл повторяется.

В механизме колебательного движения (рис.63,д) секторный исполнительный механизм 1 в исходном положении сопрягается своим гнездом 2 с каналом магазина 3 и при отжатой упором 4 фиксирующей губке 5 принимает из него нижнее изделие 6. Затем при рабочем повороте сектора 1 подаваемое изделие 6 фиксируется в его гнезде 2 подпружиненной губкой 5 и переносится на приемную позицию, а канал магазина в это время закрывается снизу сопрягающейся торцевой поверхностью сектора.

В механизмах вращательного движения поштучная выдача из-

делий производится непрерывно или периодически вращающимся шнеком 1 (рис.63,е), за полный оборот которого осуществляется поштучный захват изделия 2 из магазина 3 и его одновременная выдача с заданным шагом на приемную позицию. Исполнительным механизмом в таких устройствах часто является и периодически поворачивающаяся от привода на заданный угол звездочка 1 (рис.63,з) в выемки которой изделия 2 поочередно западают из магазина 3, а после поворота выкатываются из них с заданным ритмом на приемную позицию.

В механизме с комбинированным движением гнездо ползуна 1 (рис.63,ж) в исходном положении сопрягается с каналом магазина 2 и принимает из него нижнее изделие 3. Затем срабатывающим приводом ползун выдвигается вперед и одновременно поворачивается относительно продольной оси на 90° от взаимодействия неподвижного штифта 4 с его спиральной направляющей канавкой 5. В результате такого совмещенного возвратно- поступательного и вращательным движения ползуна изделие 3 выдается им на приемную позицию с одновременной переориентацией в пространстве.

Наряду с рассмотренными имеются и многие другие исполнения магазинов и механизмов поштучной и групповой выдачи для самых разнообразных изделий.

6 АВТОМАТИЧЕСКИЕ УДАЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Удаляющие устройства предназначены для удаления готовых деталей из зоны штамповки, когда нельзя удалить их питателем, путем наклона прессы или штамповкой «напровал», и получили большое распространение при механизации кузнечно-штамповочного производства. Удаляющие устройства разбиты на две большие группы: сбрасывающие и выносящие.

6.1 Сбрасывающие устройства

Сбрасывающие устройства очень просты по конструкции и применяются в следующих случаях.

Пневматические сбрасыватели предназначены для удаления струей сжатого воздуха малых и средних по размеру и весу деталей в случае их свободного расположения на поверхности инструмента. Данные сбрасыватели работают от магистрали при давлении воздуха 4-6 атмосфер, приводятся в действие кулачком, кинематически связанным с валом или ползуном прессы. Для более тяжелых деталей может применяться пневмоцилиндр со штоком, сбрасывающим изделия. Пневматические сбрасыватели рациональнее применять для быстроходных прессов по 120-140 ходов в минуту.

Достоинства пневмосдува: простота устройства, низкая стоимость, универсальность.

Недостатки: повышенный шум, обязательное применение датчиков контроля удаления деталей из штампа.

Аналогичную применяемость получили пружинные сбрасыватели, где деталь выносится из зоны штамповки энергией предварительно сжатой пружины, которая может тем или иным способом мгновенно включиться в работу (рис.64).

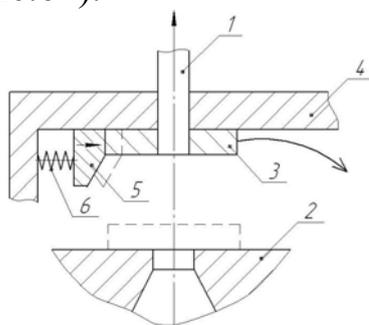


Рис.64 - Пружинный сбрасыватель: 1 – пунсон, 2 – матрица, 3 – деталь, 4 – съемник, 5 – толкатель, 6 – пружина

Рычажно-крючковые сбрасыватели применяются для удаления из штампа в направлении сбрасывания деталей небольших размеров из толстого материала или в универсальных штампах, либо при большом ходе ползуна.

Клиновые сбрасыватели используются, как правило, в гибочных штампах, где управление производится либо клином двойного действия, который перемещает сбрасыватель в обе стороны, либо односторонним клином, отводящим сбрасыватель в исходное положение, а рабочий ход его производится под действием пружины. Величина перемещения сбрасывателя ограничивается шириной клина.

Шиберные сбрасыватели используются на тихоходных прессах с числом ходов до 90 в минуту и имеют привод от ползуна или штампа. Удаление изделий производится путем проталкивания. Шиберные сбрасыватели применяются в вытяжных штампах.

Таким образом, выбор типа и конструктивного оформления сбрасывателя определяется формой и размерами изделий, характером технологической операции штамповки.

6.2 Выносящие устройства

Вопрос механизации и автоматизации удаления крупных деталей имеет большое экономическое значение за счет резкого сокращения числа работающих. Выносящие устройства применяются, когда после окончания обработки при размыкании штампа деталь перемещается вверх вместе с верхней частью штампа, а затем выталкивается из нее. Выносящие устройства представляют собой рычажные, рычажно-реечные, клиновые и другие механизмы, обеспечивающие введение лотка в раскрывшуюся зону штампа и после падения детали на лоток, удаление ее вместе с лотком из штамповой зоны.

Выносящие устройства чаще всего устанавливаются на тихоходных прессах.

Наиболее простыми устройствами для удаления крупных деталей из штампов являются рычажные устройства (рис.65).

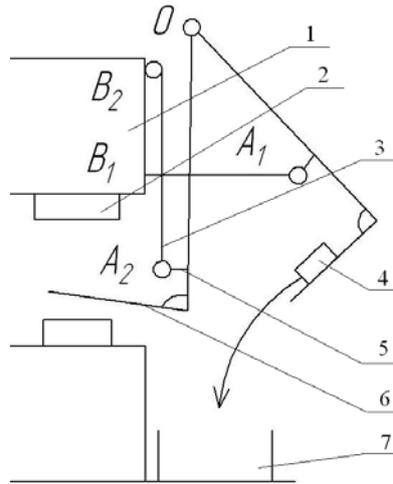


Рис.65 - Выносящее устройство к вырубному тихоходному прессу: 1 – станина прессы, 2 – ползун, 3 – тяга, 4 – деталь, 5 – рычаг, 6 – лоток, 7 – тара для деталей; OA_1B_1 – положение рычажной системы при нижнем положении ползуна; OA_2B_2 – положение рычажной системы при верхнем положении ползуна.

При ходе ползуна прессы вверх, тяга поворачивает рычаг, и лоток входит в штамповую зону, подхватывает вытолкнутую из верхней части штампа деталь. При ходе ползуна прессы вниз, тяга поворачивает рычаг в крайнее правое положение, при котором лоток оказывается вне зоны штампа и деталь из лотка падает в тару.

6.3 Устройства для стапелирования и кассетирования

Стапелирующие устройства осуществляют укладку в ориентированном положении деталей после обработки. Стапелирование деталей может производиться со свободным падением последних в кассетах, стержнях и склизах, а так же с принудительным перемещением заготовок в кассетах с подъемным механизмом.

Стапелирующие устройства выбираются в соответствии с формой и размерами деталей.

Устройства для стапелирования со свободным падением заготовок имеют простую конструкцию, но менее надежны в сравнении с устройствами с принудительным перемещением стапелируемых деталей. Последние позволяют стапелировать плоские детали различных форм и размеров.

Автоматическое кассетирование штучных заготовок 1 (рис.66,

а), которые в прессе 2 вырубаются на провал штампом 3 из полосового или ленточного материала 4, обеспечивается, в частности, простым приспособлением, содержащим криволинейный лоток 5, один конец которого сопрягается с провальным окном штампа 3, а второй – со сменной кассетой 6, установленной на подставке 7. В процессе работы вырубаемые заготовки 1 при очередном ходе ползуна пресса проталкиваются пуансоном штампа 3 через матрицу в криволинейный лоток 5 и постепенно стопую продвигаются по нему в сменную кассету 6 до ее заполнения. Лоток и кассета состоят из фланцев с профильными отверстиями, которые соединены между собой продольными направляющими, сохраняющими исходное положение заготовок. При этом в них от произвольного падения продвигаемые заготовки удерживаются специальными поджимающими плоскими продольными пружинами. При заполнении кассеты 6 пресс 2 по команде соответствующего датчика останавливается, и она заменяется пустой, а затем снова включается в работу.

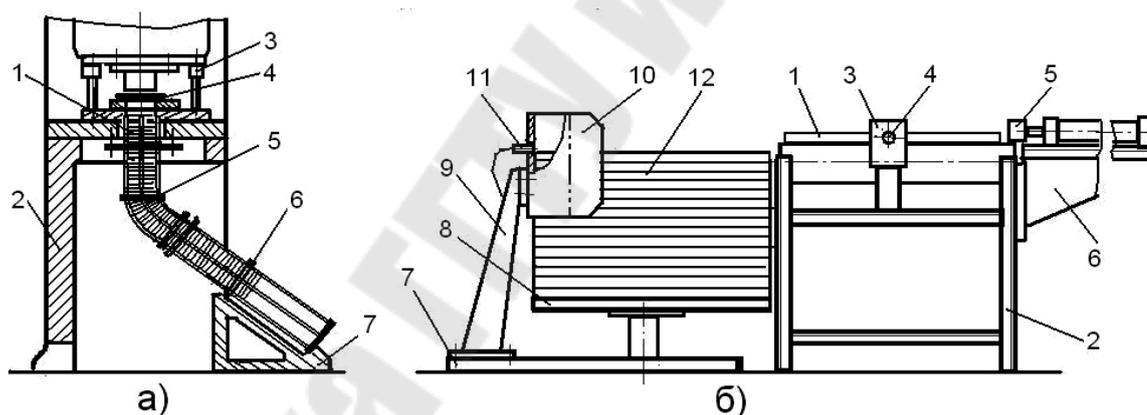


Рис.66 - Кассетирующее (а) и стапелирующее (б) устройства

Стапелирование разнообразных плоских изделий 1 (рис.66, б), выносимых из технологического автомата на транспортере 2, обеспечивается устройством, состоящим из закрепленной на торце транспортера упорной направляющей 3 с контактным датчиком 4, а также из установленных перед нею толкателя 5 на кронштейне 6 с одной стороны транспортера, а с другой стороны – стапелирующего устройства 7, содержащего вертикально перемещающийся приемный стол 8 и закрепленную на стойке 9 позиционирующую направляющую 10 с датчиком 11 верхнего уровня формируемой стопы 12. В процессе работы изготавливаемые изделия 1 поочередно выносятся транспорте-

ром 2 из технологического автомата до упора в направляющую 3. Срабатывающим при этом контактным датчиком 4 включается толкатель 5, который перемещает расположенное перед ним изделие 1 с транспортера 2 на приемный стол 8 до его контакта со стенкой направляющей 10 и датчиком 11, по команде которого включаемым приводом стол 8 перемещается вниз на толщину поданного изделия. Толкатель 5 в это время возвращается в исходное положение, и далее циклы повторяются до формирования на столе стопы заданной высоты.

Рассмотренные и многие другие разнообразные стапелирующие и кассетирующие устройства успешно эксплуатируются в производстве, а также для этих целей продолжают создавать и более совершенные новые машины.

7 ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И МЕХАНИЗМЫ

Транспортирующие устройства и механизмы обеспечивают:

- подачу объектов обработки, готовой продукции, упаковочных изделий, средств пакетирования и расходных материалов в технологические машины;
- их перемещение между исполнительными устройствами и механизмами внутри машин;
- вывод из машины обработанных объектов (полуфабрикатов, упаковочных единиц, транспортных пакетов и т. д.) и технологических отходов;
- перемещение изготавливаемой продукции к технологическому оборудованию последующих операций технологического цикла в поточных линиях и комплексах;
- выполнение дополнительных манипуляций, например, таких как кантование и поворот объектов обработки, разделение одного потока изделий на несколько, объединение нескольких потоков в один, изменение направления движения изделий, их группирование в ряды, слои, штабели и другие.

Подразделяются все транспортирующие устройства и механизмы на два основных вида: работающие в определенном заданном ритме (цикловые устройства) и на работающие вне цикла (внецикловые устройства).

По принципу действия и особенностям конструктивного исполнения транспортирующие устройства и механизмы подразделяются на:

- гравитационные транспортеры (с поверхностями скольжения и качения (роликовыми и шариковыми); вибрационные и струйные);
- конвейеры замкнутые (ленточные, ременные, цепные, пластинчатые, канатные);
- конвейеры не замкнутые (рольганговые, шнековые, винтовые, вибрационные, валковые);
- транспортеры круговые (карусельные, роторные, вибрационные; дисковые фрикционные, центробежные или с гнездами);
- транспортеры возвратно-поступательного действия (штанго-

- вые и грейферные);
- транспортеры пневматические (эжекционные, струйные открытые и закрытые);
 - транспортеры магнитные (с постоянным или бегущим магнитным полем);
 - комбинированные транспортирующие системы (парные ленточные, винтовые в паре с линейкой, ленточный в паре с плоскостью и другие);
 - дополнительные транспортирующие устройства (передающие, кантующие и поворачивающие объекты обработки, разделяющие один поток изделий на несколько, объединяющие несколько потоков в один, изменяющие направления движения изделий, группирующие изделия в ряды, слои, штабели и другие).

7.1 Гравитационные транспортеры

Гравитационные транспортеры являются наиболее простыми и дешевыми устройствами, в которых сыпучая продукция, а также разнообразные штучные плоские и объемные изделия перемещаются под действием собственного веса по наклоненным к низу поверхностям. При этом объемные изделия в форме тел вращения обычно катятся по их опорным поверхностям или перекатываются с проскальзыванием, а сыпучая продукция и плоские изделия перемещаются только за счет скольжения. Угол наклона транспортирующих поверхностей в таких устройствах определяется, прежде всего, коэффициентом трения между их опорной поверхностью и перемещаемым грузом. Надежное движение груза по опорным поверхностям транспортеров скольжения (рис.67,а) обычно устанавливается при достаточно больших углах их наклона к горизонту (не менее 30°). При меньших углах наклона грузы перемещаются в вибрационных гравитационных транспортерах (рис.67,б), в транспортерах с шариковыми или роликовыми опорными поверхностями качения (рис.67,в), а также в транспортерах с опорной поверхностью в виде воздушной подушки (рис.67,г).

