


ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

## **Учебно-методическое пособие** по дисциплине

# **«Технология сборки изделий»**



Авторы  
Давыдова И.В.,  
Лебедев В.А.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Учебное пособие «Технология сборки изделий» предназначено для магистрантов дневной и заочной форм обучения направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

## Авторы

к.т.н, доцент каф. «Технология машиностроения»

Давыдова И.В.

к.т.н, профессор каф. «Технология машиностроения»

Лебедев В.А.



## Оглавление

Раздел 1. Технологичность конструкции машин.....	5
1.1. Место технологичности конструкций в интегрированных САПР машиностроительных производств.....	5
1.1.1. Взаимосвязь конструкционных и технологических параметров изделия.....	5
1.1.2. Общая структура изделия и её влияние на технологичность конструкции.....	11
1.1.3. Влияние формы деталей на технологичность конструкции изделия.....	14
1.1.4. Методы соединения деталей и их влияние на технологичность конструкции.....	21
1.2. Основные принципы обеспечения технологичности конструкции на этапе проектирования.....	25
1.2.1. Общие понятия и положения теории технологичности конструкций машин.....	25
1.2.2. Качественная оценка технологичности конструкции машин.....	32
1.2.2.1. Основные технологические требования к изделиям механосборочного производства, используемые при качественной оценке производственной технологичности.....	35
1.2.2.2. Технологические требования к конструкции сборочных единиц.....	36
1.2.3. Количественная оценка производственной технологичности конструкции изделий.....	39
1.2.3.1. Показатели технологичности разрабатываемой конструкции.....	40
1.2.3.2. Методы определения количественных показателей технологичности разрабатываемой конструкции.....	44
1.2.3.3. Разновидности работ по обеспечению технологичности конструкции.....	45
1.3. Предпосылки разработки автоматизированной системы совершенствования технологичности конструкции машин....	46
1.3.1. Интегрированные системы автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства...46	
1.3.2. Автоматизированные методы совершенствования технологичности конструкции.....	48

Раздел 2. Автоматизация сборочных работ.....	49
2.1. Задачи и специфика автоматизации сборочных работ.....	49
2.2. Технологичность конструкции изделий при автоматической сборке.....	63
2.3. Основные методы автоматической сборки.....	73
2.3.1 Автоматическая ориентация деталей и составных частей изделия.....	73
2.3.2 Сборка сопряжений по цилиндрическим поверхностям с гарантированным зазором.....	76
2.3.3 Сборка сопряжений с гарантированным натягом.....	82
2.3.4 Сборка резьбовых соединений.....	84
2.3.5 Соединения клепкой.....	91
2.3.6 Автоматическая пайка.....	97
2.4. Оборудование для автоматической сборки.....	100
Раздел 3. Технология выполнения сборочных операций типовых сборочных единиц.....	113
3.1. Сборка составных валов и муфт.....	113
3.2. Сборка сборочных единиц с цилиндрическими деталями, движущимися возвратно-поступательно.....	120
3.3. Сборка подвижных конических соединений.....	126
3.4. Сборка соединений с деталями, базирующимися на плоскостях.....	127
3.5. Сборка гидравлических и пневматических сборочных единиц и систем.....	129
3.6. Трубопроводы и уплотнения.....	138
3.7. Характеристика некоторых сборочных операций.....	139
3.8. Заключительные операции ТП сборки.....	143
3.8.1. Окраска изделий.....	143
3.8.2. Подготовка изделий к хранению и отправке потребителю.....	146
3.8.3. Клеймение и маркировка деталей и сборочных единиц.....	148
3.8.4. Гидравлические испытания собранных сборочных единиц.....	151
3.9. Ручной и механизированный инструмент, применяемый при сборке.....	152
3.10. Оборудование сборочных цехов.....	158
Литература.....	166

## **Раздел I. Технологичность конструкции машин**

Отработка конструкции машины на технологичность должна осуществляться на всех стадиях ее существования. Большой объем работ при решении этой задачи, приходится на постановку машины на производство и в процессе самого производства. Следовательно, технолог, как и конструктор должен в совершенстве владеть методами оценки, анализа и повышения уровня технологичности конструкции. Только совместным решением этой задачи (конструктор-технолог) может дать высокие результаты.

### **1.1. Место технологичности конструкций в интегрированных САПР машиностроительных производств**

#### **1.1.1. Взаимосвязь конструкционных и технологических параметров изделия**

Основной целью развития промышленного производства является постоянное повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий.

*Себестоимость продукции, качество изделия, время проектирования и постановки на производство однозначно определяют оптимальное решение, однако не являются единственными критериями конкурентоспособности. В процессе проектирования необходимо учитывать и принимать во внимание все факторы жизненного цикла изделия (англ. *life cycle*), включая аспекты его эксплуатации, ликвидации и возможности повторного использования.*

Системы автоматизированного проектирования (САПР) являются основополагающим фактором конку-

рентоспособности предприятия на рынке: обеспечивают сокращение сроков проектирования и постановки на производство, снижение себестоимости продукции и повышение качества выпускаемых изделий.

Методология *интегрированного проектирования* основана на утверждении, что создание изделия является процессом, начинающимся с момента определения потребности и заканчивающимся материализацией идеи. В этом понимании целью проектирования должно являться формирование в требуемые сроки изделия с уровнем качества и ценой, отвечающим требованиям будущего потребителя.

Как следует из вышесказанного, ключевым вопросом является интеграция 3-х основных областей проектирования: маркетинга, конструкции и технологии. Основные этапы интегрированного проектирования иллюстрирует рис.1.

*Проект изделия* представляет собой совокупность согласованных решений, исходящих из различных требований к нему (англ. *Design for X*), в том числе и требований к технологичности конструкции.

*Конструкция* представляет собой продуманный комплекс свойств, которые должны быть приданы материальному объекту и является необходимым и достаточным условием для производства изделия. Процесс конструирования изделия и проектирование технологии его изготовления тесно связаны между собой понятием технологичности конструкции.

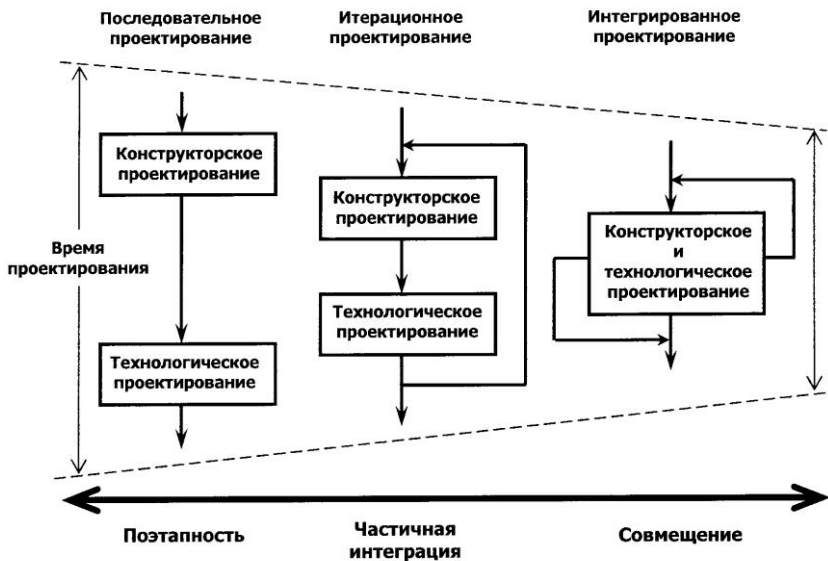


Рис.1. Различные степени интеграции проектирования

*Технологичность конструкции* можно сформулировать как свойство конструкции, обеспечивающее получение в заданных технологических условиях, при установленной серийности продукции, минимальных затрат живого и овеществлённого труда при изготовлении и сборке изделия. Технологический процесс, следовательно, приводит материальный объект в состояние, отвечающее свойствам конструкции, predetermined проектировщиком. Из двух конструкций одного и того же изделия, в равной мере удовлетворяющих конструкторским требованиям, та будет более технологичной, которая обеспечит меньшие суммарные производственные затраты.

Сотрудничество конструктора и технолога даёт возможность разработки проектной документации, полностью отвечающей требованиям технологичности

конструкции.

Анализ технологичности конструкции изделия, особенно в ранних стадиях проектирования (концептуальное проектирование), из-за ограниченности информации о будущем технологическом процессе производства, может основываться как на качественных, так и на количественных методах общей оценки их конструкционных параметров. Широкое распространение, в литературе по технологичности конструкции получили общие принципы и правила, приводимые в виде рекомендаций (*«технологично» - «не технологично»*), часто иллюстрируемые соответствующими им примерами, но ответ на этот вопрос может дать только количественная оценка.

С точки зрения теории математического моделирования, каждое изделие «И» можно описать некоторым множеством конструкционных параметров, которые можно подразделить на пять типов: форма (внешний вид) «Ф», структура «С», поверхности «П», материал «М» и размеры «Р»:

$$И = (Ф, С, П, М, Р).$$

*Конструкционные параметры* – это свойства изделия, обусловленные процессом его конструирования и производства, а сама конструкция представляет собой комплекс их сочетаний. Следовательно, исходя из этого, проектирование должно заключаться в оптимальном подборе конструкционных параметров.

Проектировщик, разрабатывая конструкцию, прежде всего, создаёт в своём воображении *форму* «Ф» будущего изделия или детали, часто именуемую также конструкторским внешним видом. Не каждое изделие, имеющее красивый внешний вид, функционально в желаемой мере, однако внешне «безобразное» всегда пробуждает сомнения относительно того,



рационально ли оно сконструировано. *Промышленный дизайн* – наука о создании форм промышленных изделий – является важным элементом маркетинговой политики предприятия, влияющей на объём продаж. Существует тесная связь дизайна с вопросами технологичности конструкции.

Общая форма изделия разрабатывается одновременно с формами составляющих его узлов и деталей, тесно взаимосвязанных между собой технологическим процессом сборки. Для изделий, в которых критерии эстетики имеют приоритетное значение, форму составляющих деталей следует подогнать к общей форме, а для тех, в которых важнее технико-экономические показатели, наоборот, первоочерёдность отдаётся форме составляющих деталей. Моделирование (синтез элементов или разделение) форм может создавать множество технологических проблем. Для сокращения производственных затрат рекомендуется деление деталей сложной формы на несколько составляющих деталей более простой. Однако с учётом затрат на сборку, суммарные производственные затраты этой новой сборочной единицы могут оказаться выше единичной детали сложной формы (рис.2).

Два варианта одной конструкции.

Деление конструкции детали сложной формы на конструкцию из нескольких деталей простой формы.

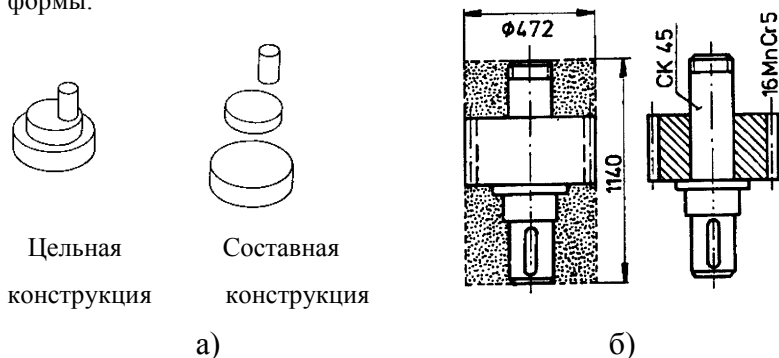


Рис.2. Неоднозначность принципов технологичности конструкции

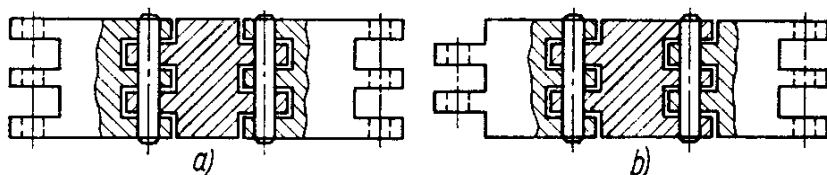


Рис.3. Транспортная цепь привода до (а) и после (б) унификации

Тенденцией общего характера оптимизации является создание пространственно компактных форм, т.е. их упрощение и сведение к геометрически правильным формам при широкой унификации и нормализации всего изделия (рис.3). С точки зрения технологичности конструкции, геометрически правильные фигуры и тела представляют собой идеальные концепции внешнего вида материальных объектов. Именно они служат графической основой (т.н. геометрическими

примитивами) каждой современной автоматизированной системы твёрдотельного параметрического проектирования.

### **1.1.2. Общая структура изделия и её влияние на технологичность конструкции**

*Структура «С»* изделия определяет порядок взаимного пространственного расположения его конструктивных компонентов (узлов и деталей). Конструктивные параметры структуры оказывают непосредственное влияние, как на общую форму изделия, так и на форму составляющих его компонентов. Взаимосвязь структуры изделия с формой и размерами его узлов и деталей наглядно проявляется уже в начальных стадиях проектирования, при оптимизации использования материала. Разнообразие способов использования занимаемого объёма, т.е. разнообразие форм и размеров, ограничивающих конструкцию в пространстве, заставляет обращать внимание на существование определённых конструктивных соотношений между различными параметрами структуры.

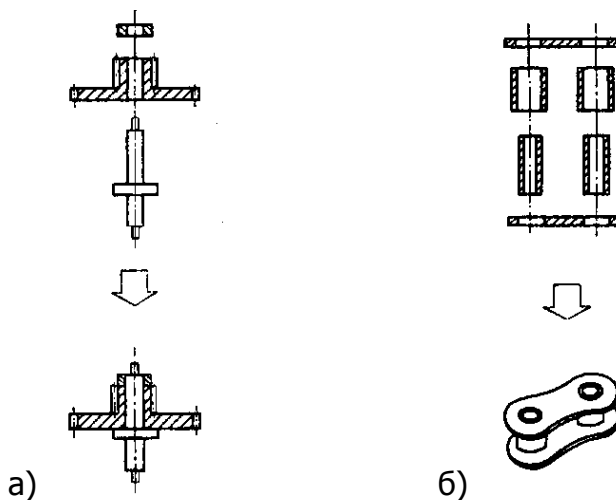


Рис.4. Примеры слоёной структуры узлов и деталей передач:

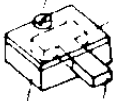

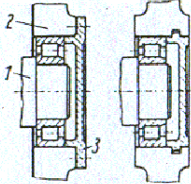

а - ступень зубчатой передачи; б - звено цепи передачи

Структура оказывает однозначное и решающее влияние на сборочную технологичность конструкции изделия, требования к которой значительно возрастают по мере увеличения серийности продукции и степени автоматизации технологического процесса сборки. Следует стремиться к одноступенчатой структуре, не разветвлённой на узлы, строящейся путём поочерёдного присоединения деталей. Желательно, чтобы сборка изделия осуществлялась в вертикальном направлении сверху вниз, а для подачи деталей использовался их собственный вес. Идеальной для автоматизированной сборки является слоёная структура, при которой каждая последующая деталь базируется и

крепится к предыдущей (рис.4). Одним из методов оптимизации структуры, с точки зрения удобства сборки, является частичный или полный переход к сложноконтурным видам соединений. Принцип коробочной структуры заключается в размещении и соединении отдельных функциональных групп деталей таким образом, чтобы их сборку можно было обеспечить без соединительных деталей, используя только их элементы формы (табл.1).

Таблица 1

Типы коробочной структуры изделий

Тип структуры	Схема	Пример
а) с вспомогательными элементами	<p>Соединительный элемент</p> <p>Вспомогательный элемент</p>  <p>Корпус    Деталь</p>	<p>...</p>
б) симметричная	<p>Соединительный элемент</p> <p>Части корпуса</p> <p>Деталь</p> 	
в) с пружинящими элементами	<p>Соединительный элемент</p>  <p>Корпус    Деталь</p>	<p>...</p>

Структура изделия и форма составляющих его узлов и деталей подбираются таким образом, чтобы все они размещались в какой-то одной, по возможности общей, базовой детали, обычно корпусной кон-

струкции, удерживаемые от выпадения, в зависимости от типа структуры, соединительными или вспомогательными деталями, обычно ненужными для функционирования данного изделия (табл.1,а). В качестве вспомогательного элемента может выступать вторая часть (для сохранения симметрии, лучше всего половина) базовой детали (табл.1,б). По этой причине требуемые в одной части выступы, выборки и другие элементы формы следует применить и в другой части базовой детали. Если в структуру изделия входят упругие элементы, то следует рассмотреть возможность использования их в качестве соединительных элементов (табл.1,в).