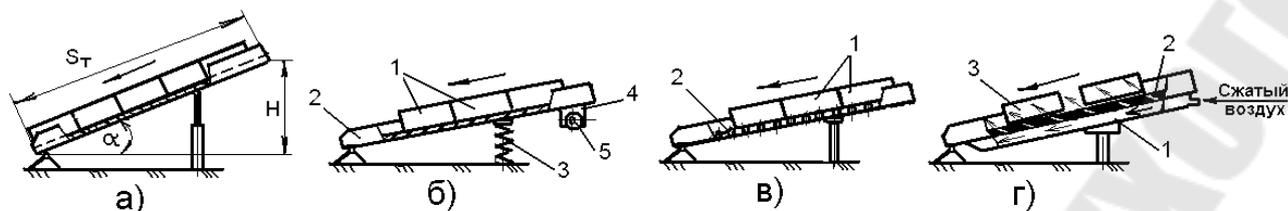


Рис.67 -Конструктивные исполнения гравитационных транспортеров

Движение грузов из состояния покоя по наклонной опорной поверхности гравитационного транспортера возможно при выполнении следующего неравенства:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq f, \quad (26)$$

где α – угол наклона к горизонту опорной поверхности гравитационного транспортера, град.;

f – коэффициент трения между перемещаемым изделием и опорной поверхностью транспортера.

Отсюда следует, что опорная поверхность транспортера должна быть наклонена к горизонту под углом

$$\alpha \geq \operatorname{arctg} f. \quad (27)$$

Вибрационные гравитационные транспортеры (рис.67, б) при меньших углах наклона обеспечивают более высокую скорость движения изделий 1 за счет их подбрасывания лотком 2, установленным на упругой подвеске 3 и вибрирующим от привода 4, который, например, в простейшем виде может представлять собою вращающийся на валу электродвигателя эксцентрический диск 5. В гравитационных транспортерах качения (рис.67, в) изделия 1 перемещаются по опорным поверхностям 2, образованным из свободно вращающихся роликов или шариков. Следовательно, сопротивление продвижению изделий в них обуславливается коэффициентом трения качения, который обычно в несколько раз меньше коэффициента трения скольжения. Это позволяет устанавливать такие транспортеры под углом наклона к горизонту в пределах $5 - 15^\circ$. Под такими же углами наклона устанавливаются и гравитационные транспортеры с воздушной подушкой (рис.67, г). Они состоят из пневмокамеры 1 у которой наружная опорная поверхность перфорирована мелкими отверстиями 2. В процессе

работы через эти отверстия из пневмокамеры непрерывно выходит подаваемый сжатый воздух, создающий под перемещаемыми изделиями 3 воздушную подушку, на которой они и перемещаются по наклонной поверхности транспортера.

Недостатки гравитационных транспортеров заключаются в том, что изделия по их наклонным поверхностям перемещаются только сверху вниз с возможностью достаточно сильных соударений между собою, а также в ограниченных возможностях регулирования скорости их движения. Регулирование скорости обычно производится изменением угла наклона опорных поверхностей на соответствующих участках, применением материалов с разными коэффициентами трения или с помощью установки специальных тормозных механизмов.

7.2 Конвейеры

Конвейеры это машины непрерывного действия, предназначенные для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов.

Наиболее распространенным видом таких фрикционных транспортирующих средств являются ленточные конвейеры (рис.68,а,б), широко применяемые для перемещения, как сыпучей продукции, так и штучных грузов. В приведенном для примера исполнении ленточный конвейер состоит из несущей рамы 1 (рис.68,а,б), закрепленной на основании 2 через шарнирную стойку 3 и рычаги 4 с регулируемые винтовыми опорами 5. На несущей раме 1 конвейера с одной стороны установлен концевой приводной барабан 6, соединяющийся через червячный редуктор 7 и муфту с электродвигателем 8, а со второй стороны – выдвигающаяся рама, обеспечивающая увеличение длины конвейера до 500 мм и несущая на себе концевой натяжной барабан 9, а также обводные барабаны 10 и 11. Все эти барабаны охватывает бесконечная конвейерная лента 12, верхняя грузонесущая ветвь которой перемещается по металлическим полосам рамы 1 между съемными бортами 13, а нижняя – поддерживается роликами 14. Основание 2 выполнено с грузозахватными скобами 15 и катками 16 рояльного типа, соответственно обеспечивающими установку конвейера грузоподъемными машинами, а также его перекатывание по полу в зону эксплуатации. Требуемый угол наклона и высота расположения несущей рамы 1 конвейера устанавливаются в пределах от 500 до 1100 мм путем соответствующего изменения угла наклона опорных

рычагов 4 при продольном перемещении их опор 5 регулировочными винтами 17.

Ременные фрикционные конвейеры применяют для перемещения достаточно крупных штучных грузов. У них транспортирующее полотно образуется несколькими параллельными клиновыми ремнями 1 (рис.68, в), располагающимися в соответствующих канавках концевых шкивов 2 (приводного и натяжного). Поскольку коэффициент трения у клиновых ремней значительно выше чем у резинотканевых лент, то при одинаковом натяжении они обеспечивают передачу на транспортирующее полотно и более высоких тяговых усилий, а также позволяют поднимать перемещаемые грузы 3 при несколько больших углах β наклона конвейера к горизонту.

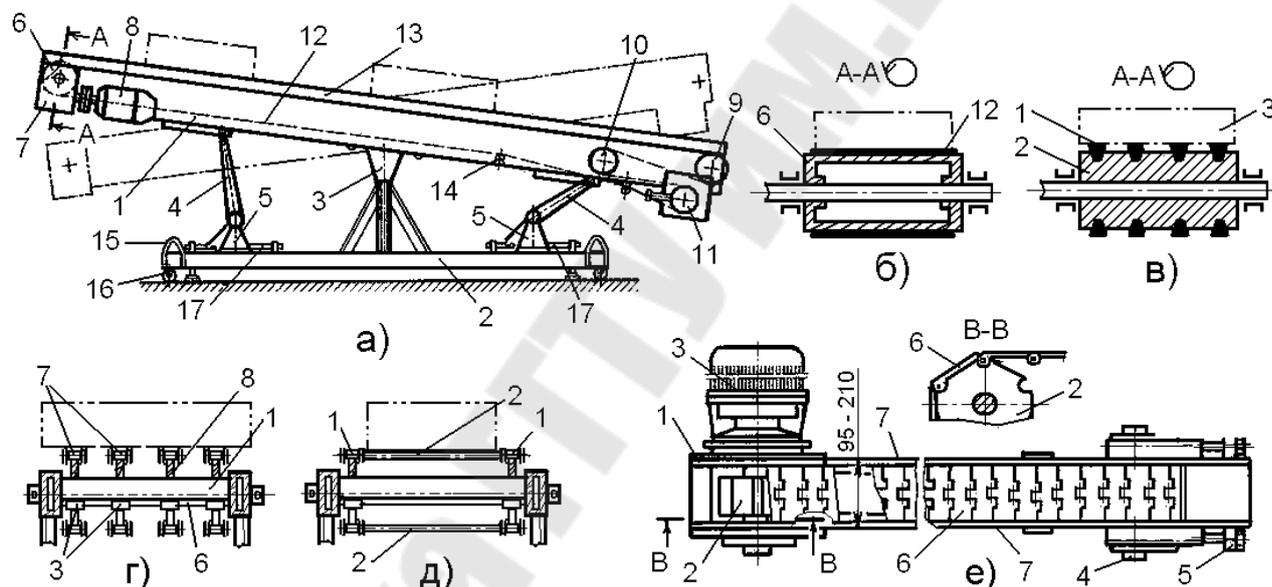


Рис.68 - Конструктивные исполнения ленточных, ременных, цепных и пластинчатых конвейеров

В цепных конвейерах в качестве бесконечного гибкого тягового органа используются цепи, которые охватывают располагающиеся на концевых валах приводные и натяжные звездочки. Такие конвейеры могут содержать одну тяговую цепь или несколько параллельных цепей (рис.68, г), непосредственно несущих груз или оснащенных для этого грузонесущими конструктивными элементами в виде поперечных планок (рис.68, д), пластин, скребков, гнезд, захватов, кареток или тележек. Наиболее широко в качестве тяговых органов используются пластинчатые цепи, которые подразделяются на втулочные и

роликовые однорядные и двухрядные. Характеризуются тяговые цепи такими основными параметрами, как разрушающая нагрузка, шаг и погонная масса цепи.

У пластинчатых конвейеров грузонесущее полотно выполняется из плоских пластин, прикрепляемых к бесконечным параллельным тяговым цепям или только из пластин, шарнирно соединяемых между собой осями и образующих бесконечную цепь с плоской грузонесущей поверхностью. Такой конвейер, в частности, состоит из несущей рамы 1 (рис.68,е) на которой с одной стороны установлен приводной вал со звездочкой 2, соединяющийся через муфту и встроенный редуктор с электродвигателем 3, а со второй стороны – натяжной вал 4 несущий такую же звездочку и взаимосвязанный с натяжным механизмом 5. Звездочки этих валов охватываются натянутой бесконечной пластинчатой лентой 6, верхняя грузонесущая ветвь которой движется по металлическим опорным поверхностям рамы между съемными боковыми бортами 7. Применяются пластинчатые конвейеры для транспортирования острокромочных и горячих грузов, а также разнообразных насыпных материалов и штучных изделий. Они характеризуются высокой механической прочностью, безотказностью в эксплуатации и долговечностью.

Роликовые конвейеры (рольганги) применяются для перемещения штучных крупногабаритных грузов и представляют собой устройства, у которых транспортирующая поверхность образована из установленных на раме с определенным шагом вращающихся роликов. Различают рольганги неприводные и приводные, выполняемые с цельными или секционными рамами.

По неприводным горизонтальным рольгангам изделия принудительно перемещаются от толкающего или тянущего усилия, создаваемого человеком или соответствующими механизмами. При этом величина усилия, необходимого для продвижения груза, не превышает 2 – 3 % его веса и в 8 – 10 раз меньше усилия, необходимого для перемещения этого груза при его скольжении по плоской поверхности.

В приводных рольгангах транспортируемые изделия перемещаются за счет наличия сил трения между грузом и роликами, которые принудительно вращаются с заданной скоростью от соответствующего группового или индивидуального привода. Передача вращения роликам от группового привода может осуществляться коническими зубчатыми шестернями, роликовыми и втулочными цепями, канатно-барабанными и фрикционными передающими механизмами.

Желобы и скаты отличаются простотой конструкции, удобны и надежны в работе. Угол наклона желоба относительно горизонтальной плоскости выбирается не менее 26° , а ската - не менее 15° . Данные требования ограничивают область применения желобов и скатов.

Для транспортеров и вибрационных лотков этих ограничений нет, они могут быть установлены под различным углом.

Следует отметить, что одновременное применение стапелирующих и транспортирующих устройств, как правило, исключается.

8 ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

В большинстве производственных процессов основную технологическую функцию выполняют машины, а ручной труд используется для выполнения вспомогательных операций. Ручной труд используется также и в некоторых операциях с большим числом степеней свободы, таких как сварка, сборка, упаковка, покраска (трудно автоматизированные операции). Экономическая эффективность автоматизации этих операций оправдана только при массовом, реже – в серийном производстве. Применение же роботизации позволяет эти задачи решить.

Промышленный робот (ПР)- это автоматическая машина, представляющая собой совокупность перепрограммируемого устройства управления и исполнительного устройства, которая применяется для перемещения объектов в пространстве и для выполнения различных производственных процессов.

Классификация роботов в машиностроении распространяется на модели, предназначенные для автоматизации вспомогательных операций, для обслуживания основного технологического оборудования, а также выполнения сборочных операций.

Типоразмерные ряды ПР предусматривают задание основных параметров и установление размерных рядов промышленных роботов общемашиностроительного применения при обязательном условии их пригодности для работы в составе гибких производственных модулей, участков или линий.

В классификационной таблице ПР разделяются на группы в соответствии с видами производства: А - для обслуживания литейных машин; Б - кузнечно-прессового оборудования; В - металлорежущих станков, Г - линий гальванопокрытий, Д – сборочных операций. В пределах каждой группы модели ПР располагаются в возрастающем порядке по грузоподъемности.

8.1 Задачи, решаемые роботизацией

1. Промышленные роботы позволяют автоматизировать не только основные, но и вспомогательные операции.

2. Они освобождают человека от выполнения тяжелого, монотонного, быстроутомляющего, малоквалифицированного ручного труда, часто связанного с опасностью травматизма, с воздействием вредных производственных факторов (шум, вибрации, тепловое излучение, выделения газа, запыленность и.д.). Изменяется характер труда производства, который становится более интересным и интеллектуальным.

3. Роботизация дает возможность высвободить рабочих, добиться экономии заработной платы, повысить производительность, увеличить загрузку оборудования, улучшить ритмичность производства, улучшить качество продукции, снизить брак, снизить себестоимость изделий, снизить выплаты на социальное и медицинское страхование.

4. Промышленные роботы незаменимы в экстремальных условиях – при сильных излучениях, в ядовитых средах, при экстремальных температурах, вакууме, в воде, при опасности взрывов и т.д. (космосе, медицине, в полупроводниковом производстве, при изготовлении монокристаллов и т.д., где присутствие человека нежелательно).

Ограничения применения роботизации:

1) недостаточное быстроедействие роботизированных систем, по сравнению с оборудованием.

2) большое разнообразие форм и размеров заготовок, изменение их размеров после обработки, наличие заусенцев, слипание заготовок, намагничивание, присутствие смазки. При некоторых видах обработки необходима теплоизоляция, герметизация, виброизоляция работа, обязательно строгое выполнение требований пожарной безопасности.

3) существующее оборудование, оснастка рассчитано на обслуживание человеком, а не роботом, не имеет специальных мест для крепления работа, стыковочных узлов для систем управления и питания, датчиков блокировки.

4) недостаточная квалификация рабочего, культура труда, организация производственного процесса.

Соответственно, применять промышленные роботы целесообразно только там, где применение других средств автоматизации невозможно или неэффективно.

8.2 Конструкция промышленных роботов

ПР состоит из исполнительного устройства в виде манипулятора и устройства программного управления.

Манипулятор ПР предназначен для выполнения двигательных функций при перемещении объектов в пространстве и представляет собой многозвенный механизм с разомкнутой кинематической цепью.

Конструктивно **манипулятор состоит** из несущих конструкций, исполнительных механизмов, захватного устройства, привода с передаточными механизмами и устройства передвижения. **Захватное устройство** – конечный узел манипулятора, обеспечивающий захватывание и удержание в определённом положении объекта манипулирования. Бывают вакуумные, электромагнитные, механические. **Несущие конструкции** служат для размещения всех устройств и агрегатов ПР, а также для обеспечения необходимой прочности и жесткости манипулятора. Несущие конструкции выполняют в виде оснований, корпусов, стоек, рам, тележек, порталов и т. п. **Исполнительный механизм** – это совокупность подвижно соединённых звеньев манипулятора, предназначенных для воздействия на объект манипулирования или обрабатываемую среду. **Привод** предназначен для преобразования подводимой энергии в механическое движение звеньев исполнительного механизма в соответствии с сигналами, поступающими с устройства управления. **Устройство передвижения** служит для перемещения манипулятора или ПР в целом в необходимое место рабочего пространства и конструктивно состоит из ходовой части и приводных устройств.

Устройство управления ПР необходимо для формирования и выдачи управляющих воздействий манипулятору в соответствии с управляющей программой и конструктивно состоит из собственно системы управления, информационно-измерительной системы с устройствами обратной связи и системы связи. Обычно выполняется в виде отдельно стоящего пульта или в одном корпусе робота. Информационно-измерительная система (ИИС), предназначена для сбора и первичной обработки информации для системы управления о состоянии элементов и механизмов ПР и внешней среды, конструктивно входит в состав устройства управления ПР и включает в себя устройства обратной связи и сравнения сигналов, а также датчики обратной связи.

По принципу управления ПР разделяются на **программные, адаптивные и интеллектные**. Наибольшее распространение получили **программные**, которые характеризуются тем, что они функционируют по жестко заданной программе. При необходимости программа их действий легко перестраивается оператором.

Существует три вида программного управления: цикловое, позиционное и контурное.

Цикловое управление является в реализации наиболее простым. При цикловом управлении программируются последовательность выполнения движений и условия начала и окончания движений. Положения, до которых идет движение, задаются на самом манипуляторе (например, упорами), а не в программе; скорость перемещения определяется характеристиками привода и также не задается в программе. Однако в дополнение к последовательности движений программа может задавать требуемые выдержки времени (на выполнение команды или на промежутки времени между командами или движениями).

При позиционном управлении команды подаются так, что перемещение рабочего органа происходит от точки к точке, причем положения точек задаются программой. Скорость перемещения между точками не контролируется и не регулируется. В отличие от циклового управления, число точек может быть большим.

При контурном управлении движение рабочего органа происходит по заданной траектории с задаваемой скоростью. В программе задаются сами траектории (или часто расставленными точками, или более редкими точками с соединяющими их прямыми, или дугами окружностей) и режимы движения. Контурное управление используется исключительно в технологических роботах (сварочных, окрасочных и пр.).

В особый вид выделяется **адаптивное управление**, при котором осуществляется автоматическое изменение управляющих программ в зависимости от измеряемых или контролируемых условий работы, или, как говорят, в функции от контролируемых параметров состояния внешней среды. В частности, адаптация, или приспособляемость, системы управления может заключаться в том, что устройства системы управления с помощью специальных датчиков определяют конфигурацию объекта и его положение; возможны также отклонения размеров от номинальных.

На рис. 69 представлен общий вид одного из типов манипулятора. Звенья исполнительного механизма обозначены цифрами 1, 2, ... ,

6, характер и возможные направления движения звеньев – стрелками I, II, ..., V. Манипулятор содержит неподвижное звено 1 в виде основания или корпуса ПР, на котором установлено вращающееся вокруг вертикальной оси (в направлении стрелки I) звено 2 – колонна манипулятора. Относительно колонны вертикально (II) движется звено 3 – каретка, в направляющих которой перемещается в радиальном направлении (III) звено 4 – рука манипулятора. К руке в свою очередь присоединяется звено 5, вращающееся (IV) относительно ее продольной оси, и далее звено 6, связанное шарнирно со звеном 5 и вращающееся в направлении стрелки V. В совокупности звенья 5 и 6 по аналогии с рукой человека могут быть названы кистью. Звено 6 представляет собой рабочий орган, в частном случае – захватное устройство с захватными элементами Г (губками), которые могут совершать движения (VI), за счет чего обеспечивается «зажатие– разжатие» объекта манипулирования. Движение вращения руки (IV) часто называют ротацией, а поворота кисти (V) – сгибом.

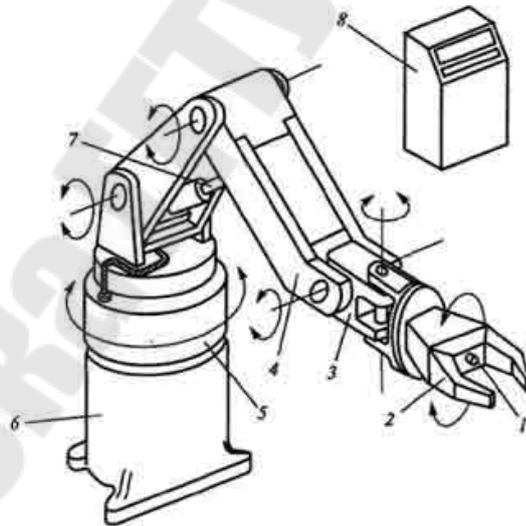


Рис. 69- Конструкция промышленного робота: 1 - датчик обратной связи; 2 — захватное устройство; 3 — кисть; 4 — рука манипулятора; 5 — колонна; 6 — несущая конструкция (основание); 7 - привод руки; 8 - блок управляющего устройства с пультом.

В рассмотренном манипуляторе движения колонны, каретки и руки в направлениях I, II и III являются **переносными**, обеспечиваю-

щими перемещения рабочего органа или объекта манипулирования в заданное место рабочей зоны ПР; перемещение кисти и хватного устройства в направлениях IV и V – **ориентирующими**, необходимыми для ориентации рабочего органа или объекта манипулирования. Отдельные движения элементов рабочего органа, например, в направлении VI «зажатия – разжатия» губок хватного устройства 5, относятся к **внутренним**, поскольку не изменяют ни положения рабочего органа в рабочей зоне, ни его ориентации. При рассмотрении общей кинематики и динамики манипулятора эти движения не учитывают. Структурная схема манипулятора может быть представлена в виде, показанном на рис. 70.

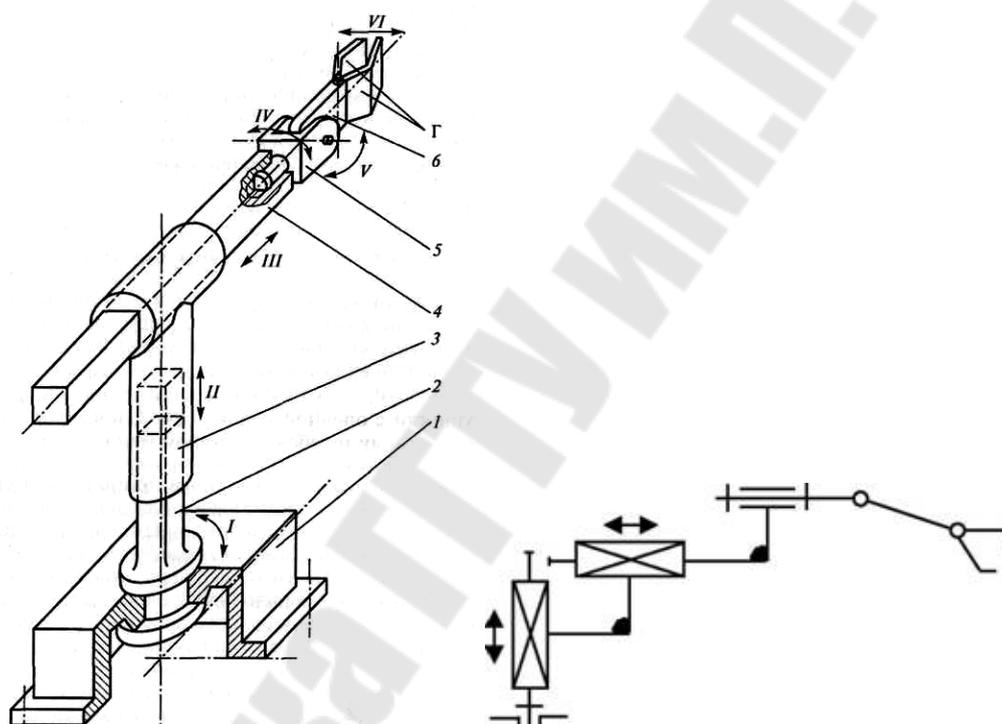


Рис. 70 - Общий вид и структурная схема манипулятора ПР:
 1 – неподвижное звено; 2 – колонна манипулятора; 3 – каретка;
 4 – рука манипулятора; 5, 6 – звенья, аналогичные руке человека –
 кисть, Г – губки (захват); I–V – направления движения звеньев

8.3 Принцип построения ПР

Принцип построения ПР – агрегатно-модульный (может быть агрегатный и модульный), т.е. ПР состоит из набора модулей, различные комбинации которых дают возможность компоновать манипуля-

тор, обеспечивающий решение поставленной технологической задачи. Входящие в набор "руки" (выдвижная, локтевая двухшарнирная, локтевая трехшарнирная), механизмы (поворота, подъема, качания, ориентировки), каретка, монорельс, столы (тактовый и крестовый), захватное устройство позволяют получить варианты компоновок манипуляторов промышленных роботов.

Под **модулем** понимают универсальный агрегатный узел, обладающий функциональной полнотой и конструктивной завершенностью. Модули ПР должны удовлетворять требованиям прочности и жесткости, обеспечивать взаимную стыковку в различных сочетаниях и положениях, простой и надежный монтаж.

Модули ПР классифицируются по следующим основным признакам:

по функциональному назначению - на управляющие, программно-задающие, информационные и исполнительные;

по величине - на большие и малые;

по порядку расположения внутри агрегатной системы - на равноценные и наиболее предпочтительные.

Преимущества: модульное устройство дает возможность формировать промышленные роботы, не имеющих избыточных возможностей и наиболее полно отвечающие конкретным технологическим процессам, специфике и возможностям производства

Недостатки: отказ в некоторых случаях от более выгодных конструктивных решений в пользу менее выгодных, но соответствующих принципу агрегатного построения; увеличение габаритов и массы конструкции; увеличение числа стыков, что повышает трудоемкость сборки роботов, снижает жесткость и точность.

8.4 Классификация и техническая характеристика ПР

Классификация ПР (ГОСТ 25685-83):

- 1. По характеру выполняемых операций** ПР подразделяют на
 - производственные, непосредственно участвующие в производственном процессе и выполняющие основные операции типа сварки, гибки, окраски, сборки и т. д.;
 - подъемно-транспортные (вспомогательные) ПР, используемые для установки-снятия деталей и инструмента, обслуживания транспортеров и складов и т. д.;

- универсальные роботы, выполняющие как основные, так и вспомогательные операции.

2. По виду производства различают промышленные роботы, используемые в литейном, кузнечно-прессовом, сварочном производствах, при механической обработке, термообработке, нанесении покрытий, сборке, автоматическом контроле, транспортно-складских работах и т. д.

3. По степени специализации промышленные роботы делят на специальные, специализированные и универсальные.

Специальные ПР выполняют определенную технологическую операцию и обслуживают конкретную модель оборудования.

Специализированные промышленные роботы выполняют операции одного вида, например сварку, окрашивание, сборку, и обслуживают определенную группу моделей оборудования, например станки с горизонтальной осью шпинделя.

Универсальные ПР служат для выполнения разнородных операций и функционируют с оборудованием различного назначения.

Гибкие универсальные или с широкой специализацией промышленные роботы используют в автоматизированных производствах высокого уровня, например в гибких производственных системах.

4. По грузоподъемности различают промышленные роботы: сверхлегкие (номинальная грузоподъемность до 1 кг), легкие (номинальная грузоподъемность свыше 1 до 10 кг), средние (свыше 10 до 200 кг), тяжелые (свыше 200 до 1000 кг), сверхтяжелые (номинальная грузоподъемность свыше 1000 кг).

5. По числу степеней подвижности выпускают роботы с двумя, тремя, четырьмя и более четырех степенями подвижности.

6. По возможности передвижения ПР подразделяют на стационарные и подвижные. Стационарные ПР имеют ориентирующие и транспортирующие движения, а подвижные ПР дополнительно к этим двум движениям еще и координатные перемещения.

7. По способу установки на рабочем месте различают промышленные роботы напольные, подвесные и встроенные. Встроенные роботы компактны, но обслуживают только один станок. Напольные роботы обычно имеют более сложные задачи, например, обеспечивают смену инструмента, контрольные операции, межстаночное транспортирование.

8. По виду систем координат промышленные роботы подразделяют на работающие в прямоугольной, цилиндрической, сфериче-

ской, угловой и комбинированной системах координат. Роботы, работающие в прямоугольной системе координат, отличаются жесткостью и имеют грузоподъемность свыше 80 кг; их часто используют для транспортно-складских работ или для штабелирования. Наиболее распространена цилиндрическая система координат. В этой системе работают роботы с грузоподъемностью до 60 кг. ПР со сферической системой координат имеют высокую жесткость, большой объем рабочей зоны, распространены для грузоподъемности от 10 до 140 кг. ПР, работающие в угловой системе координат, компактны, имеют увеличенный объем рабочей зоны; применяются при грузоподъемности от 5 до 160 кг.

9. По виду привода ПР подразделяют на роботы с электромеханическим, гидравлическим, пневматическим и комбинированным приводами.

10. По виду управления ПР делятся на три рода: программные, адаптивные и интеллектуальные (с элементами искусственного интеллекта). Все они обладают свойством быстрого перепрограммирования, причем у программных роботов перепрограммирование производится человеком, после чего робот действует автоматически. В адаптивные ПР основы программы действий робота закладываются человеком, но сам робот имеет свойство в определенных рамках автоматически перепрограммироваться в ходе технологического процесса в зависимости от обстановки. Интеллектуальным роботам задание на работу вводится человеком в более общей форме, а сам робот обладает возможностью принимать решения и планировать свои действия в неопределенной и меняющейся обстановке, чтобы выполнить заложенное в его память задание.