### **1.1.3. Влияние формы деталей на технологичность конструкции изделия**

*Поверхности «П»* – это внешние границы материала, которые с помощью размеров очерчивают форму детали. Всё многообразие поверхностей можно свести к трем типам:

- конструкторские базы (основные и вспомогательные (ОБи ВБ));
- исполнительные поверхности (ИП);
- свободные (соединительные и технологические) поверхности.

*Основные конструкторские базы* забирают у детали необходимое число степеней свободы и гарантируют ей требуемое положение в изделии. *Вспомогательные конструкторские базы* – это комплект поверхностей, с помощью которых определяют своё положение другие компоненты изделия, присоединяемые к

данной детали.

*Исполнительной* называется поверхность, с помощью которой деталь выполняет в изделии своё служебное назначение. В общем случае исполнительные поверхности могут совпадать с основными или вспомогательными конструкторскими базами, или иметь самостоятельное значение (например, лопатки паровой турбины).

*Свободные соединительные поверхности* обеспечивают соединение между отдельными функциональными поверхностями, а *технологические* необходимы для удобства обработки, сборки и эксплуатации изделия (например, центровочные отверстия, фаски, смазочные канавки и т.д.). Влияние наружных свободных поверхностей на форму детали в значительной степени проявляется косвенно, через выбор технологии их формообразования.

Зависимость между *материалом* «М» и формой носит двусторонний характер. С одной стороны, форма детали напрямую зависит от технологии её изготовления, а следовательно, находится в косвенной зависимости от технологических свойств материала. С другой стороны, многие механические и эксплуатационные свойства материала (например, такие как долговечность, пластичность, удельный вес) оказывают влияние на форму детали. Возможности снижения материалоемкости следует искать путём вариации материала и формы деталей. Причём, как установлено, при простой (единичной) нагрузке, в большинстве случаев возможна независимая оптимизация каждого из этих параметров. Например, при выбранном материале снижение материалоемкости пустотелого вала, работающего исключительно на кручение, связано с одновременным уменьшением толщины его стенок и увели-

чением размера наружного диаметра. Замена материала без изменения геометрических размеров в практике имеет место, когда конструктивная форма детали заранее установлена из технологических соображений (например, отливки корпусных деталей) или в случае деталей, не рассчитываемых на прочность из-за наличия в них небольших или неопределённых напряжений.

Если на чертеже не проставлены *размеры «Р»*, то он отражает лишь запись формы (конструкторского вида) детали. Комплексы размеров деталей и узлов определяют распределение размерной структуры всего изделия. При определённой форме, лишь один комплекс размеров оптимален, то есть соответствует выбранным критериям оценки конструкции. Таким образом, изменение размеров и изменение формы происходит одновременно.

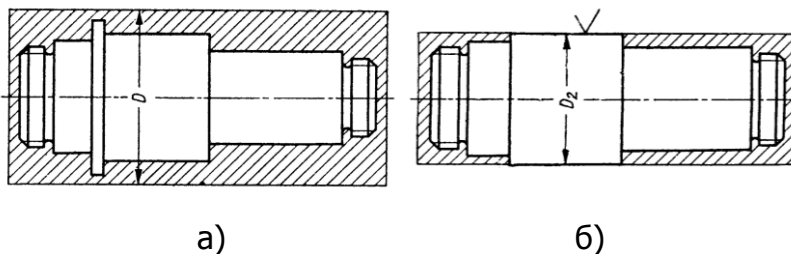


Рис. 5. Влияние размеров ступенчатого вала на его материалоёмкость

Основным принципом технологичности размеров, исходящим из условия снижения материалоёмкости конструкции, является выбор окончательной формы готовой детали с размерами, максимально приближенными к форме заготовки, при широких допусках на размеры, форму и расположение поверхностей.



Например, для деталей из круглого проката, это выражается главным образом в сокращении перепадов между диаметрами ступеней. В ступенчатом вале на рис.5,а увеличение диаметра заготовки, вызванное наличием заплечика, резко снижает коэффициент использования материала (43%). После его ликвидации, уменьшения перепада диаметров ступеней и применения в качестве заготовки калиброванного прутка, равного максимальному диаметру вала (рис.5,б), коэффициент использования материала возрастает почти в 2 раза (80%). В случае больших перепадов между диаметрами детали рекомендуется переход от цельной к составной конструкции, иногда, для снижения массы или стоимости изготовления, с применением разных материалов (рис.2,б).

При увеличении габаритных геометрических размеров происходит уменьшение отношения площади наружной обрабатываемой поверхности к объёму детали, что часто вызывает необходимость изменения технологического процесса.

Например, при термообработке количество выделяемого или поглощаемого тепла пропорционально объёму детали, а скорость тепловыделения или теплопоглощения – площади наружной поверхности. Для охлаждения или нагрева деталей больших размеров требуется непропорционально больше времени, чем для малых. Поэтому, для достижения одинакового качества верхнего слоя, закалку деталей больших размеров проводят в масле, а малых - в воде.

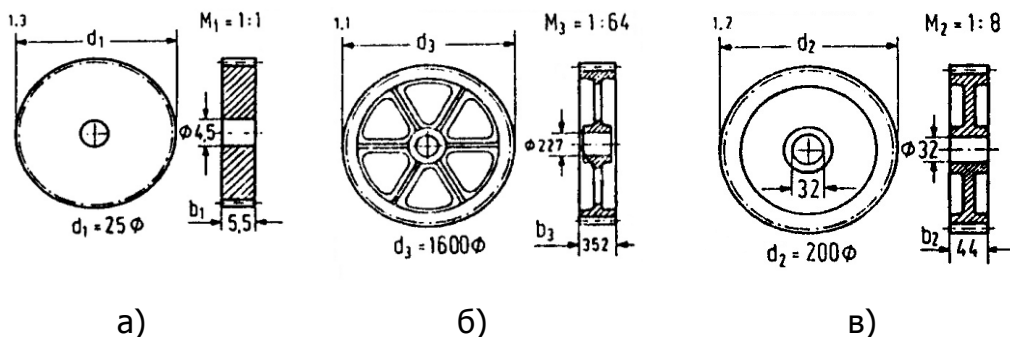


Рис.6. Формы зубчатых колёс при их различных относительных размерах: а - колесо большого диаметра ( $M_2=1:8$ ); б - колесо среднего диаметра ( $M_1=1:1$ ); в - колесо малого диаметра ( $M_3=1:64$ )

В конструкции зубчатых колёс наблюдается постепенный переход от полых ажурных форм (при больших диаметрах) к сплошным формам (при малых) (рис.6). Колёса средних диаметров (рис.6,б) получают, в зависимости от серийности продукции, из поковок или штамповок. Кованые колёса изготавливают в форме диска со ступицей или сплошными, без выточек. Первые легче, однако требуют большей механической обработки. Вторые колёса проще в изготовлении, но при большой ширине очень тяжелы и не позволяют получить однородные механические свойства зубьев при термообработке. Колёса больших диаметров (рис.6,а) делают литыми или составными, со спицами. Спицы, а также сверления в дисках между ободом и ступицей, применяют преимущественно для очень крупных колёс не только с целью снижения их веса, но также для удобства крепления колёс на станке при их обработке. Стальные колёса малых диаметров (рис.6,в) изготавливают преимущественно из круглого проката или дисков, вырезаемых из листового ме-

талла соответствующей толщины. Колёса самых малых размеров получают преимущественно методами точно го литья под давлением из пластмасс или лёгких сплавов, без последующей механической обработки. Этими причинами объясняется простая форма этих колёс.

Влияние технологического процесса на форму вследствие изменения относительных размеров детали иллюстрируют следующие примеры на рис.7 и 8.

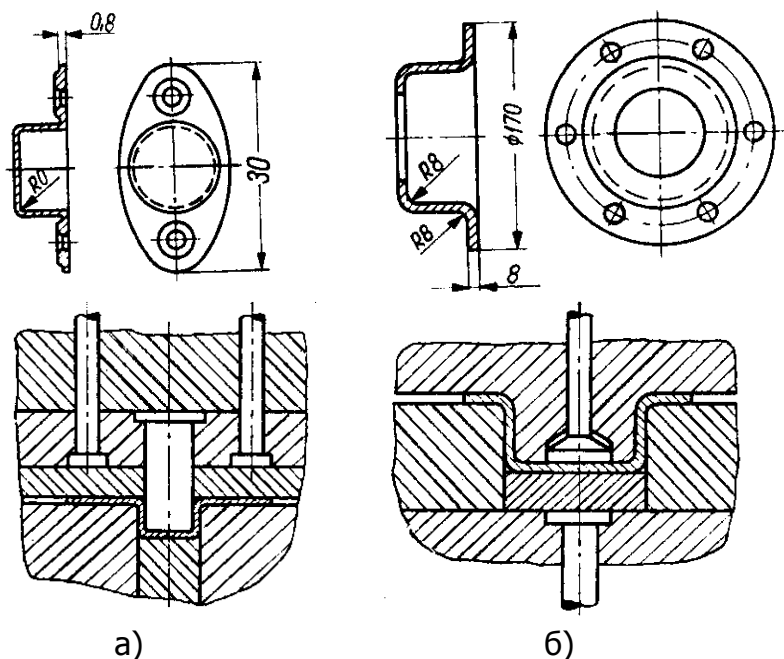


Рис.7. Формы корпуса подшипника и технологии их получения:  
 а - корпус малого размера; б - корпус большого размера

В случае корпуса подшипника из листового металла (см. рис.7) отличия проявляются соответственно

в наружной форме (контурах) фланцев и отбортовки, размещении крепёжных отверстий и разных радиусах закруглений. Малый корпус изготавливают методом штамповки и глубокой вытяжки, большой – комбинацией вытяжки и отбортовки. Круглый контур фланца большого корпуса (рис.7,б) способствует лучшей пластичности металла при вытяжке, а утолщение фланца не применяется из-за опасности возникновения трещин. Однако это же утолщение фланца на малом корпусе (рис.7,а) позволяет применить более технологичные отверстия с фаской.

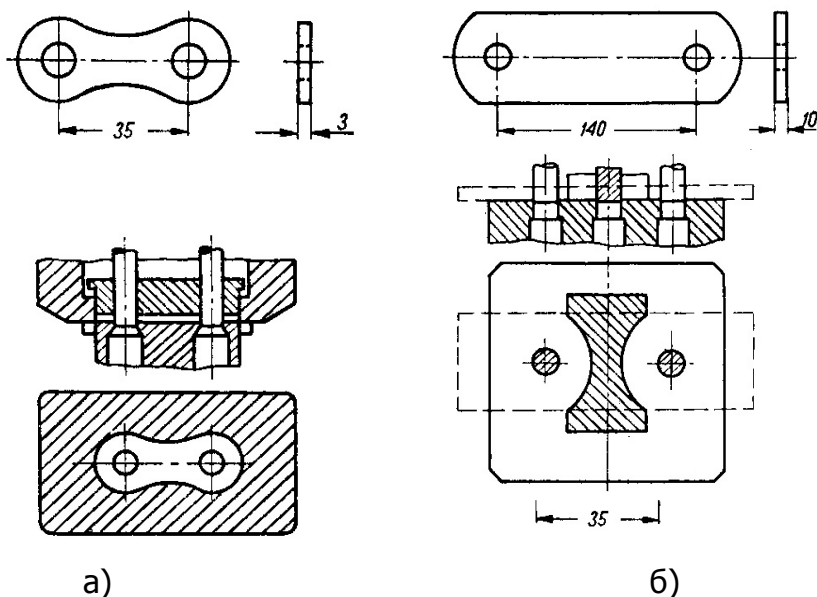


Рис. 8. Формы звеньев приводной цепи и технологии их получения:

а - звено малого размера; б - звено большого размера

Форма звена цепи (см. рис.8) непосредственно связана с применяемым для его изготовления типом

штампа соответствующего технологического процесса листовой штамповки. В звене малого размера (например, цепи привода велосипеда) криволинейная наружная форма получается в результате вырубки из листового металла (рис.8,а). Для изготовления звена большого размера (например, цепи привода портового крана), с целью снижения мощности используемого прессы, применяется фигурная отрезка из полосового металла (рис.8,б).

Из принципов технологичности сборки, а особенно автоматизации этого процесса, следуют специфические и часто противоречивые (например, увеличение симметрии и асимметрии) требования к формообразованию деталей, создающие дополнительные трудности при проектировании (см. рис.3).

#### **1.1.4. Методы соединения деталей и их влияние на технологичность конструкции**

Для правильного функционирования изделия, согласно установленным требованиям, составляющие его компоненты (узлы и детали) должны занять определённое взаимное расположение, то есть быть соответствующим способом установлены в процессе сборки. Конструктивные требования к соединению (например, плотное прилегание поверхностей или фланцев) часто вызывают дополнительные технологические требования (например, обеспечение соосности отверстий, параллельности плоскостей и т.д.). Внешнее оформление соединения элементов может быть осуществлено двумя различными способами. В первом случае, место прилегания стараются сделать как мож-

но менее заметным, что достигается повышением точности изготовления (обработки), специальным прикрытием или конструктивной маскировкой соединения. В другом случае наоборот, соединение элементов стараются специально выделить. Это может достигаться например, путём введения расстояния между элементами, добавлением выемки, желобка или канавки, дающих эффект тени, обозначением места (линии) соединения планкой или более тёмной окраской. Варианты конструкционного оформления соединительных плоскостей и осевых соединений приведены соответственно на рис. 9 и 10, а примеры расположения болтовых соединительных фланцев на рис.11.

Применение *подвижных соединений* (например, соединение вала с опорами, зубчатого колеса с рейкой, шатуна с пальцем кривошипа и т.д.) определяется исключительно основными и вспомогательными конструкторскими базами, а *неподвижных соединений* вызывается необходимостью расчленения изделия на составляющие компоненты (узлы и детали) для повышения его производственной, сборочной или эксплуатационной технологичности. В зависимости от перечисленных причин, применяют разъёмные и неразъёмные соединения.

Геометрия формы	Метод вариации формы	
	Объединение	Отсечение
Призма		
Цилиндр		
Конус		
Пирамида		
Шар		

Рис.9. Фрагмент морфологической таблицы для соединительных плоскостей

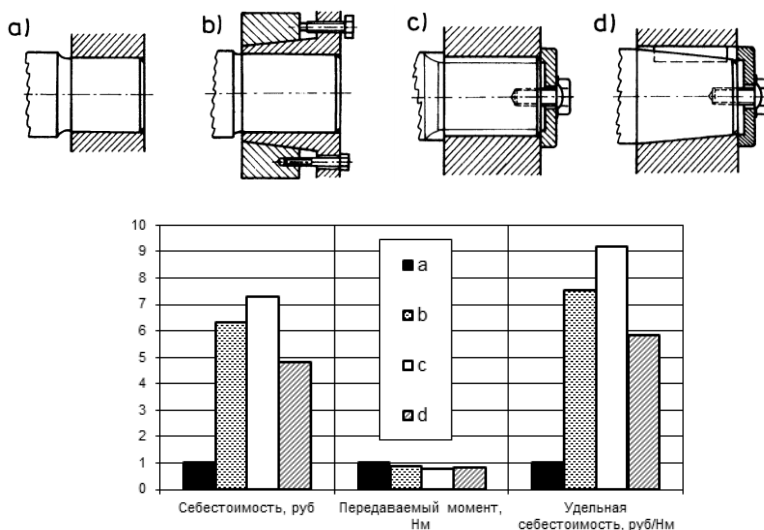


Рис.10. Морфологическая таблица конструктивных решений для осевых соединений: а - цилиндрическое, силовым взаимодействием; б - коническо-цилиндрическое, силовым взаимодействием; с - ци-

линдрическое, элементами формы;  
 коническое, элементами формы

d - кони-

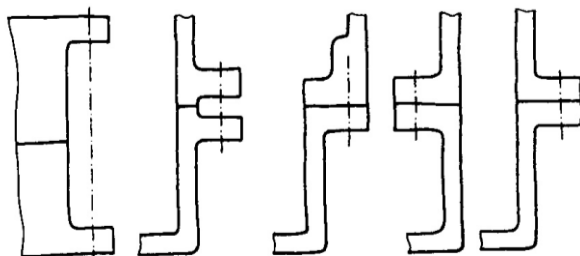


Рис.11. Варианты расположения болтовых соединительных фланцев

С технологической точки зрения, все соединения можно подразделить на 3 группы по типу используемых в них внутренних связей:

- соединения со связью посредством элементов формы (резьбовые, шлицевые, шпоночные, штифтовые, клиновые и т.д.);

- соединения со связью посредством силового взаимодействия (посредством посадок с гарантированным натягом);

- соединения со связью посредством материала (сварные, паяные, клеевые и т.д.).