11. По способу программирования различают роботы, программируемые обучением и аналитически (путем расчета программ). По методу обучения оператор, управляя ПР с ручного пульта, последовательно проводит захватное устройство из одного конечного положения в другое через серию точек в пространстве, которые фиксируются в запоминающем устройстве ПР. При обработке последующих деталей захватное устройство робота будет двигаться по этим зафиксированным точкам.

По методу самообучения программа формируется на основе информации о внешней среде, запоминающейся устройством ЧПУ, которое затем и выдает соответствующие команды.

Расчет программ для ПР аналогичен подготовке программ для металлорежущих станков. При программировании используют широкий набор от языков высокого уровня (Fortran и др.) до ориентированных языков.

Технические характеристики промышленного робота согласно ГОСТ 25378-82 включают номинальную грузоподъемность, зону обслуживания роботом, рабочую зону ПР, число степеней подвижности, скорость перемещения по степени подвижности, погрешность позиционирования рабочего органа, погрешность отработки траектории рабочего органа.

Грузоподъемность - наибольшая масса захватываемого ПР объекта производства, при которой гарантируется захватывание, удерживание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик ПР.

Число степеней подвижности промышленного робота ПР имеют от трех до шести и более степеней подвижности. Принципиально трёх степеней подвижности достаточно для вывода концевой точки манипулятора в любую точку обслуживаемого роботом пространства. Ещё три степени подвижности необходимы, чтобы в этой точке осуществлять любую угловую ориентацию захватного устройства или инструмента. Более шести степеней подвижности необходимо при обходе каких-либо препятствий.

Зона обслуживания ПР - это пространство, в котором рабочий орган выполняет свои функции в соответствии с назначением робота и установленными значениями его характеристик.

Рабочая зона промышленного робота - это пространство, в котором может находиться рабочий орган при его функционировании. Рабочая зона может иметь объем от 0,01 м³ (при особо точных операциях) и свыше 10 м³ (для передвижных роботов).

Погрешность позиционирования - отклонение положения рабочего органа от заданного управляющей программой. Большинство современных ПР имеет погрешность $\pm 0,1 \dots 2,5$ мм (для грубых работ от ± 1 до ± 5 мм, для точных работ от $\pm 0,1$ до ± 1 мм, для высокоточных работ до $\pm 0,1$ мм).

Линейная скорость исполнительного механизма у большинства ПР составляет 0,5-1 м/с, а угловая 90-180°/с.

9 АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

КШП характеризуется большим разнообразием технологических процессов, отличающихся видом исходного материала и условиями обработки.

Особенности автоматизации процессов холодной и горячей штамповки:

- выбор захватных органов определяется видом заготовки,
- стандартизация и унификация деталей, типизация технологических процессов (разбивка на группы при горячей штамповке, применение осадки+оконч. ручья и т.д.);
- высокие требования к технологичности детали (максимальное качество при минимальном количестве операций и затрат на изготовление);
- при автоматизации и роботизации основных операций - изменение размеров заготовки после пластической деформации;
- при автоматизации холодноштамповочных работ - высокие требования к поверхности заготовки (наличие заусенцев, слипание заготовок, намагничивание, присутствие смазки, шероховатость, плоскостность, дефекты поверхности) (материал захватов должны быть менее твердыми, чем материал заготовки);
- при автоматизации горячештамповочных работ - высокие требования к захватам по термостойкости, теплоизоляция, герметизация, виброизоляция, выполнение требований пожарной безопасности.

В зависимости от характера и особенностей технологической операции при автоматизации кузнечно-штамповочного производства в качестве непрерывного материала наряду с лентой, проволокой может применяться любой исходный материал (заготовки).

Данный материал должен отвечать ряду требований:

1. Непрерывность подачи одной и той же заготовки к оборудованию в течение некоторого времени.
2. Постоянство ориентации заготовки относительно инструмента машины.
3. Возможность получения нескольких деталей в результате последовательно совершаемых ходов технологического оборудования.

Наиболее эффективно применение в качестве заготовки ленты, проволоки и широкорулонной стали. В этом случае бесперебойная работа подающих устройств обеспечивается при числе ходов пресса до 300-400 в мин., тогда как использование полосы снижает это число до 100-120 в мин. Однако применение непрерывного материала не всегда возможно из-за определенных требований технологии штамповки или требований конструктивных. Тогда применяется полосовой материал, нарезанный из листа, а также прутки сортового проката соответствующего профиля.

Для подачи лент и полос применяются различные устройства механизации, отличающиеся способом захвата подаваемого материала (валковые, клещевые, крючковые и т.д.), причем они могут выполняться как составной узел пресса или являться узлом штампа. Устройства первого типа - более универсальны в работе и могут быть переналажены на различный шаг подачи, тогда как подачи второго типа пригодны лишь для одной детали. В зависимости от конструкции подающего механизма, устройства пресса, штампа и т.д. производится выбор типа подающего механизма, который определяется видом подаваемого материала.

Для комплексной автоматизации и механизации технологических процессов кузнечно-штамповочного производства при использовании непрерывного материала необходимы следующие средства автоматизации: ориентирующе-питающие и подающие устройства, устройства для удаления отхода материала и средства контроля. Ориентирующе-питающие устройства для непрерывного материала осуществляют установку и подготовку исходного материала, т.е. ориентация заготовок относительно органов захвата подающих устройств, и перевод исходного материала из состояния поставки (рулон, бухта) в состояние, необходимое для осуществления технологической операции – разматывание, правка и т.д. Ориентирующе-питающие устройства могут быть следующих видов: разматывающе-правильные, полосоукладчики, автоматизированные стеллажи. Устройство для удаления использованного материала выполняются в виде специальных наматывающих барабанов и стапелирующих устройств, для полос или приспособлений для рубки отхода с его удалением из зоны штамповки. Контроль необходим для различного рода блокировок при подаче нескольких заготовок, поломке инструмента, отсутствии материала и т.п.

9.1 Структура автоматического комплекса для холодной листовой штамповки

Для автоматизированной обработки непрерывного материала необходимо обеспечить:

1. Подготовку заготовки к захвату.
2. Захват и подачу заготовки в зону обработки.
3. Выполнение технологической операции.
4. Удаление из зоны обработки готовых изделий и отходов.

Кроме того, если требуется последующая автоматизированная обработка, может производиться кассетирование, стапелирование изделия.

При штамповке изделия из ленты, проволоки в качестве устройств для подготовки заготовок захвату применяют разматывающие и правильные устройства, для подачи ленты в штамп применяют валковые, ножевые, роликовые, клещевые и крючковые подачи.

Удаление деталей в тару, чаще всего осуществляется на провал через окно в станине пресса или под собственным весом за счёт наклона станины пресса. У ненаклоняемых прессов для удаления отходов применяется наматывающее устройство или ножницы для резки отходов.

Общий вид автоматического комплекса для холодной листовой штамповки представлен на рис.71.

При штамповке валковая подача 3 периодически перемещает ленту в штамп на шаг подачи. Петля, расположенная между правильным устройством 1 и прессом 2 уменьшается, и когда она достигает фотоэлектрического датчика минимального уровня петли происходит включение привода правильно-разматывающего устройства. Скорость подачи материала при правке правильным устройством примерно в 4 раза превышает скорость подачи пресса. Петля начинает увеличиваться пока не достигнет фотоэлектрического датчика нижнего уровня петли, по сигналу которого отключается привод правильно-разматывающего устройства. Петлевой компенсатор выполняется также между прессом и наматывающим устройством 4.

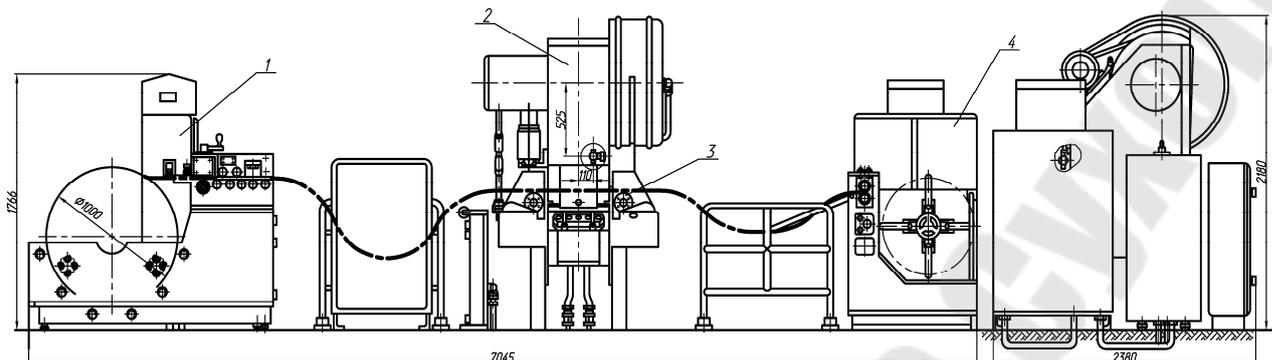


Рис.71 - Общий вид автоматического комплекса модели АКД2324В-1: 1 – правильно – разматывающее устройство; 2 – пресс кривошипный КД2324В; 3 – валковая подача ВП38; 4 – наматывающее устройство НУ9

9.2 Автоматическая штамповка на горячештамповочных автоматах

При массовом производстве осесимметричных поковок (колец подшипников, шестерен и т.д) применяют многопозиционные кривошипные прессы-автоматы с горизонтальным или вертикальным расположением рабочих позиций, усилием 1,6 – 20 МН и числом ходов 95-100 ход/мин (рис.72).

Применение калиброванного по диаметру прутка и механизма точной отрезки с прижимом прутка позволяет получать точную отрезку и применять закрытую штамповку без облоя или с малым отходом. Штампы оснащены выталкивателями, что позволяет штамповать без уклонов или с минимальными уклонами. Производится гидросбив окалины, подача смазочно-охлаждающей жидкости. Имеется устройство автоматического контроля температуры и устройства предохранения от перегрузок.

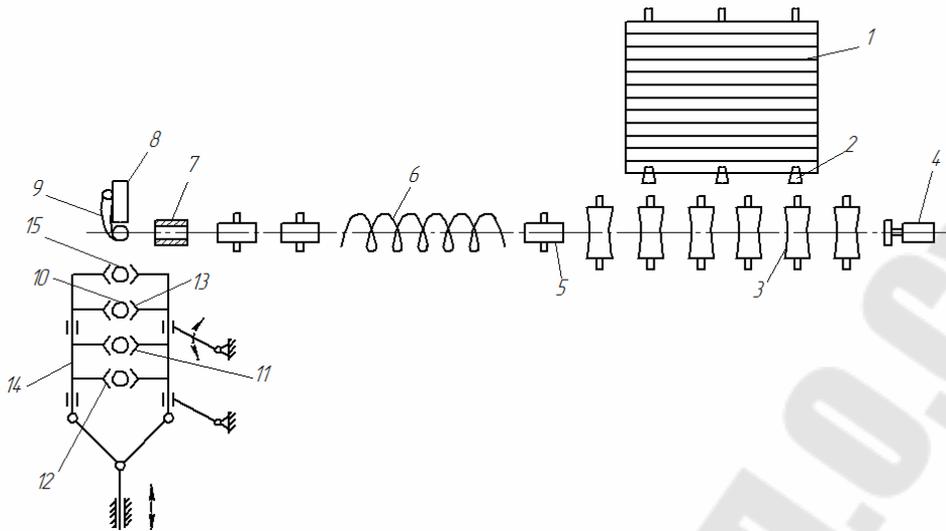


Рис.72 - Автоматическая линия для горячей штамповки колец на базе кривошипного прессы-автомата: 1 – прутковые заготовки $l = 4...6$ м, 2 – автоматизированный стеллаж, 3 – рольганг, 4 – шибберная подача, 5 – роликовая подача, 6 – индуктор, 7 – матрица механизма отрезки, 8 – пуансон механизма отрезки, 9 – прижимной палец, 10 – позиции предварительной штамповки, 11 – позиции окончательной штамповки, 12 – позиция прошивки и разделения поковок, 13 – клещи механизма переноса, 14 – механизм переноса, 15 – позиция осадки (предварительного профилирования)

9.3 Роторные и роторно– конвейерные линии

Автоматическая роторная линия (АРЛ) - это автоматическая линия с жесткой связью, представляющая собой совокупность технологических и транспортных роторов установленных на одной станине и объединенных системами привода и управления.

Роторные машины имеют систему инструментов, расположенных по окружности. Заготовки обрабатываются в каждой рабочей позиции ротора при непрерывном его вращении. Изделия транспортируются от одной рабочей машины к другой так же вращающимися транспортными роторами. Структурные схемы роторной и роторно-конвейерной линий приведены на рис.73 и рис.74.

Таким образом, обработка объекта на роторных автоматических линиях от первоначальной заготовки до готового изделия идет при непрерывном движении как заготовки, так и инструмента. Преимуществом роторной линии является то, что при параллельной обработке

заготовок в нескольких позициях в роторной машине единственный транспортный механизм - ротор этой машины, в то время как на обычных линиях при параллельной обработке требуется соответствующее число транспортных средств.

При этом, как и в любых автоматах параллельного действия, возможно получение одинаковой производительности на всех операциях независимо от их продолжительности. Для этого необходимо создать многопозиционную машину для длительных и малопозиционную - для кратковременных операций.

Схема такой линии показана на рис.73, где рабочие роторы 7,8,9, имеют различное число позиций; заготовка из магазина-накопителя 1 проходит через транспортные роторы 2, 3, 4 и 5 и обрабатывается в рабочих роторах 7, 8 и 9, имеющих различное число позиций, и поступает в приемный магазин 6.

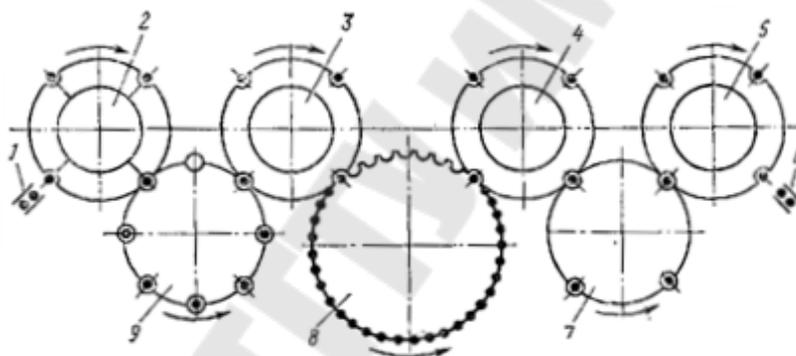


Рис. 74 - Схема роторной линии

Технологический и транспортный ротор вместе образуют роторный модуль, устанавливая или снимая который можно увеличивать или сокращать длину роторной линии.

При мелкосерийном выпуске, недостаточном для окупаемости линии, роторные машины можно оснащать различными инструментами для одновременной обработки различных изделий - многономенклатурная роторная линия. Простейшие роторные автоматы и линии выполняют технологические операции малой длительностью. Операции большой длительностью выполняют в роторно-конвейерных линиях (АРКЛ), в роторных автоматах с увеличенным шагом, многоярусных и бироторных автоматах.

Наиболее успешно на роторных линиях осуществляются штамповочные, вытяжные, сборочные и контрольные операции.

В целях уменьшения простоев в роторных линиях иногда предусмотрено место и время для контроля и смены износившегося инструмента.

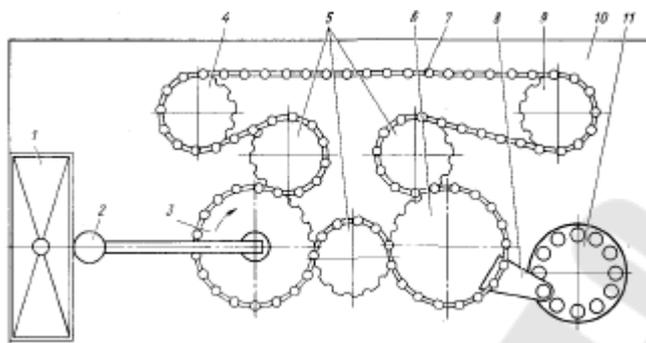


Рис.74 - Автоматическая роторно-конвейерная линия для пресования термопластов: 1 – бункер, 2 – пластикатор, 3, 4, 9, 6 – рабочие роторы, 5 – транспортные роторы, 8 – лоток, 11 – механизм сортировки

9.4 РТК и РТЛ холодной штамповки

Для роботизации холодной штамповки используется примерно 40% промышленных роботов.

Требования к ПР холодной штамповки:

- быстроедействие;
- быстрая переналадка, простота смены захватных устройств;
- не требуется высокая точность позиционирования, так как часто используются трафареты, ловители, упоры и др. элементы штампа;
- минимальная стоимость при высокой надежности.

Зачастую движения роботов однообразны и просты.

Это в основном специализированные или специальные роботы с пневматическим приводом и цикловой системой управления, с электромагнитными, вакуумными – реже – с клещевыми захватами.

Рассмотрим основные типовые компоновки РТК (рис.75) и РТЛ (рис.76,77):

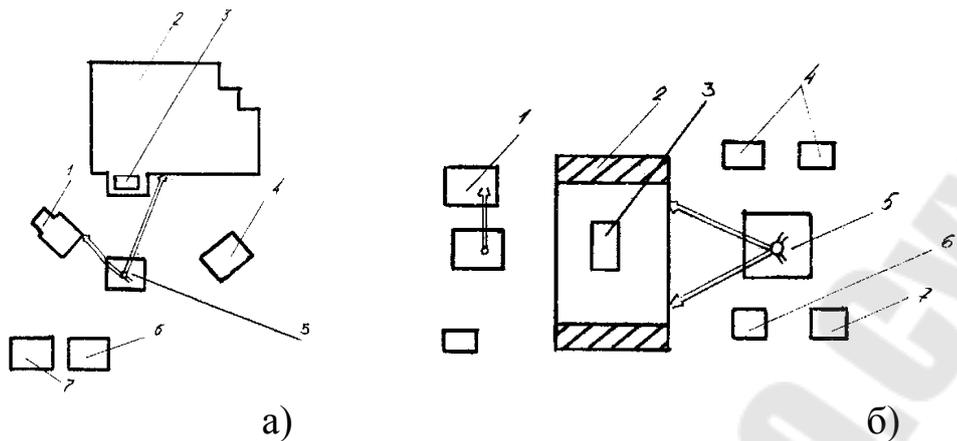


Рис. 75 - Структура робототехнологического штамповочного комплекса

а) на базе открытого прессы и одного робота, б) на базе закрытого прессы и двух роботов

1 - загрузочное устройство, 2 - пресс, 3 - штамп, 4 - приемное устройство, 5 - двурукий промышленный робот, 6 - устройство программного управления робота, 7 - шкаф электроавтоматики

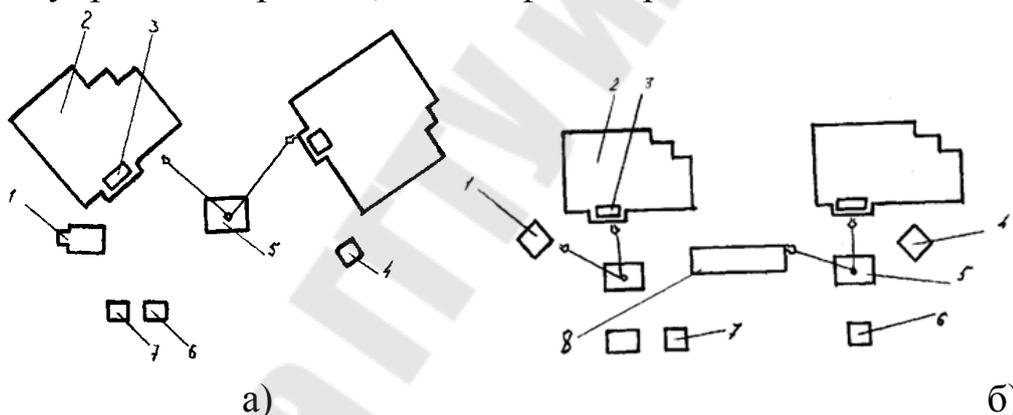


Рис.76 - Роботизированные штамповочные линии

а) роботизированная линии, состоящая из двух открытых прессы, обслуживаемых одним двуруким роботом; б) роботизированная линия, состоящая из двух прессы, обслуживаемых двумя двурукими роботами с передачей полуфабрикатов от прессы к прессу ориентирующе-передающим устройством

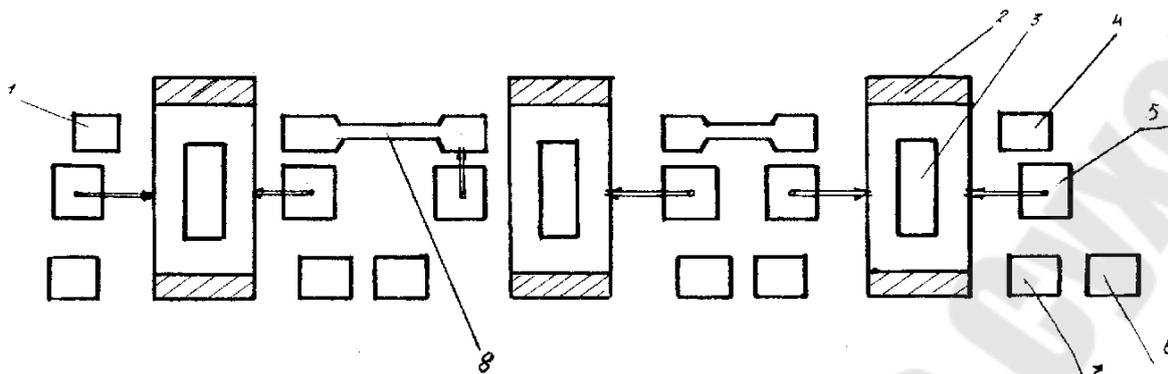


Рис.77 - Многопрессовая роботизированная линия, состоящая из закрытых прессов, каждый из которых обслуживается двумя роботами

1 - загрузочное устройство, 2 - пресс, 3 - штамп, 4 - приемное устройство, 5 –промышленный робот, 6 - устройство программного управления робота, 7 - шкаф электроавтоматики, 8 - ориентирующе-передающее устройство

10 АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сварка является лишь определенным технологическим способом получения неразъемных соединений, а поэтому сама по себе не может являться самостоятельным производством или служить самоцелью какого-либо производственного процесса. Она рассматривается как средство достижения иной цели - получения сварных конструкций определенного назначения. Изготовление же сварных конструкций сложно, имеет свои особенности, включает ряд разных работ: получение заготовок и деталей, отвечающих необходимым требованиям позиции сварки, подготовку их под сварку, сборку, транспортировку, дополнительную доработку, контроль и т.п. Автоматизация заготовительных работ и получение заготовок была рассмотрена ранее в приведенном комплексе, поэтому в этом разделе остановимся непосредственно на автоматических сварочных линиях.

Правильное использование средств механизации и автоматизации позволяет сократить производственный цикл, уменьшить трудоемкость изготовления и себестоимость выпускаемой продукции, более эффективно использовать производственные площади и обслуживающий персонал, обеспечить равномерный выпуск продукции высокого, а главное - стабильного качества, что в итоге ведет к повышению ресурсов и эксплуатационной надежности изделий. Поэтому необходимо принимать меры для повышения уровня механизации и автоматизации сварочного производства в машиностроении, где еще значителен объем сварочных работ, выполняемых вручную, и расходуется 26% производимых покрытых электродов.

10.1 Автоматические сварочные линии

Автоматические сварочные линии можно классифицировать по следующим основным признакам:

- 1) по характеру исходного материала - для материала, подаваемого непрерывной заготовкой (проволока, лента, полоса и т. д.), и для штучных заготовок;
- 2) по виду выполняемых на линии работ - для сварки, для сборки и сварки, для сборки, сварки и отделки и т. д.;

3) по признаку непрерывности производственного потока - непрерывные и прерывающиеся линии;

4) по расположению технологического оборудования вдоль линии - последовательные, параллельные, последовательно-параллельные; 5) по расположению основного транспорта — со сквозным и с вынесенным транспортом.

10.2 Автоматическая линия изготовления сварных труб

Рассмотрим, к примеру, линию изготовления сварных труб (рис.78). Линия предназначена для труб диаметром 1020 мм с толщиной стенки до 12 мм. Всю линию можно условно разделить на участок подготовки полосы и формовочно-сварочный стан. Участок подготовки полосы состоит из разматывателя 1, правильной машины 2, гильотинных ножниц 3, сварочной машины 4, подающих роликов 5, петлеобразователя 6, дисковых ножниц 7 с кромкокрошителем, подающей машины 8. Формовочно-сварочный стан состоит из формовочной машины 10, сварочных головок - внутренних 9 и наружной 11, летучего отрезного станка 12. Все оборудование для подготовки полосы установлено стационарно на фундаментах, а формовочно-сварочный стан - на поворотном мосту 13.

Рулоны массой до 10 т и наружным диаметром до 1650 мм разматываются в полосу, направляемую подающими роликами разматывателя в машину для правки. Выправленная полоса поступает в гильотинные ножницы, где обрезаются задний конец предыдущей полосы и передний конец последующей. Эти концы свариваются затем на сварочной машине электродуговой сваркой под флюсом односторонним швом на медной цилиндрической подкладке. Совмещение обоих свариваемых концов обеспечивается вертикальными направляющими роликами, расположенными с обеих сторон от сварочной машины. Зажим концов ленты при сварке производится поперечными балками с гидроцилиндрами, а поджатие медного башмака к стыку — клиновым прижимом с пневмоприводом. Скорость сварки 60 м/ч.

Сварка производится без технологических планок, так как кра-тер выводится на край полосы, который в дальнейшем обрезаются на дисковых ножницах. Сваренная полоса поступает в петлеобразователь, представляющий собой яму с направляющими роликами на входе и выходе из нее. Ролики расположены по дуге, что обеспечивает

равномерный изгиб полосы в пределах упругих деформаций. В начале линии полоса приводится в движение подающими роликами размотывателя, затем подающими роликами, расположенными после сварочной машины.

Так как обрезка концов и их сварка производятся при неподвижной полосе, то до петлеобразователя она движется периодически, а формовка и сварка трубы происходят непрерывно. Это обеспечивается наличием компенсирующей петли длиной до 22 м. При остановке механизмов, расположенных до петлеобразователя, механизмы, расположенные после него, продолжают работать и петля сокращается.

После обрезки и сварки концов остановленные подающие механизмы опять включаются и полоса до петлеобразователя продолжает прерванное движение, причем скорость ее больше, чем скорость после петлеобразователя. Размер петли увеличивается, постепенно достигая максимальной величины. После этого скорость движения полосы до петлеобразователя автоматически замедляется до скорости ее движения после петлеобразователя, т. е. становится равной скорости сварки спирального шва. В яме петлеобразователя установлено фотореле, контролирующее размеры петли и регулирующее скорость подающих роликов.

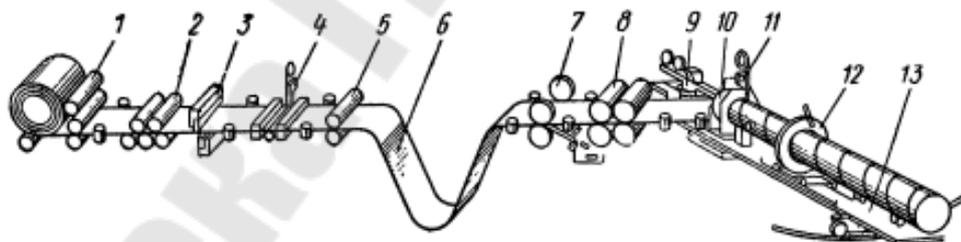


Рис.78 -Линия изготовления сварных труб со спиральным швом

После петлеобразователя полоса попадает через направляющие ролики в дисковые ножницы, обрезающие кромки шириной 15— 25 мм с обеих сторон полосы и обеспечивающие точный размер полосы по ширине. Обрезанные кромки подаются к кромкокрошителью, где разрезаются на полуметровые куски. После ножниц ровная полоса через направляющие вертикальные ролики поступает к подающей машине. Эти направляющие ролики выполняют очень важную роль правильной ориентации обрезанной полосы относительно ножей дис-

ковых ножниц, чем обеспечивается прямолинейность полосы в плане. Ролики же перед ножницами, через которые проходит черная (необрезанная полоса), обеспечивают только грубую ориентацию полосы, так как во избежание ее заклинивания установлены с гарантированным зазором с учетом плюсового допуска на ширину заготовки.