*Разъёмные соединения*, относящиеся к связям посредством элементов формы или силового взаимодействия, можно подразделить на *конструктивные*, обусловленные, например, требованиями соединения элементов из разных материалов, и *эксплуатационные*,



вызываемые соображениями удобства использования или обслуживания, требованиями ремонта и транспортировки. *Неразъёмные соединения*, со связью посредством материала, как правило, ставятся в местах, называемых технологическими разрезами, где расчленение конструкции допускается соображениями технологии.

Проектирование соединений является очень ответственной задачей, так как большинство неполадок и разрушений в изделиях происходит именно в этих местах.

## **1.2. Основные принципы обеспечения технологичности конструкции на этапе проектирования**

### **1.2.1. Общие понятия и положения теории технологичности конструкций машин**

Конструкцию изделия характеризуют свойства сборочных единиц (СЕ), устройств, состав и взаимное расположение их частей, качество, форма и расположение поверхностей деталей и соединений, их состояние, размеры, материалы и т.д.

Конструктор, в процессе разработки конструкции, придает ей указанные свойства, чем предопределяет уровень затрат на создание, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Совокупность свойств конструкции изделия (исключая функциональные свойства), определяющих приспособленность его к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации при заданных показателях качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой технологичность конструкции изделия.

*Технологичность конструкции изделия* - это совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат при конструкторской и технологической подготовке производства, при изготовлении, ремонте и эксплуатации изделия.

Поскольку конструкция изделия влияет на эффективность его изготовления и эксплуатации, необходимо уметь отрабатывать конструкцию на технологичность с целью снижения трудоемкости и себестоимости изготовления и эксплуатации машин.

Для упорядочения вопросов отработки конструкции изделия на технологичность создана специальная система, включающая в себя ряд руководящих документов, методик и нормативных материалов.

*Под отработкой конструкции изделия на технологичность* понимается комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции изделия по установленным показателям.

Одним из основных принципов этой работы является то положение, что центр тяжести отработки конструкции на технологичность приходится на стадию разработки проектно-конструкторской документации, а также на первую стадию технологической подготовки производства. Это связано с тем, что именно в указанный период такие работы наиболее эффективны,

так как выбор лучшего варианта на этих стадиях предупреждает излишние затраты времени и средств на изготовление и испытание менее эффективных вариантов.

С другой стороны, это говорит о том, что основной объем работ по обеспечению технологичности конструкции приходится на период "ограниченной информации" об изделии и, соответственно, вызывает ряд трудностей в обеспечении технологичности изделия, о чем будет указано ниже. Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что основной задачей обработки конструкции на технологичность является придание изделию требуемого комплекса свойств.

В соответствии с возможными областями проявления тех или иных свойств, составляющих технологичность конструкции изделия, следует различать два вида технологичности - производственную и эксплуатационную.

*Производственная технологичность* проявляется в сокращении затрат средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, а также на изготовление изделия. *Эксплуатационная технологичность* проявляется при техническом обслуживании и ремонте машины в сфере эксплуатации. Предметом нашего рассмотрения является производственная технологичность.

Из ГОСТ 2.121-73 вытекает, что главная особенность при обработке изделия на технологичность состоит в определяющей роли технологии машиностроения, которая заключается в подчинении конструктивных решений требованиям рациональных технологических процессов изготовления и сборки. Осуществляется это с помощью технологических требований. Технологические требования, предъявляемые к машинам,

определяют условия их рационального производства. Выполнение этих требований ведет к созданию технологичных конструкций. Процесс производства машин многообразен и сложен, поэтому также многочисленны и разнообразны технологические требования к их конструкции. Они должны устанавливаться с учетом технических и эксплуатационных требований, предъявляемых к машине, так как только в этом случае обеспечивается техническая целесообразность и экономическая эффективность их применения.

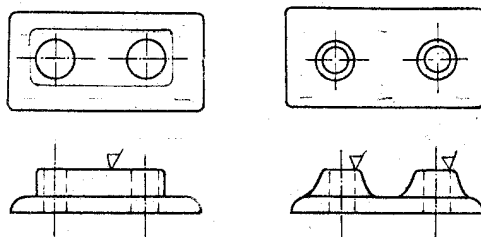
Технологические требования зависят от следующих основных факторов:

- 1) от вида изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект);
- 2) от объема выпуска изделия;
- 3) от типа производства (единичное, серийное, массовое).

*Вид изделия* определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к технологичности конструкции.

*Объем выпуска и тип производства* определяют степень технического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства, а также ряд других факторов.

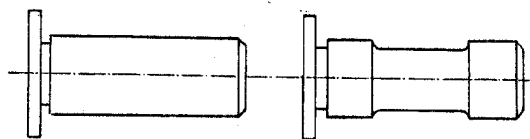
Итак, различным изделиям или их элементам в различных условиях предъявляются различные технологические требования. На рис.12-15 приведены примеры возможных конструктивных вариантов элементов изделий машиностроения, а ниже дан их анализ на соответствие (несоответствие) технологическим требованиям.



а)

б)

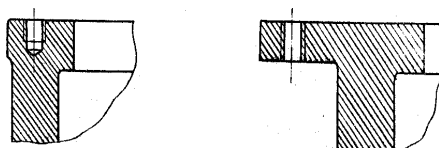
Рис.12. Варианты конструктивных элементов плиты



а)

б)

Рис.13. Варианты конструктивных элементов вала



а)

б)

Рис.14. Варианты конструктивных элементов фланца

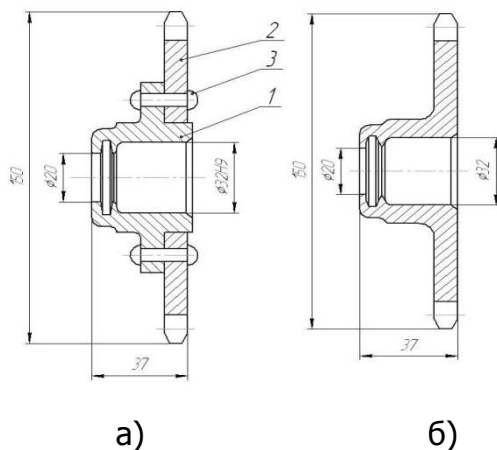


Рис.15. Варианты конструкции звездочки

Варианты конструкции, приведенные на рисунках под индексом «б», даны в сравнении с вариантами «а», и ведут к снижению трудоемкости механической обработки, расхода инструмента, материала и т.д.

Вариант на рис.14,б обеспечивает повышение стойкости инструмента, повышение производительности труда, упрощает контроль.

Так, при сверлении глухого отверстия и нарезания резьбы (рис. 14, а) встречается ряд трудностей. Необходим контроль или специальные устройства, обеспечивающие заданную глубину сверления отверстия и длину нарезаемой в нем резьбы. Перед нарезанием резьбы нужна продувка всех отверстий сжатым воздухом с целью удаления возможного попадания в них стружки на предварительных операциях механической обработки детали. При сквозном отверстии (см.

рис.14,б) названные отрицательные свойства отсутствуют.

В наших примерах все варианты конструктивно-го исполнения изделий под индексом «б» дают ощутимые положительные результаты при большом выпуске изделий в условиях серийного и массового производства и могут привести к обратным результатам – в единичном производстве.

Неоспоримы преимущества для условий массового производства варианта конструкции, приведенного на рис.15,б. Однако нельзя давать однозначную оценку преимуществ одного из них для условия серийного производства. Возникает приблизительное равенство свойств конструкций, и предпочтение одному из них на основе только оценки соблюдения технологических требований отдать невозможно. Появляется необходимость в наличии количественных показателей, сравнение которых обеспечило бы выбор наилучшего варианта.

Поэтому при обеспечении технологичности конструкции применяют два вида оценки: *качественную и количественную.*

### **1.2.2. Качественная оценка технологичности конструкции машин**

*Сущность качественной оценки технологичности конструкции* состоит в выборе лучшего варианта без определения количественной степени его превосходства.

Качественная оценка технологичности может заключаться не только в выборе лучшего варианта конструкции изделия, но и в оценке степени соблюдения требований и нормативов, отражающих конструктивно-технологические свойства изделия, определяющие минимальные затраты средств и времени при его изготовлении.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основании опыта исполнителя и, следовательно, в большой степени зависит от квалификации лица, ее производящего, и обладает большим субъективизмом. Качественная оценка вариантов конструкции допустима на всех стадиях создания машин, когда осуществляется выбор лучшего конструктивного решения и не требуется определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов.

Качественная оценка технологичности изделия предшествует количественной, определяет целесообразность количественной оценки и, соответственно, затрат времени на определение численных значений показателей технологичности.

Для уменьшения субъективизма качественной оценки существует перечень требований (технологи-



ческие требования и нормативы), которыми надо пользоваться при выполнении работ по обработке изделия на технологичность. Основные из них изложены в одном из разделов настоящего пособия, а подробно – в ГОСТах и в справочной литературе [1-3].

В зависимости от конструктивно-технологических особенностей изделия технологические требования могут конкретизироваться. Так, например, одни требования предъявляются к отливкам, другие – к штамповкам, третьи – к СЕ и т.д.

Требования могут быть общими и конкретными - регламентирующими параметры конструктивных и технологических элементов, сортаменты проката, марки применяемого материала и т.д. Однако, как указывалось ранее, несмотря на подробную разработку технологических требований, часто при качественной оценке имеет место примерное равенство двух или нескольких вариантов конструкций. В этом случае варианты для окончательного выбора лучшего из них подвергают количественной оценке.

*Сущность количественной оценки технологичности конструкции* состоит в выборе лучшего конструктивного варианта с помощью количественных показателей.

Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требованиям к технологичности конструкции.

Графическое представление о видах технологичности, о главных факторах, определяющих требования технологичности, и виды оценки представлены

на рис.16.

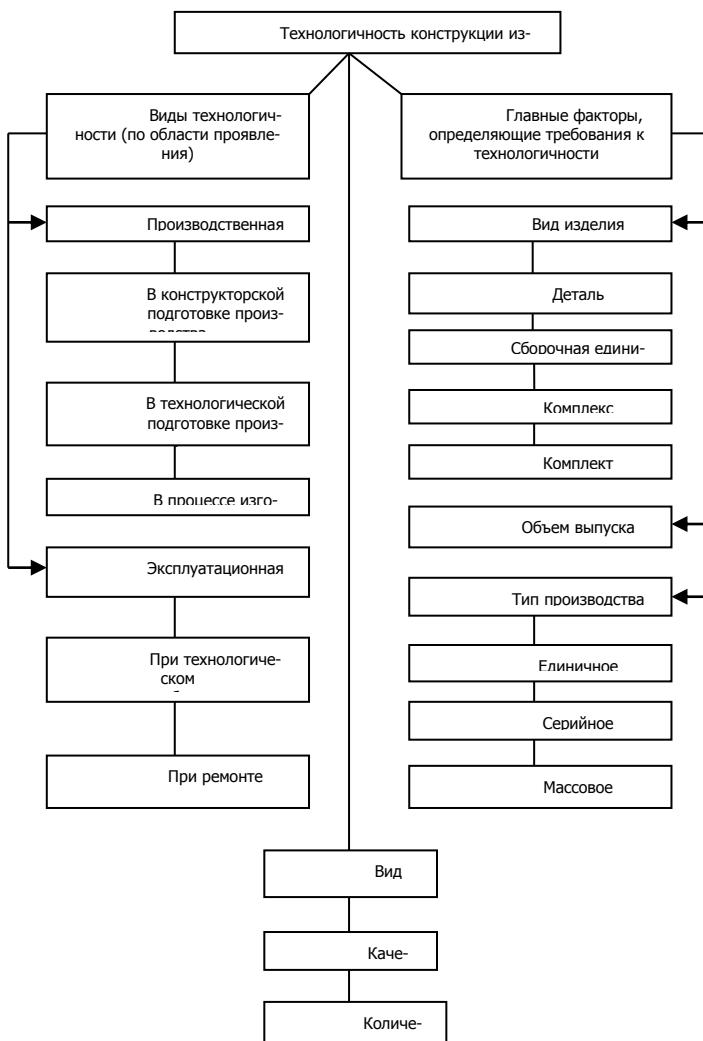


Рис.16. Схема формирования технологичности конструкции изделия

Как указывалось ранее, предметом нашего рассмотрения является производственная технологичность. А так как производственная и эксплуатационная технологичности взаимосвязаны, а в ряде случаев изменения в конструкции, направленные на улучшение производственной технологичности, вызывают изменение эксплуатационных характеристик изделия, то в результате оценки к внедрению могут рекомендоваться только варианты, не приводящие к ухудшению эксплуатационных свойств изделия. Иначе, требуется расчет изменения эффективности в эксплуатации, что входит в содержание специального курса.

#### **1.2.2.1. Основные технологические требования к изделиям механосборочного производства, используемые при качественной оценке производственной технологичности**

Критерием оценки производственной технологичности конструкций СЕ и деталей является минимум затрат при конструкторской, технологической подготовке производства и изготовлении.

Наряду с выбором наиболее рациональных вариантов конструктивного исполнения, качественный анализ технологичности конструкции изделия решает и другие задачи:

- разработку предложений по улучшению технологичности конструкции изделия;
- выявление наиболее сложных, с технологической точки зрения, особенностей конструкции с целью рационального проектирования технологических процессов, конструирования оснастки и др.

Качественная оценка технологичности производится путем выявления соответствия конструкции изделия системе технологических требований, обеспечивающих минимум трудоемкости и себестоимости изготовления изделия.

### **1.2.2.2. Технологические требования к конструкции сборочных единиц**

*Требования к составу сборочных единиц* заключаются в следующем:

- количество составных частей в СЕ должно быть по возможности наименьшим. Необходимо, чтобы в их числе было как можно больше унифицированных и стандартных деталей, покупных СЕ;

- в СЕ должна быть базовая деталь, являющаяся основой для расположения остальных составных частей СЕ и имеющая поверхности, удобные для ее установки и закрепления в процессе сборки;

- конструкция СЕ должна обеспечивать сборку без применения регулировочных и пригоночных работ (или с минимальным их объемом) при неизменном положении базовой детали и составных частей СЕ. Также необходимо, чтобы она обеспечивала удобный доступ к местам сборки, контроля, регулировки и пригонки, простоту компенсирующих устройств и удобство пользования ими, сборку и регулировку без промежуточной разборки и повторных сборок составных частей, возможность расчленения СЕ на составляющие СЕ, которые можно собирать параллельно, независимо друг от друга, возможность использования конструкторских баз в качестве технологических и измерительных.

*Требования к соединениям составных частей СЕ* заключаются в следующем:

– точность и шероховатость сопрягаемых поверхностей должны соответствовать требуемой прочности неподвижных и износостойкости подвижных соединений;

– до окончания процесса сборки детали должны фиксироваться относительно друг друга без дополнительного крепления;

– должна быть сведена к минимуму потребность в специальных приспособлениях для осуществления соединений (сжатие тугих пружин, запрессовка, развальцовка и т.д.);

– соединения не должны требовать дополнительной обработки в процессе сборки (например, сверления по месту);

– начало процесса сборки деталей должно облегчаться с помощью направляющих элементов, заходных конусов и фасок;

– окончание процесса сборки деталей должно обеспечиваться автоматически с помощью стопорных колец, буртиков и т.д.;

– в прессовых соединениях длина запрессовки должна быть минимальной;

– следует избегать многошпоночных соединений, а шпоночные соединения рекомендуется заменять шлицевыми;

– по возможности, в шлицевых соединениях следует использовать центрирование по наружному диаметру, так как это снижает трудоемкость изготовления деталей;

– сборка деталей по двум посадочным поверхностям должна быть не одновременной, а последовательной;

– центрирование деталей по посадочным поясам больших диаметров целесообразно заменять фикс-

сацией с помощью штифтов;

- специальные упоры или гнезда должны фиксировать болты, чтобы избежать проворачивания в процессе затяжки резьбовых соединений;

- места под головки винтов, болтов и под гайки должны обеспечивать полное прилегание их торцов по всей поверхности;

- расположение болтов должно обеспечивать возможность механизации завертывания гаек. Для этого они должны располагаться, по возможности, симметрично, а расстояния между их осями (а также от оси до стенки корпусной детали) должны быть не менее 35 мм;

- гайки и винты должны иметь надежный способ стопорения – контргайки, шплинты, деформируемые шайбы, пружинные шайбы, проволоку;

- желательно, чтобы способ стопорения был не трудоемок и допускал разборку и повторную сборку соединения.

*Требования к деталям при сборке.* Точность детали должна соответствовать рациональному для данного типа производства и конструкции СЕ методу достижения точности замыкающего звена при сборке:

- в корпусных деталях должны быть расточки и окна достаточного размера для ввода инструмента и собранных СЕ, для проведения регулировочных работ и выполнения контрольных операций;

- детали должны быть удобны для отбора их из тары и установки по месту (т.е. должны иметь определенную массу, размер, форму, отсутствие острых кромок);

- детали должны быть удобны для ориентирования в необходимое положение;

- деталь должна быть симметрична;

- если деталь в целом симметрична, но имеет некоторые асимметрично расположенные элементы (выступы, проточки, отверстия, пазы), то необходимо обеспечить полную симметричность путем введения "ложных" элементов;
- асимметричные детали должны обладать ярко выраженной асимметричностью;
- предпочтительнее асимметричность по наружному контуру;
- детали с внутренней асимметричностью должны иметь по наружной поверхности отличительный элемент, расположенный в соответствии с внутренним контуром;
- конструкция мелких деталей (пружин, пружинных шайб, колпачков и т.п.) должна препятствовать сцеплению их при транспортировке в таре;
- детали, подвергаемые запрессовке, должны иметь удобные поверхности для приложения усилия запрессовки.

### **1.2.3. Количественная оценка производственной технологичности конструкции изделий**

Ранее указывалось, что количественная оценка технологичности конструкции производится с помощью системы количественных показателей. На рис.16 приводится схема классификации показателей технологичности конструкции.

Из схемы видно, что система количественной оценки технологичности конструкции предусматривает два вида показателей.

1. Показатели *разрабатываемой конструкции*. Эти показатели характеризуют реальные, подвергае-

мые сравнению варианты изделия, появляющиеся в процессе проектирования, подготовки производства и в производстве.

2. *Базовые* показатели. Это оптимальные, желательные показатели наилучшей в данных условиях конструкции изделия. Наилучшая конструкция в ряде случаев может быть не реальной, а теоретической. Базовые показатели применяются как цель, к которой надо стремиться при разработке реальной конструкции.

### 1.2.3.1. Показатели технологичности разрабатываемой конструкции

Номенклатура показателей технологичности разрабатываемой конструкции обширна, а методы их расчета изложены в ряде литературных источников [1], [2]. Ниже приведены перечень и сущность наиболее часто употребляемых показателей технологичности.

По своей значимости показатели разрабатываемой конструкции делятся на основные и дополнительные.

I. **Основные показатели** разрабатываемой конструкции:

– трудоемкость изготовления изделия:

$$T_{\text{и}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{и}_i} ,$$

где  $T_{\text{и}_i}$  – трудоемкость изготовления элементов, входящих в изделие;  $n$  – количество элементов изделия;

– технологическая себестоимость изделия:



$$C_{T_i} = \sum_{i=1}^n C_{T_i},$$

где  $C_{T_i}$  – технологическая себестоимость элементов, входящих в изделие;

– уровень технологичности по трудоемкости изготовления:

$$K_{y.t} = \frac{T_{и}}{T_{и.б}},$$

где  $T_{и.б}$  – трудоемкость изготовления базового варианта (базовый показатель по трудоемкости);

– уровень технологичности по себестоимости:

$$K_{y.c} = \frac{C_{т}}{C_{т.б}},$$

где  $C_{т.б}$  – технологическая себестоимость базового варианта (базовый показатель).

2. **Дополнительные показатели** разрабатываемой конструкции:

– масса изделия:

$$M = \sum_{i=1}^n M_i,$$

где  $M_i$  – масса элементов, входящих в изделие;

– удельная материалоемкость изделия:

$$K_{y.m} = \frac{M}{P},$$

где  $P$  – основной технический параметр изделия (производительность, мощность и т.д.);

– коэффициент использования материала:

$$K_{и.м} = \frac{M}{M_m},$$

где  $M_m$  – масса материала, израсходованного на изде-

лие (расход материала).

Коэффициент использования материала  $K_{и.м}$  характеризует технологию изготовления заготовки и объем механической обработки. Чем ближе величина  $K_{и.м}$  к единице, тем лучше. При расчете  $K_{и.м}$  не следует учитывать массу покупных изделий;

– коэффициент применяемости материала:

$$K_{п.м} = \frac{M_i}{M},$$

где  $M_i$  – масса  $i$ -го материала в изделии;

– коэффициент сборности:

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D},$$

где  $E$  – число СЕ в изделии;  $D$  – количество деталей в изделии, не вошедших в СЕ;

– коэффициент унификации изделия:

$$K_y = \frac{E_y + D_y}{E + D},$$

где  $E_y$  – число унифицированных СЕ (в это число входят и стандартные СЕ);  $D_y$  – число унифицированных деталей, не вошедших в СЕ (в это число входят и стандартные детали, за исключением крепежных);

– коэффициент унификации деталей изделия:

$$K_{y.д} = \frac{D_y}{D};$$

– коэффициент стандартизации изделия:

$$K_{ст} = \frac{E_{ст} + D_{ст}}{E + D},$$

где  $E_{ст}$  – число стандартных СЕ;  $D_{ст}$  – число стандартных деталей (кроме крепежных), не вошедших в СЕ;

– коэффициент стандартизации деталей изделия:

$$K_{\text{ст}} = \frac{D_{\text{ст}}}{D};$$

– коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_{\text{у.э}} = \frac{Q_{\text{у.э}}}{Q_{\text{э}}},$$

где  $Q_{\text{у.э}}$  – количество унифицированных типоразмеров конструктивных элементов (резьбы, фаски, отверстия и т.д.);  $Q_{\text{э}}$  – количество типоразмеров конструктивных элементов.

К *дополнительным технико-экономическим* показателям относятся:

– относительная трудоемкость заготовительных работ:

$$T_{\text{о.з.р}} = \frac{T_{\text{з.р}}}{T_{\text{и}}},$$

где  $T_{\text{з.р}}$  – трудоемкость заготовительных работ, т.е.

$$T_{\text{з.р}} = T_{\text{литья}} + T_{\text{штамповки}} + \dots;$$

– удельная трудоемкость изготовления изделия:

$$T_{\text{уд}} = \frac{T_{\text{и}}}{P};$$

– коэффициент эффективности взаимозаменяемости:

$$K_{\text{в.з}} = 1 - \frac{T_{\text{пр}} + T_{\text{рег}}}{T_{\text{сб}}},$$

где  $T_{\text{пр}}$  – трудоемкость пригоночных работ;  $T_{\text{рег}}$  – трудоемкость регулировочных работ;  $T_{\text{сб}}$  – трудоемкость сборки;

– удельная технологическая себестоимость изделия:

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{т}}}{P}.$$

### **1.2.3.2. Методы определения количественных показателей технологичности разрабатываемой конструкции**

Анализируя систему показателей количественной оценки технологичности конструкции, можно сделать вывод, что даже на стадиях проектирования и подготовки производства изделий, характеризующихся ограниченной технологической информацией о конструкции, определение дополнительных показателей не представляет трудностей.

Дополнительные показатели в основном являются производными от основных, или же исходная информация, необходимая для их определения, содержится в конструкторской документации. По-другому обстоит дело с определением основных показателей. В указанный период отсутствуют технологические процессы изготовления и, следовательно, трудоемкость, металлоемкость и себестоимость изготовления, разработка технологических процессов очень трудоемка и для этих целей нецелесообразна. Значит, существует необходимость в использовании укрупненных методов определения основных абсолютных показателей технологичности.

Из всех существующих методов укрупненного расчета трудоемкости и себестоимости для стадии разработки рабочей документации и технологической подготовки производства наиболее удачным является метод расчета по дифференцированным нормативам [2].

### 1.2.3.3. Разновидности работ по обеспечению технологичности конструкции

*Отработка конструкции изделия на технологичность.* В соответствии с ранее рассмотренными методами оценки технологичности конструкции изделия предлагается следующая ее последовательность.

1. Качественная оценка технологичности конструкции разработанных вариантов. Выбор на этой основе наиболее рациональных конструкций, которые в дальнейшем подвергаются количественной оценке.

2. Количественная оценка технологичности вариантов, отработанных на основе качественной оценки:

а) выбор из общей номенклатуры ограниченного количества показателей, наиболее полно соответствующих особенностям конструкций сравниваемых изделий;

б) расчет показателей технологичности;

в) оценка вариантов с помощью количественных показателей, выбор наилучшего варианта.

3. Оценка уровня технологичности наилучшего, принятого для внедрения варианта конструкции:

а) определение базовых показателей технологичности конструкции изделия;

б) определение показателей уровня технологичности ( $K_{y.т}$ ,  $K_{y.с}$ );

в) анализ показателей уровня технологичности с целью улучшения конструкции изделия.

Необходимо отметить, что оценка уровня технологичности в соответствии с ГОСТом выполняется для машин в целом. Для СЕ она проводится в том случае, если СЕ имеет самостоятельное функциональное назначение (двигатель комбайна) и существенно влия-

ет на технико-экономические показатели в целом. При анализе деталей оценка уровня технологичности, как правило, не производится.

### **1.3. Предпосылки разработки автоматизированной системы совершенствования технологичности конструкции машин**

#### **1.3.1. Интегрированные системы автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства**

Автоматизация проектирования ведёт к снижению затрат в результате сокращения времени проектирования, улучшает качество изделия за счет лучшей и большей проработки числа вариантов, а также возможности одновременного проведения некоторых видов работ.

Использование вычислительной техники позволяет освободить инженера-проектировщика от исполнения монотонных и трудоёмких расчётов, долгого поиска необходимой информации, позволяя посвятить больше времени творческой и инновационной деятельности.

В зависимости от стадии проектирования, в которой они находят своё применение, обычно выделяют следующие типы САПР:

- конструкторские *CAD* (англ. *Computer Aided Design*);
- технологические *CAM* (англ. *Computer Aided Manufacturing*);
- интегрированные *CIM* (англ. *Computer Integrated Manufacturing*) и т.д.

Место этих систем в общей структуре промышленного производства представлено на рис.17.

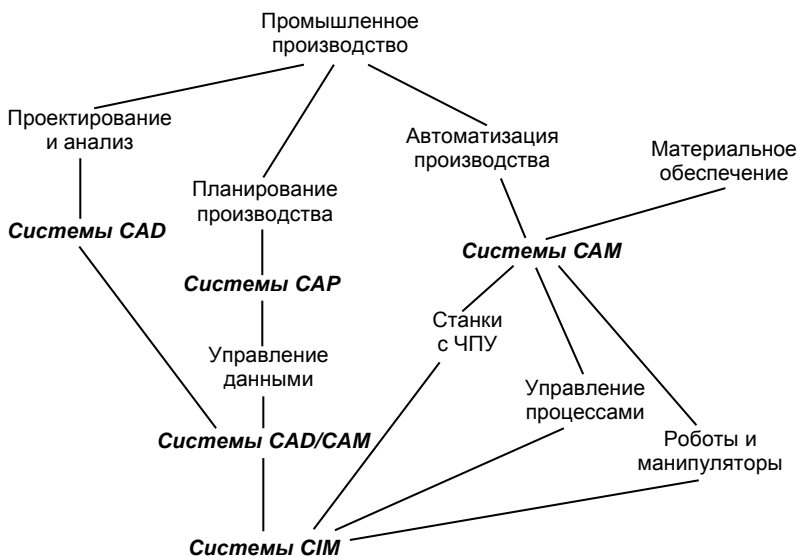


Рис.17. Место различных типов САПР в общей структуре производства

Необходимо, чтобы САПР позволяла оперировать не только числовыми и текстовыми данными, но также графическими, прежде всего чертежами (рисунками, эскизами) для записи формы и графиками (диа-

граммами) для представления характеристик работы проектируемого объекта. Однако нельзя рассматривать САПР в совершенном отрыве от творческой деятельности проектировщика. Эта уникальная черта человека сводит пока на нет все попытки полной автоматизации проектирования. Прежде всего, САПР должны помогать проектировщику - предлагать возможные действия, показывать последствия тех или других решений и быть источником информации, оставляя за ним принятие последнего решения.

### **1.3.2. Автоматизированные методы совершенствования технологичности конструкции**

Совершенствование технологичности конструкции изделий является одним из основных факторов повышения конкурентоспособности предприятий. Широко понимаемая идея постоянного, непрерывного совершенствования (англ. continuous improvement) находит всё большее признание в мире. В более широком понимании она основывается на модернизации (англ. reengineering) предприятий, с целью повышения эффективности их функционирования, в более узком – на перепроектировании изделий (англ. redesign).

Перепроектирование изделий может быть вызвано в одинаковой степени как маркетинговыми, так производственными и конструкторскими причинами. В области маркетинга это связано с расширением ассортимента данного изделия с целью лучшего приспособления к требованиям потребителя и ведёт к созданию семейства модульных и сегментных конструкций. В



сфере производства – с увеличением серийности продукции для сокращения переменных затрат, что связано с процессами унификации, стандартизации и нормализации, создавая условия для применения, в частности, групповой технологии. В сфере конструирования перепроектирование может быть направлено на исправление более или менее существенных конструкторских ошибок, не замеченных ранее, проводимое с целью обеспечения оптимального и стабильного качества, или же быть нацелено на адаптирование конструкции к новым потребительским требованиям (например, связанным с экологическими нормами, в частности удобством разборки, или возможностью вторичного использования (рециклинга) конструктивных элементов изделия).

## **Раздел 2. Автоматизация сборочных работ**

### **2.1. Задачи и специфика автоматизации сборочных работ**

Автоматизация сборочных работ – важный и перспективный вопрос производства изделий. Уровень автоматизации сборки ниже уровня автоматизации других этапов производства. На сборке сложных изделий занято много квалифицированных рабочих, что нередко повышает ее себестоимость до уровня механической обработки.

Автоматизация сборки повышает качество изделий и производительность труда; уменьшает себестоимость изделий; способствует улучшению условий труда и высвобождению значительного числа рабочих; уменьшает производственные площади, снижает производственный травматизм. Автоматизация расширяет

технологические возможности сборки. На автоматах собирают изделия, сборка которых вручную невозможна (сборка в вакууме, в условиях токсической среды или высокой температуры, сборка миниатюрных изделий, сборка в очень быстром темпе). Однако автоматическая сборка, несмотря на эти преимущества, внедряется медленно. Причина этому – нетехнологичность конструкции изделий, недостаточная унификация и малая серийность их выпуска, отсутствие типового автоматического сборочного оборудования, недостаточно высокое качество деталей собираемых изделий, необеспеченность технологов необходимыми расчетными и справочными материалами, а также ограниченное количество типовых решений. Устранение указанных причин расширит возможности автоматизации сборки, позволит ускорить темпы технического прогресса в различных отраслях машиностроения.