Четырехвалковая подающая машина обеспечивает движение полосы от петлеобразователя до выдачи сваренной трубы. Нижние ее валки - стационарные, а верхние - подвижные, закрепленные на качающихся рычагах, шарнирно связанных с гидроцилиндрами. Подвижное крепление верхних роликов обеспечивает проход через машину неснятого усиления сварного стыкового шва, сохраняя при этом необходимое тяговое усилие.

Пройдя все эти механизмы, полностью подготовленная полоса поступает во втулку формовочной машины, насаженную на ось поворота выходного моста 13.

Сварка спирали в трубу производится под флюсом тремя швами - двумя внутренними и одним наружным. Несмотря на обрезку кромок все же имеется небольшая серпо-видность полосы, влияющая на величину зазора между кромками, поэтому предусмотрена его регулировка, осуществляемая небольшим изменением угла формовки (в пределах $\pm 0,5^\circ$) путем поворота моста с формовочно-сварочным станом. Внутренние швы выполняет сварочный аппарат У-124, представляющий собой самоходную тележку с длинной штангой, на которой закреплены две сварочные головки. Аппарат перемещается по направляющим, установленным на поворотном мосту. Подача флюса к головкам, находящимся внутри трубы, от флюсоаппарата, расположенного на тележке, производится ленточными конвейерами внутри штанги. Наружный шов выполняет сварочный аппарат А-807, закрепленный на стойке также на поворотном мосту.

Сваренная труба попадает на приводные отводящие ролики, расположенные на поворотном мосту. Здесь же находится летучий отрезной станок, разрезающий трубу на мерные части. Отрезка производится газокислородными резаками во время движения трубы. Станок установлен на тележке, перемещающейся по рельсам вдоль трубы. В месте разрезки вращающаяся обойма станка специальным гидравлическим механизмом прочно закрепляется на трубе и станок, таким образом, двигается поступательно вдоль оси трубы вместе с ней. Кислородный резак, установленный на раме станка, отрезает трубу за один ее оборот. Закрепление станка на трубе и одинаковая

скорость их перемещения обеспечивают строгую перпендикулярность реза оси трубы.

Отрезанная труба по транспортному рольгангу поступает на участок отделки, а станок возвращается в исходное положение на повышенной скорости. Качество шва проверяется ультразвуком с последующей рентгеноскопией обнаруженных дефектных мест. Ультразвуковой контроль осуществляется на потоке по всей длине спирального шва, а рентгеноскопия - на участке трубоотделки. Там же производится гидравлическое испытание всех труб.

Широкое применение также находят роторные автоматические сварочные линии.

11 АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ

В производстве объём сборочных операций велик, так при сборке легкового автомобиля среднего класса только крепёжных деталей используется 2.5...3 тыс., а в автомобильной промышленности мира ежегодно собирается 6- 10¹⁰ резьбовых деталей.

Главным фактором, сдерживающим автоматизированную сборку, является исключительная сложность обеспечения точного совмещения сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей в сборочном оборудовании.

В условиях крупносерийного и массового производства автоматизированная сборка изделий выполняется на сборочных автоматах и автоматических линиях. В зависимости от сложности изделий используют одно- и многопозиционные сборочные автоматы. Последние применяют, например, при сборке подшипников качения. В линиях сборочные автоматы размещают линейно или по замкнутому контуру. Перемещение изделий осуществляется с помощью шаговых транспортеров или на приспособлениях-спутниках.

11.1 Основные этапы автоматизированной сборки

Основные этапы автоматизированной сборки:

- автоматическая ориентация деталей и основных частей изделия для использования автоматизированных транспортно-захватных устройств, контроль и очистка деталей;
- автоматическое выполнение соединений;
- транспортирование деталей и узлов;
- межоперационный контроль;
- окончательный контроль;
- упаковка.

Выполнение операций сборки должно проходить от простого к сложному: деталей – в подузлы, подузлы – в узлы, узлы – в агрегаты, узлы и агрегаты – в изделие, что учитывается при составлении схем сборки. В зависимости от сложности и габаритов изделий выбирают форму организации сборки: стационарную или конвейерную. Стационарная сборка возможна без перемещения изделия, с подводом сборочных узлов и деталей к базовой сборочной единице (детали, уз-

лу и т. д.).

Конвейерная сборка возможна, когда роботы обслуживают рабочие места с различной ориентировкой и погрешностью позиционирования деталей и узлов.

Главным отличием роботизированного производства является замена сборщиков сборочными роботами и выполнение контроля контрольными роботами или автоматическими контрольными устройствами.

Если в условиях автоматизированного производства сборку изделий можно выполнять методом полной или частичной взаимозаменяемости, с применением методов селективной сборки и использованием контрольно-сортировочных автоматов, а также с ограниченным применением методов пригонки и регулировки, то роботизированная сборка должна выполняться по принципу полной групповой взаимозаменяемости. При этом исключается возможность подгонки, регулировки. Строго должны быть соблюдены принципы выбора и постоянства баз, которые определяют качество собираемых изделий и надежность работы сборочных робототехнических комплексов (РТК).

11.2 Сборочные робототехнические комплексы (РТК)

В структуру роботизированного комплекса должны входить сборочное оборудование и приспособления, объединенные с транспортно-загрузочной системой и системами управления различных уровней и расположенные в технологической последовательности, поэтому для определения структуры и состава РТК необходимы разработка и оптимизация общей и узловой сборки. В состав РТК входят сборочное оборудование и приспособления, транспортная система, операционные сборочные роботы, контрольные роботы, система управления.

При разработке ТП сборки в РТК предпочтительна высокая концентрация операций, определяющая модели роботов, их функции, точность, оперативность, быстродействие. Важно уточнить временные связи элементов РТК, т. к. и они могут определить операционные возможности, модели и количество сборочных промышленных роботов (ПР). С этой целью возможно и целесообразно построение циклограммы как отдельных роботизированных рабочих мест и

ПР, так и РТК в целом. На основе операционной технологии и циклограмм РТК может быть проведена подготовка управляющих программ для сборочных роботов с ЧПУ и для всего РТК.

Перспективным направлением роботизации сборки является использование ПР, построенных по агрегатно-модульному принципу, а также обучаемых ПР. В системы модулей ПР, как правило, включают модули линейных и угловых перемещений, комплекты переходных элементов для соединения модулей, сменные захватные устройства.

На рис. 79 приведен промышленный робот типа РПМ-25, который может использоваться для операций сборки.

ПР типа РПМ является электромеханическим промышленным роботом модульной конструкции, и предназначен кроме сборочных операций, для автоматизации различных технологических операций механосборочного, кузнечнопрессового, литейного и других видов производств в машиностроении. Роботы данного типа можно использовать для загрузки и разгрузки технологических машин (например, прессов, металлорежущих станков), приспособлений, межоперационного транспортирования и складирования заготовок и деталей, выполнения сварочных, окрасочных, разрезных, и других операций. Грузоподъемность-25 кг. В зависимости от числа степеней подвижности может быть 3-х исполнений.

ПР типа РПМ-25 состоит из манипулятора, следящего регулируемого электропривода и блоков устройства программного управления.

Манипулятор в зависимости от технологического назначения ПР комплектуется из различного числа типовых конструктивных модулей.

Комплектный электропривод ПР включает в себя блоки управления и тиристорные преобразователи, а также электродвигатели постоянного тока, которые конструктивно встроены в модули манипулятора. В зависимости от числа степеней подвижности, которое может быть от 3 до 7, манипулятор оснащается трехкоординатными (типа ЭПТ-3М), шестикоординатными (типа ЭПТ-6М) электроприводами или их комбинацией, дающей возможность одновременно управлять девятью координатными перемещениями.

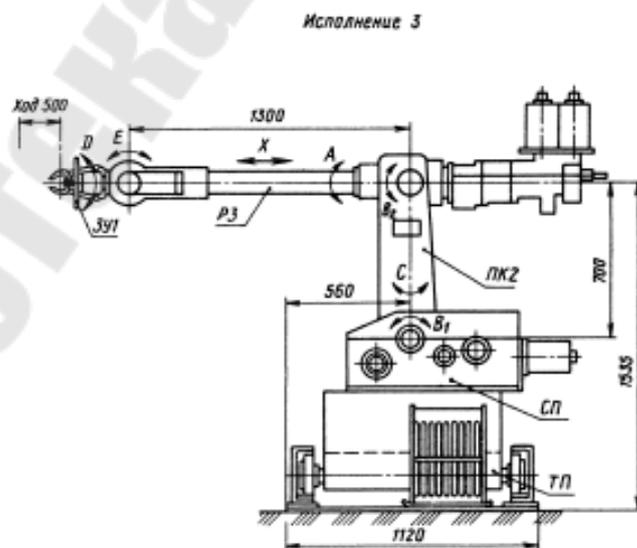
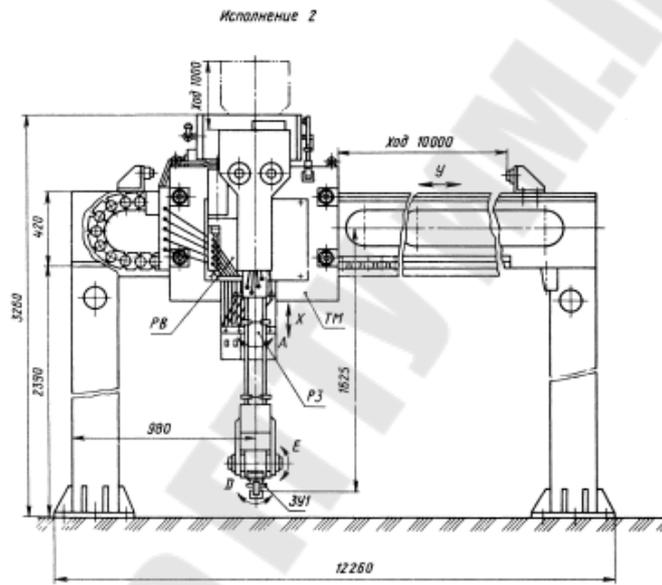
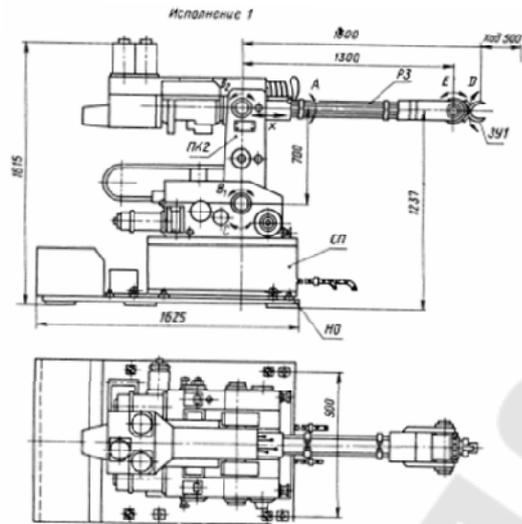


Рис.79 - ПР типа РПМ-25

Робот комплектуется одним из двух типов устройств программного управления: аналоговым позиционным (типа АПС-1) или числовым (типа УПМ-772). В первом случае модули оснащаются датчиками обратной связи по положению аналогового типа - потенциометрами ППМЛ-М, а во втором случае - кодовыми 15-разрядными датчиками типа ДП8-1.

На рис.79 показаны общие виды различных вариантов компоновок ПР типа РПМ-25 на базе следующих конструктивных модулей:

- неподвижного основания — *НО*,
- тележки монорельсовой подвесного типа – *ТМ*,
- тележки подвижного основания напольного типа – *ТП*,
- однокоординатного модуля поворота относительно вертикальной оси {стола поворотного) - *СП*;
- модуля качания (поворотной колонны) - *СП2*,
- модуля вертикального перемещения (хода) руки - *РВ*,
- механической руки с тремя степенями подвижности - *РЗ*,
- однозахватного устройства - *ЗУ1*.

Кинематические связи в модуле *ПК2* подобраны таким образом, что при движении *В*, модуль руки, установленной на оси качания *В_г*, совершает поступательное движение *Х* вдоль продольной оси, не меняя своей ориентации.

В следящих электроприводах использованы электродвигатели постоянного тока типа 2МИ12 (номинальная мощность $P_n = 2$ кВт, наибольшая частота вращения $n = 4000$ мин⁻¹) и типа 4МИ12 ($P_n=0,98$ кВт, $n=3500$ мин⁻¹). Блоки тиристорных преобразователей приводов размещены в отдельном шкафу. Привод захватного устройства - пневматический. Подвод сжатого воздуха к схвату осуществляется через специальные соединения на базовых поверхностях модулей.

В качестве датчиков скорости для обратной связи устройства управления ПР используются тахогенераторы, а датчиков положения - потенциометры или кодовые датчики.

11.3 Роторные сборочные автоматы

Сборочное оборудование и технологическая оснастка могут иметь различную степень автоматизации. Сборочное оборудование, на котором можно автоматически выполнять все приемы

процесса сборки, например, выдачу деталей, их перемещение, ориентирование, соединение и в отдельных случаях их закрепление, называют сборочным автоматом.

Роторные сборочные автоматы и линии применяются для сборки небольших изделий или узлов. Технологический процесс сборки происходит непрерывно без периодических остановок одного или нескольких связанных в одну систему многопозиционных столов (роторов), на которых размещаются сборочные приспособления с установленными в них собираемыми изделиями.

На рис. 80 дана схема работы сборочного автомата роторного типа. Собираемые изделия передаются с одного сборочного ротора на другой специальными транспортными (питающими и снимающими) роторами. Подача деталей к питающим роторам производится из бункерных или магазинных загрузочных устройств. На автоматических роторных сборочных установках или линиях можно производить запрессовку, развальцовку, обжимку и другие сборочные операции, а также контролировать узлы по заданным размерам.

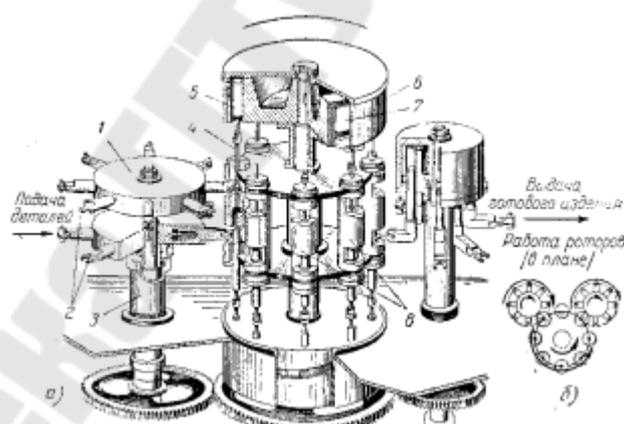


Рис. 80 - Типовой ротор для сборки двух элементов и обслуживающие его транспортные роторы: а – конструкция ротора; б – схема работы роторов в плане: 1 – диски; 2 – клещевые несущие органы; 3 – стакан; 4 – рабочий инструмент-пуансон; 5 – ползун; 6 – барабан; 7 – неподвижный пазовый копиер; 8 – блоки рабочего инструмента

При сборке узлов из нескольких деталей сборочные роторные автоматы имеют два, три и более питающих роторов, расположенных последовательно против соответствующих позиции. Роторные автоматы могут иметь автоматические измерительные устройства для

контроля правильного положения собираемых деталей.