Одна из важных задач машиностроения – улучшение технологичности конструкции изделий. Нетехнологичная конструкция изделия усложняет автоматизацию сборки, сужает ее возможности. Необходимо не только улучшать технологичность конструкций выпускаемых изделий, но и обеспечивать ее для вновь проектируемых изделий, облегчая этим условия автоматизации их сборки в производстве.

Недостаточная серийность выпуска и широкая номенклатура изделий также создают трудности при автоматизации сборки. Проводимые в промышленности нормализация и унификация деталей создают предпосылки для организации централизованных производств с автоматизацией всех этапов их изготовления. В то же время можно более полно осуществлять конструктивную преемственность при переходе к выпуску нового изделия и сокращать сроки подготовки

производства.

Большое препятствие для автоматизации сборки – единичное конструирование и изготовление сборочного оборудования, что удлиняет сроки подготовки производства, повышает стоимость оборудования. Сроки его окупаемости часто превышают допустимые, это снижает экономическую эффективность автоматической сборки. Основной путь устранения этого недостатка – организация централизованного производства типовых исполнительных устройств, из которых по принципу агрегатирования komponуют необходимое сборочное оборудование. Типовые устройства могут многократно использоваться в различных компоновках. Весьма актуальна задача разработки и широкого использования многоцелевого, сборочного оборудования, в первую очередь сборочных роботов, которые можно применять в качестве индивидуальных установок и в составе сложных технологических комплексов при поточной сборке.

Важным условием является необходимость изготовления сопряженных деталей повышенного качества. Неточно изготовленные детали вызывают отказ сборочного оборудования. При большом числе деталей в готовом изделии эти отказы существенно снижают производительность автоматической сборки. Некачественно изготовленные детали – основная причина отказов сборочного оборудования. Для сокращения этих отказов сопрягаемые детали подвергают усиленному контролю, а допуски на их размеры часто уменьшают по сравнению с допусками при ручной сборке.

В основу проектируемой автоматической сборки должна быть положена хорошо отработанная технология. Недопустимо копирование ручной сборки.

Технология автоматической сборки разрабаты-

вается на основе точных расчетов. Недопустимы ошибки в принятых решениях, так как это увеличивает сроки подготовки и издержки производства. Особую значимость приобретают научные и методические основы автоматизации сборочных процессов. Их разработка связана с глубоким и всесторонним изучением физической сущности этих процессов, выявлением закономерностей их протекания и эффективным управлением ими.

На этой базе решается другая важная задача – разработка методологических основ проектирования сборочного автоматического оборудования. В ее основе лежат типизация технологических процессов сборки и создание типовых исполнительных устройств различного целевого назначения. Эта задача включает разработку общей методики проектирования и решения ряда частных задач: обеспечение заданной точности и производительности оборудования, его кинематики и динамики, выбор общей компоновки автоматических устройств и системы управления, обеспечение безотказности в работе, резервирования и блокировки, установление необходимой долговечности и ремонтпригодности, решение задач нормализации, эстетики, эргономики и обслуживания. Научная работа по автоматизации сборки должна вестись не только в целях совершенствования существующих процессов, но и в направлении поиска новых прогрессивных решений в области технологии и средств автоматизации.

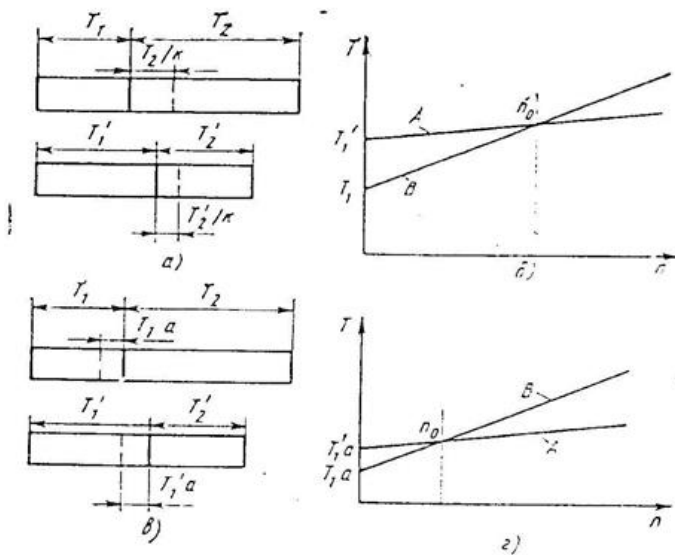


Рис.18. Структура трудозатрат на изготовление изделий в обычном и автоматизированном производстве.

Автоматизация сборки – средство повышения производительности общественного труда, снижения себестоимости выпускаемой продукции и коренного улучшения условий труда в сборочных цехах. Повышения производительности общественного труда достигают снижением суммарных трудозатрат на использование средств производства (это овеществленный труд) и на изготовление (сборку) заданной продукции (живой труд). Цель автоматизации сборочного производства – получить минимум затрат живого и овеществленного труда. На рис. 18, а дана структура трудозатрат в обычном (вверху) и автоматизированном (внизу) производствах. Величины  $T_1$  и  $T_1'$  – трудозатраты на изготовление сборочного оборудования,

включая конструкторские работы, а  $T_2$  и  $T'_2$  – трудозатраты на сборку заданного числа изделий. Все величины даны в едином масштабе затрат труда. Рост производительности общественного труда с переходом к автоматизированному производству обеспечивается при условии

$$T_1' + T_2' < T_1 + T_2.$$

При уменьшении программы выпуска изделий в  $k$  раз трудозатраты  $T_2$  и  $T'_2$  сокращаются до  $T_2/k$  и  $T'_2/k$ . В этом случае приведенное условие не выполняется и экономия общественного труда при переходе к автоматизированному производству не обеспечивается. С увеличением программы выпуска изделий экономия общественного труда растет.

На рис. 18, б показано изменение количества общих трудозатрат  $T$  в зависимости от программы выпуска изделий  $n$ . Линия А характеризует зависимость для автоматизированного производства, а линия В – для простого. Пересечение обеих линий (точка  $n_0$ ) показывает ту программу выпуска изделий, при которой оба производства равноценны по затратам общественного труда, т. е.

$$T_1 + t'_2 n_0 = T_1 + t_2 n_0,$$

$$n_0 = (T_1' - T_1) / (t_2 - t_2').$$

Здесь  $t_2$  и  $t_2'$  – трудоемкости сборки одного изделия в простом и автоматизированном производствах.

Данный случай относится к массовому производству, когда каждая операция закреплена за отдельным рабочим местом, а средства производства специальные.

В серийном производстве автоматическое перенастраивание оборудования используется для изготов-

ления изделий нескольких наименований. В этом случае эффективность автоматизации производства изделия одного наименования возрастет. Величины  $T_1$  и  $T_1'$  уменьшатся до значений  $T_1$  и  $T_2'$  а, где  $a < 1$ , причем  $T_1'$  уменьшается на большую величину, чем  $T_1$ . Структура трудозатрат для данного случая показана на рис. 18, в. На рис. 18, г линии А и В соответственно сместятся вниз, а точка их пересечения  $n_0$  сдвинется влево. Для данного случая предыдущая формула примет следующий вид:

$$n_0 = [a (T_1' - T_1)] / (t_2 - t_2')$$

Таким образом, сопоставление технологических вариантов следует, производить путем сравнения сумм живого и овеществленного труда. Затраты живого труда при автоматизации сборки часто уменьшаются в несколько раз. Сумма же затрат живого и овеществленного труда уменьшается в меньшей степени. При увеличении выпуска продукции на действующем оборудовании производительность, однако, оценивают по затратам живого труда, то есть по трудоемкости процесса сборки.

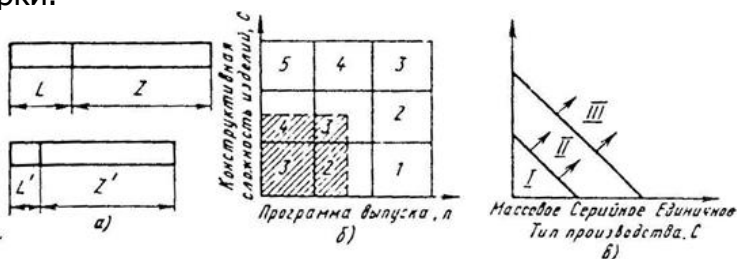


Рис.19. Структура себестоимости изделий (а) и области автоматической, механизированной и ручной сборки (б, в):

1- очень хорошие условия для автоматической

сборки; 2- хорошие условия; 3- удовлетворительные; 4- плохие; 5- очень плохие. Участок, выделенный пунктиром и заштрихованный, характеризует зону применения универсальных средств автоматизации сборки: I- автоматическая сборка; II – механизированная; III- ручная.

Снижения себестоимости сборки достигают сокращением всех издержек производства в сборочном цехе. В условиях автоматизации эта задача имеет свою специфику. Структура себестоимости сборки одного изделия в обычном (вверху) и автоматизированном (внизу) производстве показана на рис. 19, а. На этих схемах  $L$  и  $L'$  – зарплата сборщиков, а  $Z$  и  $Z'$  цеховые расходы, учитывающие все остальные издержки производства (амортизация сборочного оборудования, расходы на энергию, заработная плата вспомогательных рабочих, ремонт, оборудования и др.). При автоматизации производства снижаются расходы на заработную плату сборщиков (так как число их значительно сокращается); цеховые расходы снижаются мало, а в отдельных случаях могут возрасти. Себестоимость сборки одного изделия в автоматизированном производстве снижается, но меньше, чем трудоемкость. Себестоимость сборки снижается, с ростом объема выпуска при простых по конструкции изделиях и высокопроизводительных средствах автоматизации.



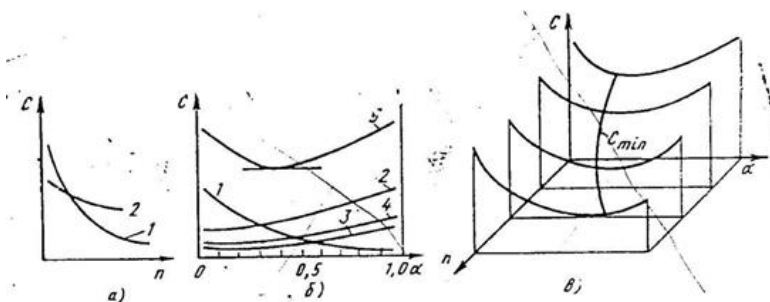


Рис.20. Зависимость себестоимости  $C$  сборки от программы выпуска изделий  $n$  и уровня автоматизации  $\alpha$ .

Характерная зависимость себестоимости  $C$  автоматической сборки от программы выпуска  $n$  показана на рис. 20, а. Кривая 1 выражает зависимость для высокопроизводительного и дорогого сборочного оборудования специального типа. Кривая 2 характеризует зависимость для универсальных и более дешевых средств автоматизации (сборочных роботов). Она показывает, что при малой программе выпуска выгоднее применять универсальные средства автоматизации.

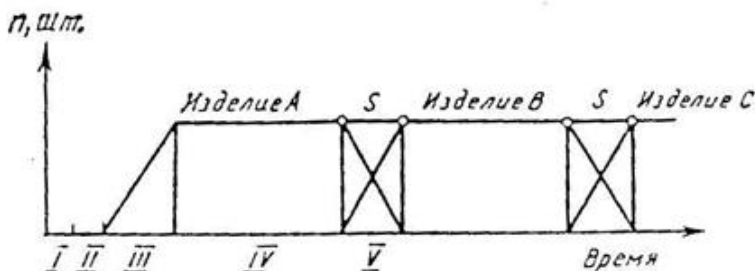


Рис.21. Этапы подготовки производства и развития выпуска изделий

Программа выпуска изделий изменяется во времени. Началу выпуска продукции предшествует разработка технологии сборки – участок *I* на рис. 21. Затем следуют конструирование, изготовление и отладка сборочного оборудования и оснастки (участок *II*). Эта работа выполняется, если невозможно приобрести готовое оборудование. Далее начинаются выпуск продукции и постепенное его увеличение до заданной величины (участок *III*). На участке *IV* выпуск постоянен во времени, а на участке *V* выпуск уменьшается и доходит до нуля при снятии изделий с производства. Участок *III* характеризует освоение новых изделий в производстве: он должен быть по возможности коротким. Участок *V* характеризует сокращение выпуска продукции в связи с уменьшением спроса и морального устаревания изделий. Этот участок не может быть очень коротким, так как предприятие должно обеспечить потребителей в течение определенного срока запасными деталями и узлами.

С уменьшением выпуска изделий *A* начинается выпуск изделий *B*. Затем следует выпуск изделий *C* с повторением всех перечисленных этапов цикла и закономерности производства. При заданном выпуске изделий на участок *S* кривые *A* и *B*, *B* и *C* геометрически складываются. Из условий постоянства загрузки оборудования сборочного цеха во времени суммарная кривая должна приближаться к прямой, параллельной оси абсцисс.

Участки *I* и *II* оказывают большое влияние на весь цикл производства заданной продукции. Конструирование специального сборочного оборудования ведут на базе тщательно проработанного технического задания с использованием опыта передовых предприя-

тий машиностроения.

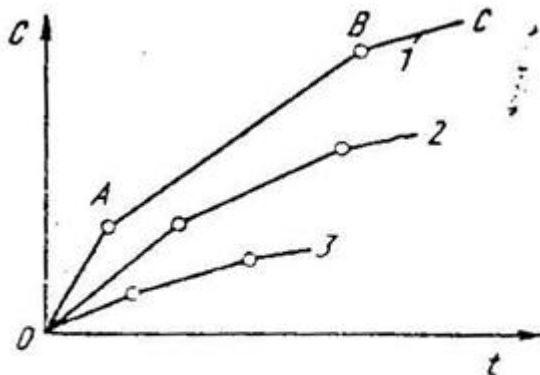


Рис.22. График затрат изготовления сборочного оборудования

График затрат во времени на изготовление сборочного оборудования показан на рис. 22. По оси ординат отложены расходы на конструирование ( $OA$ ), изготовление ( $AB$ ) и отладку ( $BC$ ) оборудования: по оси абсцисс отложено время  $t$  на выполнение этих работ. Кривая 1 характеризует отмеченный процесс при недостаточной конструкторско-технологической проработке (первый вариант), кривая 2 – при его более полной проработке (второй вариант). Изготовление сборочной машины по второму варианту начинается позже, он обходится дешевле, и машины сдают в эксплуатацию раньше. Кривая 3 характеризует процесс изготовления оборудования из нормализованных узлов по методу агрегатирования. Все этапы процесса получают более короткими по времени и дешевыми в ис-

полнении.

При сравнении, вариантов автоматической и обычной (механизированной) сборки определяют срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на оборудование по первому варианту

$$T_{ок} = (K_1 - K_2) / (C_2 - C_1),$$

где  $K_1$  – капитальные вложения по первому (автоматизированному) варианту;  $K_2$  – себестоимость сборки годового выпуска изделий по первому варианту;  $C_1$ ,  $C_2$  – себестоимость сборки годового выпуска изделий по первому и второму вариантам. Срок окупаемости принимается не более 6 лет. Он должен быть не больше предполагаемого срока выпуска данных изделий.

Развитие автоматизации сборки проходит следующие стадии: частная и комплексная механизация, частичная и комплексная автоматизация. Такая последовательность способствует постепенному накоплению опыта, однако она не является обязательной во всех случаях. Нередко комплексную автоматизацию осуществляют сразу, используя опыт передовых предприятий. В других случаях проводят мероприятия по частичной и комплексной механизации сборочных процессов; они не требуют длительной подготовки и больших средств. При частичной механизации сборщик освобождается от необходимости ручного выполнения отдельных приемов работы, что повышает производительность его труда. При комплексной механизации используют системы механизированных устройств, обеспечивающих выполнение основных и вспомогательных работ (подъем, перемещение, установку, закрепление и снятие со сборочных стенов собираемых

изделий). Механизация сборочных процессов облегчает выполнение профессионально вредных, тяжелых, однообразных и монотонных работ.

Частичная автоматизация позволяет наряду с обычным сборочным оборудованием использовать автоматы и полуавтоматы. Сборочным автоматом называют рабочую машину (систему машин), на которой при осуществлении технологического процесса все элементы рабочего цикла (рабочие и вспомогательные ходы) выполняются автоматически. Повторение цикла происходит без участия человека. Наладку простейших автоматов и контроль за их работой осуществляет человек. В более сложных системах цикл контролируется автоматически.

Сборочным полуавтоматом называют машину, цикл работы которой в конце выполняемой операции автоматически прерывается. Возобновление цикла производится человеком, который устанавливает собираемые детали и снимает готовое изделие, пускает полуавтомат, контролирует его работу. Для обслуживания сборочных полуавтоматов могут применяться встроенные или отдельно расположенные роботы. На сборочных автоматах и полуавтоматах достигается высокая концентрация технологических переходов, поэтому применение их обеспечивает значительное повышение производительности труда по сравнению с обычным сборочным оборудованием.

Более эффективна комплексная автоматизация сборки, при которой система непрерывно действующих автоматических сборочных машин функционирует как единый взаимосвязанный комплекс. Комплексная автоматизация – высшая форма автоматизации сборки. При ней из технологического и вспомогательного оборудования komponуются автоматические линии, цехи и

заводы, где в едином потоке осуществляются процессы выполнения сборки, контроля, регулирования, окраски, упаковки или консервации изделий. При комплексной автоматизации отпадает потребность в промежуточных складах, сокращаются производственные заделы и длительность цикла производства, упрощаются планирование производства и учет выпускаемой продукции. Комплексная автоматизация – радикальное средство повышения производительности труда и качества продукции, снижения ее себестоимости. Ближайшая перспектива развития комплексной автоматизации в сборочном производстве – это использование автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе ЭВМ.

Технологический процесс автоматической сборки существенно отличается от технологического процесса ручной и механизированной сборки. Если при ручной сборке необходимы простейшие инструменты, то при автоматической сборке тех же изделий нужен сложный комплекс автоматически действующих устройств, надежно выполняющих все переходы сборки. Для выполнения сборки изделий на автоматической сборочной установке нужно иметь: 1) бункерно-ориентирующие устройства для деталей, кассеты или магазины, загружаемые более сложными по своей конфигурации деталями; 2) накопители, соединяемые с бункерно-ориентирующими устройствами открытыми или закрытыми лотками (накопители создают запас деталей и выравнивают производительность бункерно-ориентирующих устройств); 3) отсекатели – устройства для поштучной выдачи деталей из накопителя на сборочную позицию автомата; 4) питатели – устройства для передачи детали из накопителя после освобождения её отсекателем на сборочную позицию ав-

томата; 5) устройства для скрепления соединяемых деталей путем запрессовки, развальцовки, склепывания, свинчивания и другими методами; 6) устройства, выполняющие специальные функции (обдувка, смазывание); 7) устройства, контролирующие правильность выполненного соединения; 8) механизмы для удаления собранного изделия из автомата в тару или на конвейер для передачи на следующий автомат без потери ориентации. Сложные базовые детали собираемого изделия устанавливаются на сборочную позицию вручную или с помощью робота. Наиболее сложными и специфичными являются этапы ориентации, соединения и скрепления сопрягаемых деталей.

При сборке изделий на полуавтоматах часть этапов выполняется вручную.

## **2.2. Технологичность конструкции изделий при автоматической сборке**

Вопросы технологичности конструкции при автоматической сборке рассматривают отдельно для деталей и изделия в целом.

Детали должны иметь простые и симметричные формы. Это упрощает ориентацию деталей при выдаче их из бункерно-ориентирующих устройств на рабочую позицию автомата. Ориентация, то есть придание деталям определенного положения в пространстве, – это первоначальный и наиболее сложный этап автоматической сборки. Ориентации подвергаются детали небольших и средних (до 100 мм) размеров. Эти детали загружают в бункерно-ориентирующие устройства сборочных автоматов навалом. На рабочую позицию автомата они должны быть поданы в строго ориентированном положении. Крупные детали поступают из

магазинов или подаются на сборку вручную.

Главные факторы, определяющие, сложность процесса автоматического ориентирования деталей, – число осей и плоскостей симметрии, которые имеет деталь, и соотношение ее габаритных размеров.

Детали, подлежащие ориентации, можно разбить на три основные группы: к первой относятся детали, имеющие ось вращения, ко второй – детали, имеющие плоскости симметрии, к третьей – детали, не имеющие плоскостей симметрии. Детали первой группы могут иметь и не иметь плоскости симметрии, перпендикулярные к их оси вращения. В первом случае задача автоматической ориентации упрощается.

Детали второй группы можно разбить на три класса. Детали первого класса имеют три плоскости симметрии, второго класса – две, третьего класса – одну плоскость симметрии.

Детали третьей группы не имеют плоскостей симметрии, и их ориентация значительно усложняется, так как на лотке ориентирующего устройства возрастает число возможных (различимых) положений детали. Деталям придают простые и симметричные формы, увеличивая, по возможности, число плоскостей симметрии. При этом упрощаются схемы пассивной и активной ориентации деталей в вибробункерах. При пассивной ориентации с упрощением деталей уменьшается число сбросов неправильно ориентированных деталей с лотка в бункер. При активной ориентации соответственно уменьшается число этапов ориентации и число устройств, изменяющих положение детали на лотке. Задача автоматической ориентации часто затрудняется в тех случаях, когда несимметричность детали выражается слабо различимыми внешними признаками (отверстия малого диаметра, переходные по-



верхности с различными радиусами закругления, валики с различными допусками на диаметральные размеры ступеней и с различной шероховатостью их поверхностей). Для упрощения ориентации таких деталей их конструкцию изменяют, предусматривая уступы, срезы, дополнительные отверстия и другие элементы, незначительно усложняющие механическую обработку.

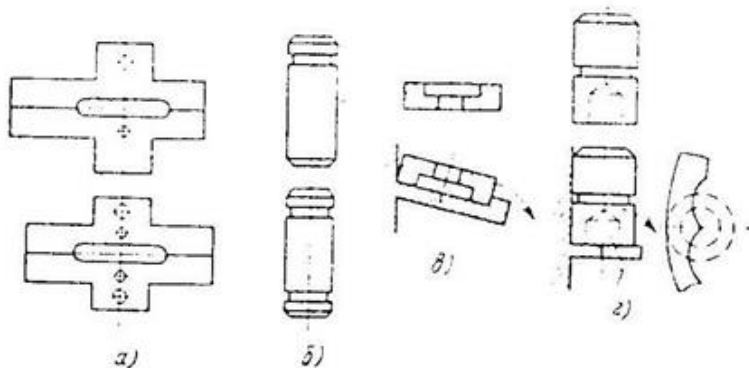


Рис.23. Примеры изменения конструкции деталей, улучшающие их автоматическую ориентацию в вибробункерах

Примеры изменения конструкции деталей, улучшающие их ориентацию в вибробункерах показаны на рис. 23. Создание двух плоскостей симметрии (рис.23,а) обеспечивается изменением длины паза, внешнего контура детали и выполнением двух дополнительных отверстий. Увеличения числа плоскостей симметрии (рис.23,б) достигают проточкой дополнительной канавки у второго торца валика. Уменьшение числа плоскостей симметрии (рис.23,в) облегчает ориентацию на лотке вибробункера путем сброса в чашу бункера неправильно расположенной детали. Создавая

выточку 1 на торце пальца с различными допусками на шейках (рис.23,*г*), обеспечивают надежную ориентацию его на лотке с вырезом.

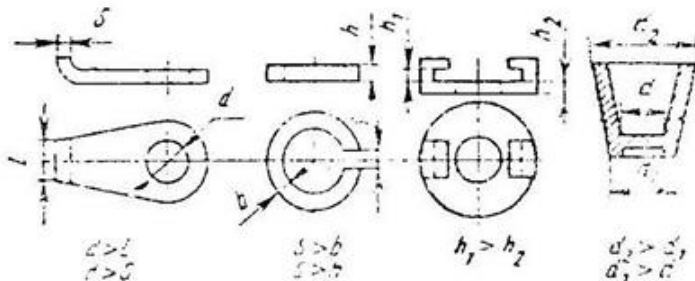


Рис.24. Примеры конструкции деталей, способных к взаимному сцеплению в вибробункерах

Конструкция деталей должна быть такой, чтобы в чаше вибробункера они не сцеплялись в многозвенные цепочки (рис.24). Трудности возникают при ориентации спиральных пружин, разрезных колец и пружинных шайб с большим зазором в замке. Если торцовые витки пружин не поджаты, то при диаметре проволоки, меньшем промежутка между витками, возможно их взаимное сцепление.

Детали, сопрягающиеся с зазором или натягом (а также резьбовые детали), необходимо выполнять с фасками или направляющими элементами (заточками), что обеспечивает лучшее направление деталей при их сборке.

Базовые детали изделий должны просто и надежно устанавливаться и закрепляться на рабочих позициях автоматического оборудования. Их базовые поверхности следует выбирать так, чтобы соблюдались принципы совмещения и постоянства баз. Совмещая

технологические и измерительные базы, устраняют погрешность базирования. Принятая схема базирования должна быть удобной для быстрого перемещения собранного изделия в тару или на рабочую позицию следующего автомата без потери ориентации при той же схеме базирования.

При корректировке конструкции изделия стремятся к большему использованию унифицированных стандартных и нормализованных деталей, а также к унификации элементов оригинальных деталей.

Это позволяет применить однотипное исполнительное оборудование и вспомогательные устройства сборочных автоматов, что упрощает их конструкцию.

К конструкции изделия в целом предъявляют следующие требования. Прежде всего она должна быть такой, чтобы детали подавались по простым прямолинейным траекториям, что упрощает конструкцию сборочного автомата. Детали должны последовательно поступать в одном и том же направлении на базовую деталь. Вертикальная подача детали предпочтительнее горизонтальной.

Конструкция изделия должна быть удобной для подвода и отвода сборочных инструментов по прямолинейным траекториям (рис. 25).

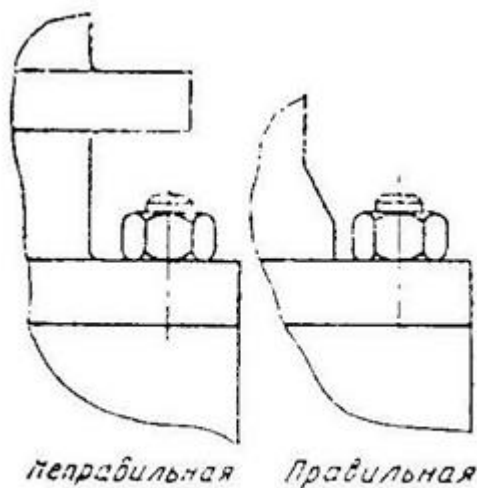


Рис.25. Примеры соединений, не пригодных для автоматической сборки

При тесном расположении крепежных деталей невозможно использование многоинструментных головок. Соединение приходится выполнять за два или несколько приемов, что требует увеличения числа сборочных позиций автомата.

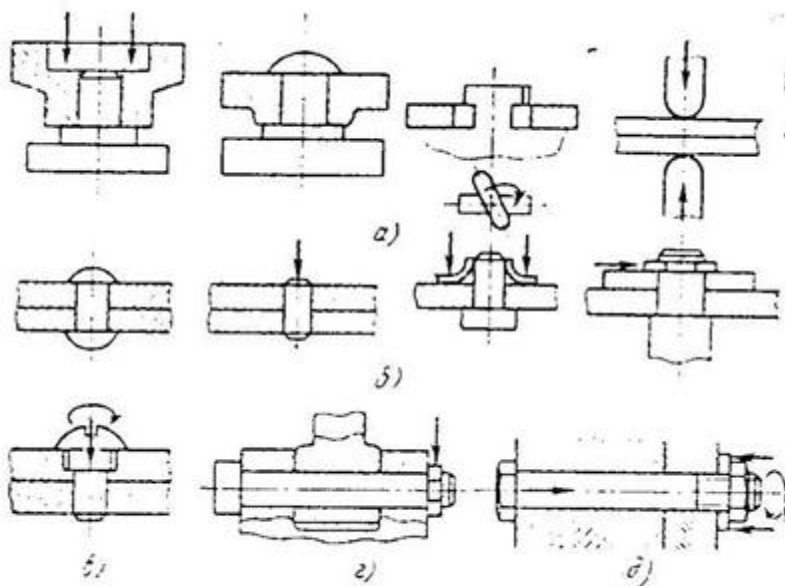


Рис.26. Виды креплений по сложности выполнения автоматической сборки

По сложности выполнения автоматической сборки все виды соединений можно разбить на пять групп. К первой группе относятся соединения без отдельной крепежной детали (рис.26,а). Для выполнения соединения необходимо поступательное движение (запресовка, отбортовка, точечная сварка). Соединения второй группы выполняют поступательным движением, но с постановкой одной крепежной детали (рис.26,б). К третьей группе относятся соединения винтом (рис.26,в); для их осуществления необходимо вращение и поступательное движение крепежной детали. Четвертая группа имеет крепежные детали, постановку которых производят поступательными движениями

(рис.26,г). К пятой, самой сложной группе относятся соединения, осуществляемые несколькими крепежными деталями (рис.26,д); для их постановки необходимо выполнить целый ряд движений и использовать несколько исполнительных механизмов сборочного автомата.

Сборку изделия желательно производить без изменения его положения.

Сложные изделия с большим числом деталей должны расчленяться на предварительно собираемые элементы, что позволяет выделить и легко автоматизировать узловую сборку. Если это условие не выполняется, то при большом числе входящих в изделие деталей автоматическая линия общей сборки получается сложной и малонадежной в работе. Автоматическая сборка упрощается с переходом к моноблочным конструкциям изделий.

Оценку технологичности конструкции изделия следует рассматривать не изолированно, а комплексно с учетом выполнения заготовок, механической обработки и контроля, стремясь получить наименьшую трудоемкость и себестоимость изготовления изделия в целом. Вопрос автоматизации сборки решается более просто, если ее выполняют по принципу полной взаимозаменяемости. Этот принцип легче выдержать при коротких размерных цепях и широком допуске на замыкающее звено. Другие методы сборки принципиально возможны, но осуществление их связано с большими техническими и технологическими трудностями.

Автоматическая сборка по методу групповой взаимозаменяемости с предварительной сортировкой деталей на размерные группы встречается реже. Ее применяют при повышенных требованиях к точности замыкающих звеньев размерных цепей. Сборочные

машины в этом случае более сложны, так как для каждой размерной группы деталей необходимы отдельные бункеры или магазины. Принципиально возможна сборка по методу регулирования с использованием жестких или регулируемых компенсаторов. Она применяется при наличии сложных многозвенных размерных цепей. В сборочную машину вводят устройства для проверки выдерживаемого размера компенсатора и его регулирования. Автоматическая сборка с выполнением пригонок нецелесообразна. Они нарушают темп работы, усложняют исполнительные устройства. При необходимости пригонку делают вне автоматической линии, а на сборку детали подают в спаренном виде. Сборка по принципу неполной взаимозаменяемости в условиях автоматизации возможна. Однако и здесь структура сборочных машин усложняется применением устройств для контроля выдерживаемых размеров и удаления недособранных изделий, у которых замыкающее звено размерных цепей выходит за пределы допуска. Эти изделия подвергают дополнительной (ручной) сборке.