На автоматических сборочных линиях нет заделов между сборочными агрегатами, т.к. сборочные механизмы и инструменты не требуют частой смены и подналадки. Наладочные и подналадочные работы на автоматической линии сборки на всех агрегатах производятся между сменами.

В зависимости от конструкции собираемых узлов или изделий в состав сборочной автоматической линии могут входить следующие устройства: бункерные или штабельные загрузочные устройства - питатели, транспортные устройства, приспособления для установки и зажима собираемых узлов, делительные и фиксирующие устройства, контрольно-измерительные устройства, устройства для выполнения различных сборочных соединений и т. д. Если автоматическая сборка изделий или узлов производится на основе взаимозаменяемости, то общая конструктивная схема автоматической сборочной линии получается относительно простой. При автоматической сборке изделий или узлов, осуществляемой на основе селективной сборки, конструктивная схема автоматической сборочной линии усложняется введением устройств для автоматической сортировки деталей и запоминающих устройств. При этой сборке число бункеров в линии зависит от количества деталей в узле или изделии, а также количества групп, на которые разделяются сопрягаемые детали.

Большое внимание следует уделять контролю установки деталей и подузлов в начальном и конечном положениях.

В автоматические сборочные линии следует встраивать устройства, прекращающие работу линии в случаях отсутствия детали или неправильного положения ее на одной из позиций сборки.

В качестве таких устройств применяют упоры с электроконтактными или пневматическими датчиками для крупных деталей и фотоэлементы для мелких деталей. Если на одной из позиций сборочной линии обнаружено неправильное положение детали или отсутствие ее, то автоматическая сборочная линия с централизованной системой управления останавливается в результате срабатывания блокировочного устройства. На автоматической сборочной линии с децентрализованной системой управления при обнаружении бракованных деталей на одной из позиций линии последняя останавливается, бракованный узел перемещается транспортным устройством на следующие позиции линии, но исполнительные органы на последующих операциях, не получая соответствующего сигнала с предыдущей опе-

рации, не производят работу по сборке. Следовательно, собираемый узел, получив дефект на какой-либо сборочной операции, проходит все последующие операции поточной линии, но сборочные работы на этом узле не производят и в конце линии дефектный узел идет в брак.

12 АВТОМАТИЗАЦИЯ УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сложность технологического оснащения и комплексной автоматизации тароупаковочного производства обуславливается огромным разнообразием производимой продукции, видов упаковки и средств пакетирования грузов, их типоразмеров и конструктивных исполнений. Этими факторами, в свою очередь, определяется и большая номенклатура разнообразных видов тароупаковочных машин, уровень универсальности, степень автоматизации, производительность и стоимость которых, как правило, зависят от широты номенклатуры и объемов выпуска упаковываемой продукции, то есть от типа производства.

В структуре производственного процесса операции упаковывания продукции и формирования из нее укрупненных грузовых единиц выполняются, как правило, на завершающих этапах. В обобщенном виде эта часть технологического процесса включает в себя такие этапы, как:

- изготовление тары и других упаковочных средств;
- подготовка тары, укупорочных средств и других элементов упаковки к упаковыванию;
- подготовка к упаковыванию изготовленной продукции (изделий);
- дозирование и фасование (укладка) продукции (изделий) в тару;
- укупоривание тары, маркировка и оформление упаковочных единиц;
- группирование упаковочных единиц и укладка в транспортную тару;
- укупоривание транспортной тары и маркировка транспортных единиц;
- подготовка средств пакетирования;
- формирование из транспортных единиц с помощью средств пакетирования укрупненных грузовых единиц;
- складирование укрупненных грузовых единиц и отгрузка товара потребителям.

В свою очередь перечисленные этапы обычно состоят из нескольких последовательных операций, которые выполняются технологическими машинами, содержащими адекватные исполнительные

устройства и механизмы. Эти машины часто объединяются сквозной транспортирующей системой, как между собой, так и с технологическим оборудованием по производству самой продукции, образуя работающие в едином технологическом ритме механизированные или автоматизированные комплексы и поточные линии, связанные общей системой управления.

12.1 Автоматические комплексы расфасовки и упаковывания изделий

Для мелкопорционного упаковывания гранулированной сыпучей и мелкоштучной продукции широко применяются **горизонтальные автоматы**. В таком технологическом оборудовании рулон 1 (рис.81) устанавливается в механизме размотки 2, а затем лента с него через направляющие ролики 3 и механизм амортизации и натяжения ленты 4 подается в исполнительные механизмы автомата, включающие формующий треугольник 5, шаговую валковую подачу 6, устройство термоконтальной сварки с вертикальными линейками 7, механизм раскрытия пакетов с вакуумными присосками 8, а также дозатор 9, механизм укуповивания пакетов с горизонтальными сварочными линейками 10 и клещевую подачу, на зажимных планках 11 которой располагается отрезной нож.

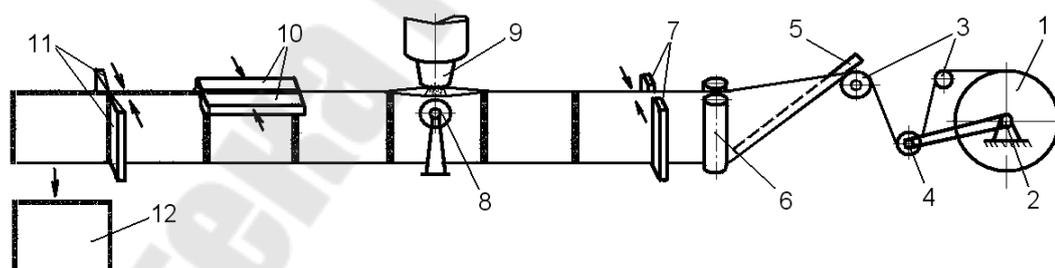


Рис. 81 - Функциональная схема горизонтального автомата

При работе автомата однослойная лента, разматываемая с рулона 1 шаговой валковой подачей 6, на формующем треугольнике 5 складывается в полурукав, а затем на позиции устройства термоконтальной сварки вертикальными линейками 7 этот полурукав сваривается двойным вертикальным швом в пакеты. На следующей же исполнительной позиции к стенкам сформированного пакета прикрепляются вакуумные присоски 8 и, расходясь, раскрывают горловину

пакета под загрузочным соплом дозатора 9, фасующим в пакет отмеренную порцию упаковываемой продукции. После этого вакуум в присосках отключается, и пакет перемещается в полурукавном полотне на позицию укупоривания, где смыкающимися горизонтальными сварочными линейками 10 герметично заваривается его горловина. Затем смыкающимися зажимными планками 11 клещевой подачи, срабатывающей синхронно с валковой подачей 6, полурукавное полотно перемещается на следующий шаг, равный ширине пакета. При этом вертикальный нож, встроенный в эти планки, разрезает полотно между сдвоенным вертикальным швом и отделяет от него готовую упаковочную единицу 12, которая затем по отводящему наклонному лотку перемещается на приемную позицию для укладки в транспортную тару, а разомкнувшиеся зажимные планки 11 клещевой подачи в это время возвращаются в исходное положение для выполнения следующего цикла. Подобный принцип действия реализован, например, в горизонтальных упаковочных автоматах модели ВАЭМ 4/1-10/Г, которые разработаны и серийно изготавливаются группой компаний ЗАО «ВАЭМ» (Беларусь).

Вертикальные пакетформирующие упаковочные автоматы (рис.82) выполняются обычно с отдельными механизмами для шаговой протяжки разматываемой с рулона упаковочной ленты и для выполнения на заполненном пакете сдвоенного поперечного шва. Это усовершенствование обеспечивает им более высокую надежность и кинематическую производительность. Таковыми, например, являются вертикальные однопоточные автоматы моделей ВАЭМ-1, ВАЭМ-1М и ВАЭМ-1МС, которые разработаны и серийно изготавливаются группой компаний ЗАО «ВАЭМ» (Беларусь). Предназначены они для упаковывания в трехшовные пакеты, изготавливаемые из рулонной однослойной пленки или ламинированной полиэтиленом бумаги и алюминиевой фольги, разнообразной легко- и трудносыпучей продукции, а также мелкоштучных изделий (конфет, сухофруктов, макаронных и других аналогичных товаров).

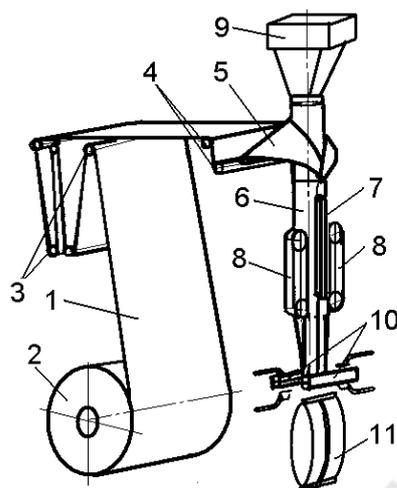


Рис. 82 - Функциональная схема вертикального однопоточного автомата модели ВАЭМ-1

В этих автоматах лента 1 (рис.82) упаковочного материала в процессе работы разматывается с рулона 2 и через механизм амортизации и натяжения 3, а также направляющие ролики 4 подается на воротниковый рукавообразователь 5, который обеспечивает ее сворачивание в рукав на сопрягающейся вертикальной трубе 6. При этом края формируемого рукава соединяет непрерывным нахлесточным швом вертикальная сварочная линейка 7, прижимающая их к трубе 6 в каждом цикле, а его пошаговое продвижение осуществляет пара ленточных транспортеров 8, у которых синхронно движущиеся бесконечные прорезиненные ленты с двух сторон своими смежными ветвями постоянно прижимаются к формируемому рукаву. Заданный же шаг цикловой подачи рукава обеспечивается фотодатчиком, считывающим с поверхности ленты нанесенные при декорировании специальные метки. Затем в сформированный и заваренный снизу рукав по фасочной трубе из дозатора 9 подается порция упаковываемой продукции и далее он пережимается над продуктом смыкающимися поперечными сварочными линейками 10, выполняющими на пережатом участке рукава два поперечных сварных шва с одновременной разрезкой материала между швами. В результате один из этих швов укупоривает отделяемый от рукава заполненный пакет 11, а второй шов остается на конце рукава, образуя дно следующего пакета, и далее цикл повторяется. В состав данного автомата также входят: микропроцессорная система управления; термомаркирующее устройство, представляющее датку на вертикальном шве пакета; а также шкаф с электрооборудованием. В зависимости от свойств упаковываемой про-

дукции эти автоматы могут дополнительно оснащаться различными объемными дозаторами (револьверными, барабанными, стаканчиковыми, шнековыми); дозаторами весовыми однопоточными, многопоточными (до 6 потоков) и комбинационными; устройствами снятия статического электричества, удаления пыли, вакуумирования пакетов и заполнения инертным газом; устройствами, формирующими на пакетах боковые складки, плоское дно и выполняющими «европросечки»; загрузочными и отводящими транспортерами, а также другими необходимыми механизмами.

12.2 Формовочно-упаковочные автоматические линии

Для массового производства потребительской термоформованной тары и упаковывания в нее продукции широко применяются высокопроизводительные **формовочно-упаковочные автоматические линии**, функциональная схема наиболее типовой из которых приведена на рис. 83. В процессе работы этой линии термоформуемое полимерное полотно 1 разматывается с рулона 2 и поступает через блок роликов 3 механизма амортизации и натяжения ленты в захваты цепного бесконечного транспортера 4, которым в шаговом режиме перемещается через исполнительные устройства линии. При этом устройством 5 осуществляется двухсторонний нагрев материала контактными электронагревателями до пластичного состояния, а в устройстве 6 производится однорядное или многорядное пневмомеханическое термоформование в разогретом полотне потребительской тары в виде ячеек заданной формы. Затем полотно с отформованной тарой 7, охлаждаясь, перемещается к дозатору 8, фасующему в нее упаковываемый продукт. При дальнейшем перемещении полотно 1 накрывается сверху покровной пленкой 9, разматывающейся с рулона 10. Далее в устройстве 11 опускающейся горячей плитой 12 к фланцу заполненной тары герметично приваривается крышка из покровной пленки 9, а затем в устройстве 13 полученные упаковки 14 вырубаются из упаковочного полотна и ленточным транспортером 15 выводятся из машины. Отходы полотна 16 в свою очередь поступают из цепного транспортера 4 на вращающуюся катушку 17, для последующей утилизации. Заданный автоматический режим работы линии обеспечивается микропроцессорной системой управления 18, обладающей необходимой гибкостью в установке и регулировании технологических параметров цикла.

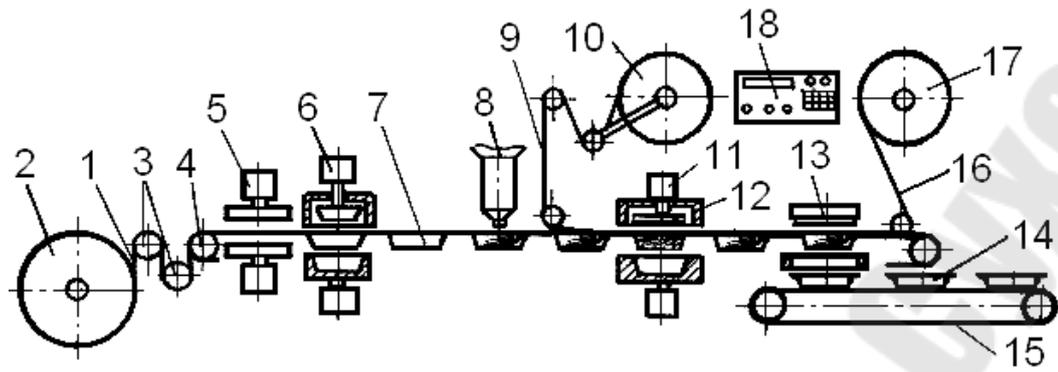


Рис.83 - Функциональная схема формовочно-упаковочной автоматической линии

13 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Несмотря на большое разнообразие технологического оборудования по назначению, устройству и особенностям эксплуатации, к нему предъявляются общие требования безопасности, соблюдение которых при конструировании и эксплуатации обеспечивает его безопасность.

Эти требования сформулированы в ГОСТ 12.2.003 "ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности".

ГОСТ 12.2.17-86, ГОСТ 12.1.003-86, ГОСТ 12.005-86, ГОСТ 12.012-83 – эксплуатация КШО, комплексов оборудования и автоматизированных линий на базе КШО

ОСТ 3.12.002-80 «Роботы промышленные. Требования безопасности при эксплуатации»

ОСТ 3.12.003 - 80 «Эксплуатация роботизированных комплексов»

Кроме данных ГОСТ, требования к производственному оборудованию содержатся в Межотраслевых общих правилах по охране труда, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 03.06.2003 № 70; Межотраслевых правилах по охране труда при холодной обработке металлов, утвержденных постановлением Министерства промышленности Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.07.2004 № 7/92, других НПА, ТНПА.

В соответствии со стандартом производственное оборудование должно обеспечивать требования безопасности при монтаже, эксплуатации, ремонте, транспортировании и хранении, при использовании отдельно или в составе комплексов и технологических систем.

Соблюдение этих требований предусматривает технические, организационные и санитарно-гигиенические мероприятия.

Организационные мероприятия:

- удобное расположение оборудования и прямоточное расположение грузопотоков;
- правильная организация и содержание в порядке рабочих мест;
- инструктажи работающих;

- запрещение работы на неисправном оборудовании и с использование неисправного инструмента,
- применение предупредительных надписей и плакатов, запрещающих те или иные действия или предупреждающие об опасности и т.д.

Санитарно-гигиенические мероприятия — это обеспечение рабочих мест соответствующим освещением, вентиляцией, создание комфортного теплового режима, устранение производственного шума, вибраций и т.п.

Технические мероприятия

1. применение машин и устройств, безопасных в эксплуатации, при наладке и ремонте;
2. максимальная механизация и автоматизация, особенно тяжёлых, трудоёмких и опасных производственных процессов
3. различные системы блокировки, обеспечивающие заданный порядок операций технологического процесса, безаварийную работу технологического оборудования, предотвращающие при этом ошибочные действия оператора, поломки, получение бракованной продукции;
4. контроль за состоянием и режимом работы автоматических линий, оборудования и его узлов, что обеспечивается с помощью современных КИП, средств сигнализации, системы контроля, регулирования и управления процессами;
5. применение встроенных в конструкцию средств защиты работающих, а также средств информации, предупреждающих о возникновении опасных (в том числе пожаровзрывоопасных) ситуаций;
6. ограждение движущихся, токоведущих и иных опасных деталей и узлов машин и устройств, использование средств фотоэлектронной защиты и т.д.

Производственное оборудование в процессе эксплуатации:

- не должно загрязнять окружающую среду выбросами вредных веществ выше установленных норм;
- не должно создавать опасности в результате воздействия влажности, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низких температур, агрессивных веществ и других факторов;
- должно быть пожаро- и взрывобезопасным;

-должно отвечать требованиям безопасности в течение всего периода эксплуатации при выполнении потребителем требований, установленных в эксплуатационной документации.

Основными причинами возникновения аварийных ситуаций:

- попадание работающего в опасную зону оборудования;
- могут явиться непредусмотренные, внезапные движения узлов и деталей оборудования;
- ошибочные действия оператора во время наладки и ремонта;
- доступ человека в рабочее пространство оборудования при его работе в автоматическом режиме: размещение пульта управления внутри рабочей зоны и отсутствие специального ограждения;
- отсутствие четкой информации о ситуации на автоматизированном (роботизированном) участке и причинах возникновения неполадок.

Защитные устройства делятся на:

- Неподвижные ограждения, оставляющие рабочее пространство закрытым в течение всего рабочего цикла работы;
- Подвижные защитные устройства, закрывающие рабочее пространство только в процессе рабочего цикла;
- Защитные устройства, действующие через системы управления оборудованием и оставляющие рабочее пространство открытым в течение всего цикла.

14 ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Эффективная эксплуатация промышленных роботов зависит прежде всего от их безопасной и безаварийной работы. Поэтому одной из специфических особенностей эксплуатации промышленных роботов, является их повышенная опасность для оборудования и обслуживающего персонала. При этом, помимо традиционных опасностей, присущих любому технологическому оборудованию, таких как травмирование движущимися элементами конструкций, поражение электрическим током и др. - роботы несут ряд новых потенциальных источников опасностей:

1) манипулятор робота, представляющий собой многозвенный механизм, часто значительных размеров, обладающий несколькими степенями подвижности и перемещающийся с достаточно высокой скоростью, может оказаться в любой точке рабочей зоны неожиданно для рабочего, причинив ему весьма серьезную травму, вплоть до смертельной;

2) движения или действие робота могут быть столь сложны (особенно при наличии устройств осязания), что даже оператор не может уверенно предполагать, какими они будут в следующий момент. Например, "отключенный" на первый взгляд робот может внезапно зажечь сварочную дугу, начать движение "руки", сжать губки захватного устройства и т. п.;

3) поведение робота, определяемое управляющей программой и качеством элементов устройства управления, в случае ошибок в программе либо сбоев в микросхемах может стать непредсказуемым;

4) манипулирование на значительных скоростях объектами, обладающими часто большими массами, при ненадежном их удержании либо ошибочном раскрытии захватного устройства представляет опасность травмирования выпавшим объектом;

5) вынужденная необходимость нахождения персонала в рабочей зоне в непосредственной близости от робота при его обучении или техническом обслуживании резко повышает уровень опасностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Ю. З. Житников, Б. Ю. Житников, А. Г. Схиртладзе [и др.]: под общ. ред. проф. Ю. З. Житникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Старый Оскол: ТНТ, 2011. — 656 с.

2. Щагин А.В., Демкин В.И., Кононов В.Ю. Основы автоматизации техпроцессов: учебное пособие. -М.: Высшее образование, 2009.-163 с.

3. Автоматизация производства (металлообработка). Учебник для нач. проф. образования / Б. В. Шандров, А. А. Шапарин, А.Д. Чудаков. - М.: Издательский центр -Академия.. 2004. -256 с.

4. Шипинский В. Г. Оборудование для производства тары и упаковки: учебное пособие. – Минск: Новое знание, М.: ИНФРА-М, 2012.-624с.

5. Старовойтов, Н. А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: курс лекций по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / Н. А. Старовойтов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 136 с.

6. Сычев Е.Г., Верещагин М.Н., Стрикель Н.И. Автоматизация кузнечно – штамповочного производства. Часть I. Основные системы автоматизации кузнечно – штамповочного производства. - Гомель, ГПИ, 1995.-83 с.

7. Сычев Е.Г., Верещагин М.Н., Стрикель Н.И. Автоматизация кузнечно – штамповочного производства. Часть II. Механизация и автоматизация холодной штамповки. Гомель, ГПИ, 1995.- 104 с.

8. Сычев Е.Г., Верещагин М.Н., Стрикель Н.И. Автоматизация кузнечно – штамповочного производства. Часть III. Механизация и автоматизация холодной штамповки. Гомель, ГПИ, 1996.-44 с.

9. Васильев К.И., Смирнов А.М., Сосенушкин Е.Н. Автоматизация, робототехника и гибкие производственные системы кузнечно-штамповочного производства: учебник/ - Старый оскол: ТНТ, 2009. – 484 с.

10. Максименко А.Е. Проскуряков Н.Е. Автоматизация кузнечно-штамповочного производства. Учебное пособие, 2-е изд. – М.: МГИУ, 2007.-192с.

11. Кукуй Д.М. Одиночко В.Ф. Автоматизация литейного производства. Учебное пособие – Минск: Новое знание, 2008.-240с.
12. Норицын И.А., Власов В.И. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1967.-388с.
13. Белоусов А.П., Дашенко А.И., Полянский Т.М., Шулешкин А.В. Автоматизация процессов в машиностроении. Учебное пособие.- М.: Высшая школа,1973.-456 с.
14. Смирнов А.М., Васильев К.И. Основы автоматизации кузнечно-прессовых машин. Учебник. М.: Машиностроение,1987.-272 с.
- 15 Средства механизации и автоматизации кузнечно – штамповочного производства. Каталог, М.: НИИМАШ, 1977.
16. Барановский М.А. Механизация и автоматизация штамповочного производства, – Минск, Госиздат БССР, 1960.
17. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками. Под ред. Прейса В.Ф., – М.: Машиностроение, 1975.
18. Керного В.В. и др. Основы автоматики и теория автоматического регулирования, Высшая школа, 1972.
19. Овчинников С.С. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов. – Минск, Высшая школа, 1973.
20. Атрощенко А.П. Механизация и автоматизация горячей штамповки. – М.: Машиностроение, 1965.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ.....	2
1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА.....	3
1.1 Социальные аспекты и экономическая эффективность применения автоматизации.....	3
1.2 Производственный процесс, его этапы и особенности.....	5
1.3 Основные определения автоматизации производства (ГОСТ 23004-78). Элементы автоматики.....	7
1.4 Классификация систем автоматики.....	9
1.4.1 Системы автоматического управления (САУ).....	10
1.4.2 Системы автоматического контроля (САК).....	11
1.4.3 Системы автоматического регулирования (САР).....	12
1.4.4 Рефлексные и безрефлексные, замкнутые и разомкнутые системы автоматики.....	13
2 ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ.....	17
2.1 Датчики. Основные показатели датчиков.....	17
2.2 Классификация датчиков.....	18
2.3 Индуктивный датчик.....	19
2.4 Дифференциально-трансформаторный датчик.....	20
2.5 Емкостные датчики.....	21
2.6 Путевые выключатели.....	21
2.7 Радиоактивный счетчик оборотов.....	23
2.8 Оптические (фотоэлектрические) датчики.....	24
2.9 Сельсин.....	25
3 ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ.....	28
3.1 Усилители.....	28
3.1.1 Основные показатели усилителей. Виды усилителей.....	28
3.1.2 Электронные усилители.....	29
3.1.3 Магнитные усилители.....	29
3.1.4 Гидравлический усилитель и пневмоусилитель.....	31
3.2 Реле.....	32
3.2.1 Классификация и назначение реле.....	32
3.2.2 Электромагнитное реле.....	33
3.2.3 Электронное реле.....	33
3.2.4 Фотореле.....	34

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ.....	36
4.1 Общие сведения об измерениях.....	36
4.2 Приборы и устройства для измерения температуры.....	37
4.2.1 Термометры расширения жидкостные стеклянные.....	38
4.2.2 Термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения твердых тел.....	38
4.2.3 Газовые и жидкостные манометрические термометры.....	38
4.2.4 Электрические термометры.....	39
4.2.5 Фотоэлектрические пирометры.....	43
4.3 Измерение силы, массы и давления.....	45
4.4 Приборы для измерения давления. Манометры.....	46
4.5 Устройства неразрушающего контроля.....	49
4.5.1 Ультразвуковые методы контроля.....	49
4.5.2 Магнитные методы контроля.....	51
4.6 Контрольно-блокирующие устройства.....	54
5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ.....	57
5.1 Виды заготовок.....	57
5.2 Органы захвата.....	60
5.2.1 Общая классификация хватных органов.....	60
5.2.2 Валковый хват.....	62
5.2.3 Клиновой и ножевой хват.....	65
5.2.4 Клещевой хватный орган.....	67
5.2.5 Шибберные (толкающие), карманчиковые и гравитационные хватные органы.....	67
5.2.6 Вакуумные захваты.....	68
5.2.7 Электромагнитные захваты.....	70
5.3 Устройства для подачи непрерывного и условно-непрерывного материала.....	74
5.3.1 Разматывающе-правильные устройства.....	75
5.3.2 Полосо- и листоукладчики.....	79
5.3.3 Валковая подача.....	81
5.3.4 Клещевая подача.....	84
5.3.5 Клино-роликовая подача.....	85
5.3.6 Крючковая подача.....	88
5.3.7 Ножевая подача.....	89
5.4 Устройства для подачи штучного материала.....	90
5.4.1 Бункерные загрузочные устройства.....	92
5.4.2 Магазинные загрузочные устройства.....	96
5.4.3 Шибберные питатели.....	98

5.4.4	Револьверные питатели.....	100
5.4.5	Грейферные питатели.....	103
5.4.6	Механизмы поштучной выдачи заготовок (тактовые механизмы).....	06
6	АВТОМАТИЧЕСКИЕ УДАЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА.....	109
6.1	Сбрасывающие устройства.....	109
6.2	Выносящие устройства.....	110
6.3	Устройства для стапелирования и кассетирования.....	111
7	ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И МЕХАНИЗМЫ.....	114
7.1	Гравитационные транспортеры.....	115
7.2	Конвейеры	117
8	ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ.....	121
8.1	Задачи, решаемые роботизацией.....	121
8.2	Конструкция промышленных роботов.....	123
8.3	Принцип построения ПР.....	126
8.4	Классификация и техническая характеристика ПР.....	127
9	АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ... ..	131
9.1	Структура автоматического комплекса для холодной листовой штамповки.....	133
9.2	Автоматическая штамповка на горячештамповочных автоматах.....	134
9.3	Роторные и роторно– конвейерные линии.....	135
9.4	РТК и РТЛ холодной штамповки.....	137
10	АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	140
10.1	Автоматические сварочные линии.....	140
10.2	Автоматическая линия изготовления сварных труб.....	141
11	АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ.....	145
11.1	Основные этапы автоматизированной сборки	145
11.2	Сборочные робототехнические комплексы (РТК).....	146
11.3	Роторные сборочные автоматы	149
12	АВТОМАТИЗАЦИЯ УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	153
12.1	Автоматические комплексы расфасовки и упаковывания изделий.....	154
12.2	Формовочно-упаковочные автоматические линии.....	157
13	ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	159
14	ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ.....	162
	Литература.....	163

Агунович Ирина Валентиновна

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТ
В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

**Курс лекций
для слушателей специальности 1-59 01 01
«Охрана труда в машиностроении и приборостроении»
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 06.10.14.

Пер. № 100Е.
<http://www.gstu.by>