Автоматизация сборки облегчается переходом к более удобным видам соединения сопрягаемых деталей. Сборка резьбовых соединений в условиях автоматизации сложнее, чем клепка, а при использовании сварки и пайки сборка выполняется проще, чем при клепке. Конструкция изделий в целом и методы соединения их элементов должны быть в каждом отдельном случае переосмыслены с учетом условий автоматизации. Традиционные методы соединений часто заменяют новыми, более эффективными. Применение, например, болтовых соединений усложняет конструкцию сборочных автоматов: нужны бункерно-ориентирующие устройства для болтов, шайб и га-

ек, а также подающие устройства. В процессе сборки необходимо удерживать болт от провертывания и выпадения. Более удобны винты, ввертываемые в резьбовые отверстия соединяемых деталей.

Весьма неудобны при автоматической сборке валов шпоночные соединения. Их желательно заменять шлицевыми или соединениями с гарантированным натягом.

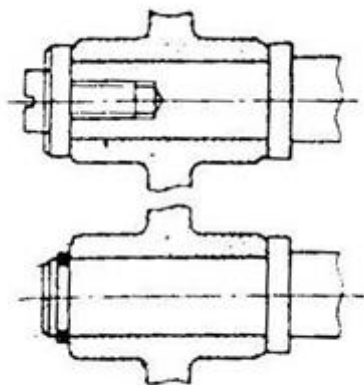


Рис.27. Пружинное разрезное кольцо для упрощения автоматической сборки

Автоматическая сборка упрощается при использовании разрезных стопорных колец (рис.27) для фиксации подшипников качения и других деталей в осевом направлении на шейках валов (и в расточках корпусных деталей) вместо установки шайб с винтами или фиксирующих гаек. Автоматическую сборку обычно осуществляют на поточных линиях. Поэтому технология выполнения соединений не должна быть связана с длительными естественными процессами (охлаждение нагретых деталей, сушка, отверждение и полимеризация клеев и пластмасс). Несоблюдение этого условия



нарушает синхронизацию операций сборки и приводит к необходимости включить в поток более или менее длинные участки конвейеров (сушильных устройств), на которых эти процессы протекают положенное время.

В условиях автоматической сборки технологичность конструкции изделия оценивают с учетом общих и некоторых дополнительных требований. К ним можно отнести уровень автоматизации сборки, сложность технологического оборудования (оценивается по типу и количеству используемых исполнительных устройств), а также степень его универсальности и надежности. Эти дополнительные показатели оказывают косвенное влияние на основные показатели технологичности конструкции изделия – трудоемкость и себестоимость его изготовления.

## **2.3. Основные методы автоматической сборки**

### **2.3.1. Автоматическая ориентация деталей и составных частей изделия**

Обычно детали подают к сборочному автомату в таре и засыпают в его приемную емкость (бункер) навалом на несколько часов работы. Из бункера детали в ориентированном виде поступают на сборочную позицию автомата. Наибольшее распространение в сборочных автоматах получили вибрационные бункерно-ориентирующие устройства (ВБОУ). Они имеют электромагнитные или пневматические двигатели, позволяющие регулировать скорость перемещения деталей по лотку путем изменения амплитуды колебаний. ВБОУ выполняют с диаметром чаши от 75 до 900 мм (диаметр чаши будет равным десятикратной длине

детали). Ориентация деталей в ВБОУ может быть пассивной, активной и смешанной. Пассивная ориентация осуществляется путем сброса с лотка в чашу ВБОУ деталей, занимающих неправильное положение.

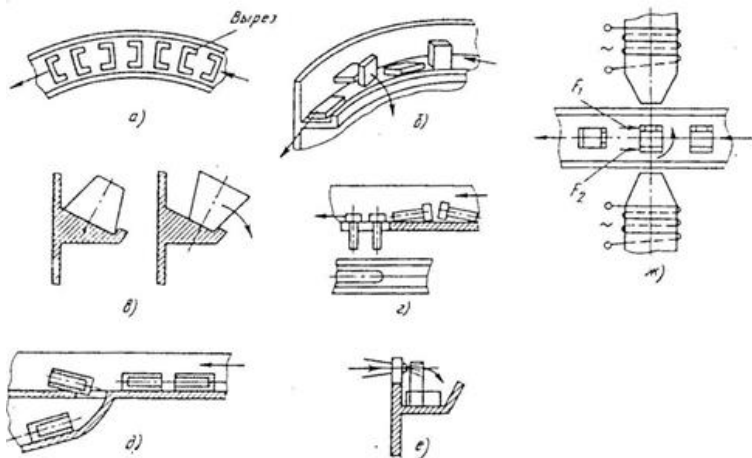


Рис.28. Пассивная и активная ориентация деталей на лотке вибробункера.

Наиболее распространены способы удаления деталей в профильные вырезы (рис.28, а) с помощью упоров (сбрасывателей) или отсекателей (рис.28, б), а также по принципу смещения центра тяжести (ЦТ) ориентируемых деталей (рис.28, в). При нескольких ступенях пассивной ориентации конечного положения на лотке достигает незначительное число деталей. Несмотря на простоту конструкции, ВБОУ с пассивной ориентацией недостаточно производительны. Повышения производительности достигают увеличением амплитуды колебаний (до известного предела, при котором снижается надежность ориентации), применением чаш с многозаходными лотками, а также сдвоенных чаш. Активную ориентацию осуществляют

принудительным изменением положения деталей на лотке без сброса их в чашу бункера. Это обеспечивается применением прорезей (рис.28,г), окон для деталей со смещенным ЦТ (рис.28,д), струи сжатого воздуха для перевертывания неправильно стоящих на лотке деталей (рис.28,е), магнитного поля для несимметричных токопроводящих деталей (рис.28,ж). В последнем случае деталь разворачивается под влиянием момента в результате действия на деталь неодинаковых сил  $F_1$  и  $F_2$ . Активную ориентацию производят также механическими устройствами, связанными с фотоэлектрическими и другими датчиками положения детали.

ВБОУ с активной ориентацией более производительны, так как нет сбросов деталей в чашу бункера. Однако при использовании сложных систем ориентации возможны отказы, что вызывает простои и снижение производительности ВБОУ.

Детали в сборочные автоматы подаются не только из бункерно-ориентирующих устройств, но и из кассет, представляющих собой прямоугольные или круглые плиты с углублениями (ячейками) для деталей, находящихся там в ориентированном положении. У кассет прямоугольной формы ячейки расположены параллельными рядами, у круглых – по спирали или по концентрическим окружностям. Кассету, устанавливая в точно фиксированное положение. Манипулятор передает детали из кассеты на сборочную позицию автомата, а собранный объект – в другую кассету для выполнения последующих операций сборки.

Применение кассет улучшает условия переналаживаемости сборочного оборудования. По сравнению с переналадкой бункерно-ориентирующих устройств замену кассет для различных деталей производят очень быстро. Их, кроме того, используют как тару при

перемещении деталей без потери ориентации.

Для деталей сложных форм и больших размеров используют магазины. Их применяют для легкодеформируемых деталей, а также для деталей, имеющих точные размеры и поверхности с малой шероховатостью. Магазины выполняют лоткового, ящичного и поворотного типов. В лотковых магазинах детали под действием собственной силы тяжести перемещаются к питателю. Вместимость магазина увеличивают, выполняя лоток криволинейным или по винтовой поверхности. В ящичных магазинах запас деталей располагается в несколько рядов, поэтому вместимость их больше, чем лотковых. Их часто применяют для деталей типа валов с большим отношением длины к диаметру. Магазины поворотного типа используются для плоских деталей (шайб, колец, пластин). Они имеют большую вместимость (до нескольких сотен деталей), надежны в работе и просты по конструкции.

В сборочных автоматах нередко применяют смешанное питание деталями. Базовые детали собираемого изделия как более сложные и крупные подаются из магазина, а мелкие из ВБОУ.

### **2.3.2. Сборка сопряжений по цилиндрическим поверхностям с гарантированным зазором**

К этим весьма распространенным видам соединений относится надевание втулок, колец и шайб на шейки деталей типа тел вращения, посадка втулок, колец, шайб и стержней в отверстия корпусных и других деталей. Одна деталь (обычно базовая) занимает неподвижное положение в сборочном приспособлении,

а другая, направляемая специальными устройствами, надевается на первую (вставляется в нее). В реальных производственных условиях даже на точно изготовленной сборочной машине невозможно совместить оси сопрягаемых поверхностей деталей. При жестком закреплении этих деталей их полная (100%-ная) собираемость достигается в том случае, если наибольшее смещение осей не превышает минимального радиального зазора  $S_{min}$  в сопряжении, что обеспечивается соответствующими расчетами.

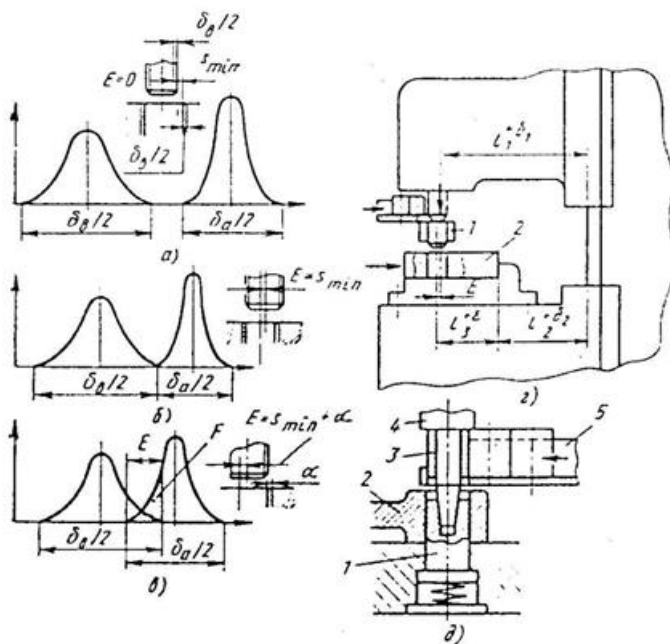


Рис.29. К расчету собираемости деталей при различных смещениях осей

На рис.29,а показано расположение полей допусков  $\delta_B/2$  и  $\delta_A/2$  при смещении  $E=0$ . В этом случае обеспечивается полная собираемость деталей. На

рис.29,б представлена та же схема при смещении  $E = S_{\min}$ . В этом случае также обеспечивается 100%-ная собираемость деталей. При большем смещении осей, когда  $E = S_{\min} + a$  (где  $a$  – величина, характеризующая перекрытие полей допуска), полной собираемости уже нет.

Для лучшего направления сопрягаемых деталей на них делают заходные фаски. Обычно угол фаски (угол между образующей фаски и осью детали)  $\alpha = 45^\circ$ . С уменьшением  $\alpha$  улучшается центрирование деталей, а осевая сила (сила сборки) падает. При малых значениях  $\alpha$  активная длина сопряжения деталей сокращается. При большой ширине фасок допустимое смещение осей  $E$  сопрягаемых деталей может быть увеличено, а точность изготовления сборочного автомата понижена. Если толщина одной из сопрягаемых деталей мала, то размер фаски на ней приходится уменьшать, что компенсируется увеличением фаски на другой сопряженной детали. Отсутствие заходных фасок на деталях затрудняет сборку.

Сборка по цилиндрическим поверхностям состоит из трех стадий: подвода одной из сопрягаемых деталей к другой до контакта по фаскам, скольжения подведенной детали по фаске второй детали под действием приложенной сборочной силы  $P_{сб}$  до совмещения осей сопрягаемых поверхностей и последующего соединения деталей.

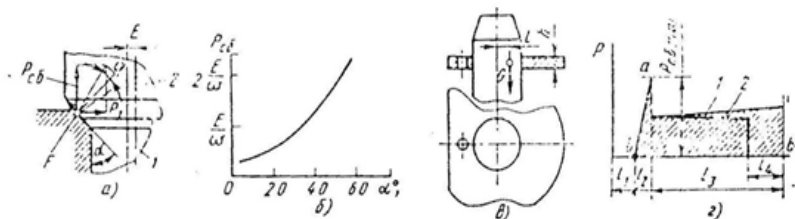


Рис.30. Расчет сборочной силы при сопряжении деталей с гарантированным зазором

Сборка под действием силы тяжести возможна в ограниченных случаях: при вертикальном положении оси сопрягаемых деталей или положении, близком к вертикали (отклонение от вертикали не более 10–15°) при большой массе деталей (не менее 0,3 кг при диаметре 10–20 мм), а также при больших зазорах в сопряжении. Этот вид автоматической сборки возможен при расположении ЦТ присоединяемой детали по оси сопряжения. Если ЦТ смещен (в результате, например, вырезов или канавок), то при сборке возможно заклинивание подаваемой детали. На рис.30, в показан пример заклинивания подобной детали при ее посадке на гладкий стержень. Оно возможно при условии, когда расстояние от оси отверстия до ЦТ детали  $l \geq h/(2f)$ , где  $h$  – толщина детали;  $f=0,15 \div 0,20$  – коэффициент трения.

Заклиниванию в большей мере подвержены тонкие детали (шайбы, кольца). Для повышения надежности работы сборочных автоматов применяют принудительную сборку с использованием «досылателей», представляющих собой пневмо- или гидроцилиндры с удлиненными штоками. Досылатели обеспечивают быструю и качественную посадку присоединяемой детали с точным доведением ее до базы. Досылатели не-

заменяемы при горизонтальной и наклонной сборке, при сборке с малыми зазорами и при посадке деталей малой массы.

Для повышения собираемости деталей с гарантированным зазором были предложены вибрационные искатели, обеспечивающие перемещение одной из деталей перед их соединением по сложной замкнутой траектории. Их недостаток – усложнение схемы сборочного автомата и уменьшение его рабочего пространства. К перспективным методам повышения собираемости следует отнести ориентацию деталей во вращающемся магнитном поле и во вращающемся потоке газов. Сущность этих методов изложена в специальной литературе.

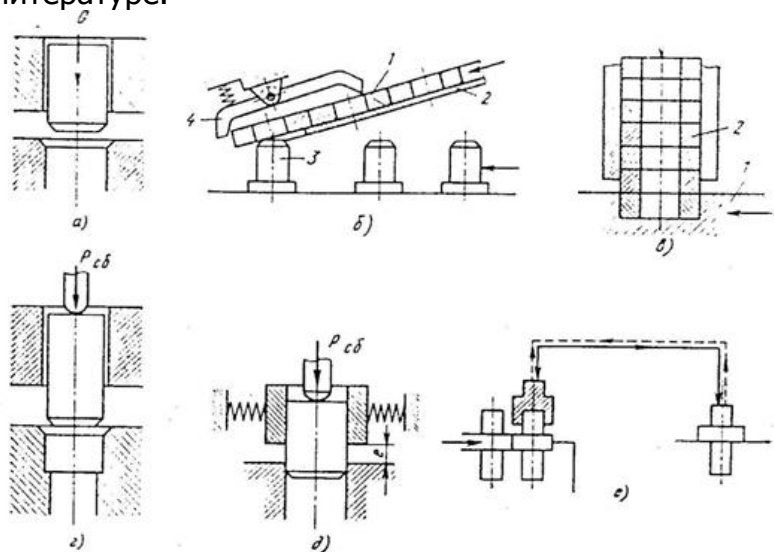


Рис.31. Схемы устройств для сборки соединений с гарантированным натягом

При сборке соединений с небольшими зазорами и малой массой подаваемой детали используют устрой-



ства с трубчатыми направляющими элементами и до-  
сылателями. На рис.31,г показано устройство жесткого  
типа без упругих элементов. Оно может устойчиво ра-  
ботать при зазорах не менее 0,1 мм. Для повышения  
надежности работы нижнюю деталь базируют по от-  
верстиям, используя плавающий палец. На рис.31,д  
приведена схема устройства третьего типа с упругими  
элементами, обеспечивающими компенсацию смеще-  
ния осей при сборке. Устройство применяют при зазо-  
рах в сопряжениях больше 0,01 мм. Деталь должна  
иметь направляющие фаски. Для подачи деталей  
сложной формы используют устройства четвертого ти-  
па, представляющие собой манипуляторы с автомати-  
ческими захватными устройствами. Манипулятор  
(рис.31,е) берет ориентированные детали из лотка,  
кассеты и других устройств, переносит их в позицию  
сборки и устанавливает на сопрягаемые детали. Тра-  
ектория движения детали состоит из прямолинейных  
отрезков или из сочетания отрезков прямых и дуг  
окружностей.

При автоматической сборке проверяются нали-  
чие и правильность положения детали в собранном  
изделии. Контроль осуществляют механическими щу-  
пами, конечными выключателями (по положению до-  
сылателя), а также фотоэлементами. В случае обнару-  
жения дефектности соединения цикл сборки автомати-  
чески прерывается или дается команда на холостое  
прохождение собираемого изделия по последующим  
позициям сборки.

### 2.3.3. Сборка сопряжений с гарантированным натягом

Сборка выполняется при наличии на сопрягаемых деталях заходных фасок (или направляющих поясков), точном направлении деталей при сборке и необходимости приложения значительных осевых сил. При проектировании операций автоматической сборки необходим точный расчет силы сборки  $P_{сб}$ . На рис.32, *a* показан график изменения силы на штоке прессующего устройства. На участке *h* подвода детали от исходного положения до касания направляющих фасок сила на штоке равна нулю. На участке *12* при наличии смещения осей деталей сила начинает расти (выступ *a*). Длина участка *12* равна ширине фаски *C*. При отсутствии смещения осей сила на этом участке равна нулю. В точках  $b_1$  и  $b_2$  в начале участка *13* сила начинает повышаться. Прямая *1* характеризует рост силы для сопряжения с наибольшим натягом, прямая *2* – с наименьшим. В конце участка *13* сила скачкообразно растет (прямая *3*) в результате упора запрессовываемой детали в жесткий упор базовой детали.

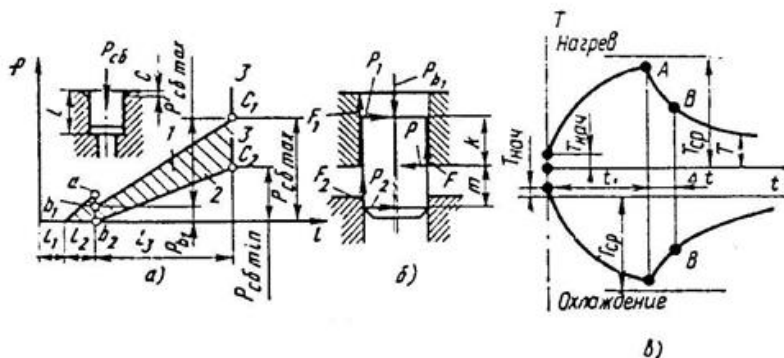


Рис.32. Расчет сборочной силы при сопряжении деталей с гарантированным натягом

Качество сборки контролируют в процессе выполнения соединения. Наиболее распространен контроль по силе запрессовки с использованием датчиков давления масла, установленных на напорной полости гидравлического цилиндра. Контролируют силу запрессовки в точках  $C_1$  и  $C_2$  (см. рис. 32, *а*) до ее резкого возрастания при упоре запрессовываемой детали в уступ сопряженной детали. Это достигается применением дополнительных датчиков положения запрессовываемой детали. Если фактическая сила запрессовки оказывается меньше или больше установленных значений в точках  $C_2$  и  $C_1$  то цикл сборки прерывается и собираемое изделие удаляют из рабочей зоны автомата.

При автоматической сборке возможен контроль качества запрессовки по числу ударных импульсов, если используется не статическая, а пульсирующая сила запрессовки. Для заданной посадки предварительно устанавливается число ударных импульсов.

Качество сборки для ответственных сопряжений контролируют, используя ультразвуковые колебания. Прохождение ультразвука через контролируемый стык зависит от величины давления. При малых давлениях ультразвуковые колебания в большей степени рассеиваются и отражаются в обратном направлении. Приемное устройство, расположенное на пути распространения этих колебаний, будет регистрировать меньшую энергию поступивших в него колебаний. Контроль может быть осуществлен на специальной установке или на позиции сборочного устройства.

Сборку соединений с гарантированным натягом при тепловом воздействии на сопрягаемые детали осуществляют, нагревая охватывающую или охлаждая охватываемую детали. Средства нагрева: ванны с ки-

пящей водой, масляные ванны (температура до 130°C), туннельно-конвейерные нагревательные устройства (температура до 250°C), индукционные установки, питаемые токами высокой или промышленной частоты (температура до 350°C). Индукционные устройства малогабаритны, легко встраиваются в автоматическое сборочное оборудование и обеспечивают скорость нагрева 2–5°C/с и выше. При использовании установок промышленной частоты достигается равномерное распространение теплоты по сечению детали.

Средства охлаждения – установки для непрерывного перемещения и выдачи деталей с использованием различных хладоносителей (твердая углекислота при температуре – 78°C, пары жидкого азота при – 190°C). Применяют также холодильные конвейерные установки, в которых детали охлаждаются воздушным потоком, проходящим через теплообменник рефрижераторного устройства.

#### **2.3.4. Сборка резьбовых соединений**

Резьбовые соединения весьма распространены в машиностроении, а трудоемкость их сборки относительно велика. В отдельных отраслях (автомобиле- и тракторостроении) она достигает 30% от трудоемкости сборки всего изделия. Процесс сборки с использованием резьбовых крепежных деталей состоит из нескольких этапов. На сборочную позицию устанавливают и взаимно ориентируют сопрягаемые детали изделия; затем подают и завинчивают резьбовые крепежные детали; последнее включает три этапа: «наживление» резьбовых деталей, завертывание и последующую затяжку с заданным моментом. «Наживление» крепежных деталей – наиболее трудно при автоматической

сборке. Поэтому его нередко производят вручную, а последующие этапы – заворачивание и затяжку – средствами механизации или автоматизации.

Последующее стопорение резьбовых соединений (постановкой шплинтов, обвязкой проволокой, отгибанием язычков шайб) при автоматической сборке сложно и не применяется.

Расположение крепежных деталей должно быть доступно для выполнения автоматической сборки, расстояние между ними не должно быть малым, в противном случае затрудняется использование многошпindelных винто- и гайкозавертывающих устройств. Крепежные детали располагают в изделии так, чтобы их подача, заворачивание и затяжка происходили путем перемещения сборочных исполнительных устройств по прямолинейным траекториям. Оси крепежных деталей с каждой стороны изделия следует располагать параллельно. Размеры крепежных деталей должны быть по возможности унифицированы.

Вид резьбового соединения оказывает большое влияние на возможности автоматической сборки. В настоящее время в машиностроении применяют три основных вида резьбовых соединений: болтовые, винтовые и резьбовыми шпильками.

Болтовые соединения наименее удобны для автоматической сборки, так как технологический процесс состоит из большого числа последовательно выполняемых переходов. Предварительно ориентированный болт с надетой шайбой вставляют в отверстие соединяемых деталей, поддерживая его от выпадания и провертывания. Далее следуют постановка одной или двух шайб, «наживление» гайки, ее заворачивание и затяжка до требуемого момента. Для выполнения рассмотренных переходов нужен комплекс исполнитель-

ных устройств (общее количество которых достигает 20), работающих в определенной последовательности и с высокой степенью надежности.

Соединения с помощью резьбовых шпилек более технологичны, так как процесс автоматической сборки состоит из меньшего числа переходов. Сначала ввертывают шпильки в резьбовые отверстия базовой детали. Затем на ввернутые шпильки надевают сопряженную деталь и ставят шайбы, далее «наживляют», заворачивают и затягивают гайки. Общее число исполнительных устройств при этом достигает 15.

Наиболее просто автоматизируется сборка винтовых соединений. После установки сопряженных деталей в нужное положение происходят подача, «наживление», заворачивание и затяжка винтов. Использование винтов с потайной конической головкой обеспечивает их хорошее стопорение без применения шайб. При наличии цилиндрической, полукруглой или шестигранной головки сборка производится после надевания на винты обычных или разрезных (пружинных) шайб. Общее число исполнительных устройств в этом случае обычно не превышает 10.

Перспективны самонарезающие (резьбообразующие) винты. Их ставят без шайб, так как они обеспечивают хорошее стопорящее действие. При наличии заборного конуса они легко направляются отверстием в начало процесса заворачивания.

Возможности автоматической сборки зависят от конструктивного оформления элементов резьбовых деталей. Обычная головка с наружным или внутренним шестигранником удобна для захвата ее торцовым ключом.

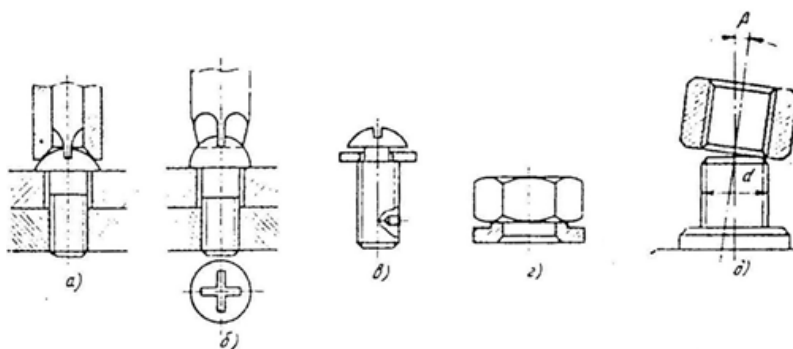


Рис.33. Конструкции крепежных деталей для автоматической сборки

Головки со шлицами менее удобны для автоматической сборки. Шлиц полностью не центрирует отвертку. Центрируют отвертку направляющей втулкой по внешнему контуру головки винта (рис.33,а). Вращение винта за шлиц не обеспечивает передачу больших моментов затяжки ввиду возможности смятия участков шлица по краям прорези. Головки винтов с крестообразным шлицем (рис.33,б) обеспечивают хорошее центрирование отвертки и передачу большого момента затяжки. Эти головки удобны для автоматической сборки.

Винты с цилиндрической и полукруглой головками для их лучшего стопорения ставят с одной или двумя шайбами. Постановка этих шайб усложняет автоматизацию сборочных работ. Такие винты подают с предварительно надетыми и неснимаемыми шайбами (рис.33,в).

Резьбовые шпильки для автоматической сборки предпочтительно выполнять с резьбовыми участками равной длины и с одинаковыми резьбами. При разных резьбах задача ориентации шпилек усложняется.

В конструкции резьбовых деталей нужно предусматривать направляющие элементы – выточки и фаски.

Применяют следующие схемы сборки резьбовых соединений.

1. Наживление, заворачивание и затяжку резьбовых деталей с заданным моментом. Всю сборку осуществляют на одно- и многошпиндельных установках автоматического или полуавтоматического типа. Тарирование момента затяжки обеспечивается муфтами.

2. Наживление и заворачивание крепежных деталей до некоторого промежуточного момента. Затем изделие передается на другую установку для одновременной затяжки всех крепежных деталей с заданным моментом. Эту схему применяют для крепежных деталей диаметром от М8 до М16 и более.

3. Ручное наживление крепежных деталей с последующей передачей собираемого узла изделия на многошпиндельную установку для одновременного заворачивания и затяжки крепежных деталей с заданным моментом. Схему применяют при диаметре крепежных деталей более М14.

Сборку резьбовых соединений по рассмотренным схемам выполняют на отдельных установках, а также на установках, встраиваемых в автоматические (полуавтоматические) линии.

Важнейшее устройство каждой автоматической или полуавтоматической машины для наживления и заворачивания резьбовых крепежных деталей – питатель, непосредственно удерживающий и подающий крепежную деталь в зону сборки. Все разнообразие конструкций существующих питателей можно свести к двум основным типам: к первому относятся раскрывающиеся и раздвижные питатели, ко второму – трубча-



тые.

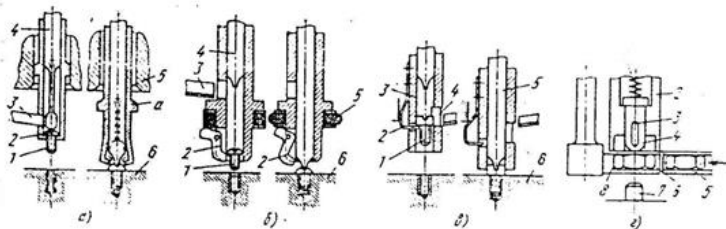


Рис.34. Конструкции питателей для подачи и за-  
вертывания резьбовых крепежных деталей

Раскрывающиеся питатели (рис.34,*а*) имеют упругие лепестки 2, удерживающие винт 1, который подается по желобу 3 в прорезь между лепестками. При опускании питателя отвертка 4 входит в шлиц винта 1 и приводит его во вращение. На определенной высоте от детали 6, в которую заворачивается винт, лепестки питателя раскрываются и винт заворачивается до конца. Это происходит в результате того, что скосы лепестков а западают в коническую выточку корпуса 5. При подъеме питателя скосы сходят в цилиндрическую часть корпуса и лепестки сходятся.

Раздвижные питатели (рис.43,*б*) удерживают заворачиваемый винт 1 посредством трех поворотных кулачков 2. Винт подается по желобу 3 через боковое окно в неподвижной трубе питателя. При опускании отверстия 4 винт начинает ввертываться в резьбовое отверстие детали 6, раздвигая своей головкой кулачки 2 и преодолевая сопротивление упругого кольца 5.

Трубчатые питатели (рис.34,*в*) имеют упругую заслонку для удержания заворачиваемого винта 1, подаваемого через боковое окно 4 в трубке 3 питателя. При опускании последнего заслонка выходит и винт падает вниз, направляясь по фаске резьбового отвер-

ствия в детали 6. Отвертка 5 завертывает винт до конца. При подъеме питателя упругая заслонка 2 вводится в его прорезь, подготавливая прием следующего винта. Трубочатые питатели применяют для завертывания винтов с цилиндрической головкой; они малогабаритны и удобны для завертывания винтов в труднодоступных местах.

В питателях рассмотренных типов винты не имеют точно фиксированного положения. Они центрируются с зазором по стержню или поверхности головки. Зазор благоприятствует условиям наживления винта при наличии смещения осей питателя и резьбового отверстия.

На рис.34,г показана схема устройства для автоматического наживления и навертывания гаек 6, поступающих по лотку 5 из бункера. На рабочей позиции гайка поддерживается двумя держателями 8, раздвигающимися при опускании шпинделя 2 с внутренним шестигранником. Гайка предохраняется от выпадения плоской пружиной 3, закрепленной на штифте 4. При переходе шпинделя к шпильке 7, на которую наворачивается гайка 6, штифт 4 уходит внутрь шпинделя, преодолевая действие спиральной пружины 1.

Устройства, приведенные на рис.34, используют как самостоятельно действующие установки или их встраивают в более сложные технологические комплексы.

Оценивая приведенные конструкции резьбозавертывающих устройств, можно отметить их преимущества и недостатки. Устройства с фрикционными муфтами бесшумны в работе, но имеют большие поперечные габариты. Устройства с кулачковыми муфтами имеют меньшие габариты, но и меньшую равномерность затяжки. В работе эти устройства вызывают шум

и сотрясения, что непригодно для условий автоматизации процесса. Устройства с самоторможением двигателя в конце затяжки просты по конструкции, надежны и бесшумны в работе, обеспечивают высокую равномерность затяжки. При малых габаритах из них легко компоновать многошпиндельные установки.

Производительность сборки резьбовых соединений повышают использованием многошпиндельных устройств.

Наибольшее применение получили устройства, комплектуемые из отдельных безмуфтовых резьбозавертывающих механизмов с индивидуальными пневмодвигателями (рис.35).

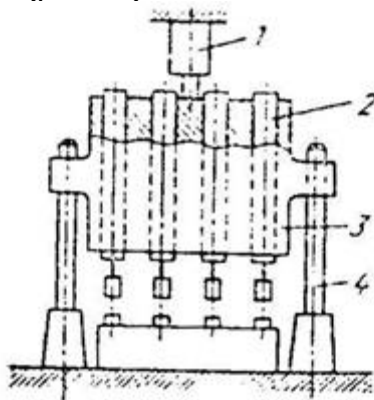


Рис.35. Схема многошпиндельного гайковерта

### 2.3.5. Соединения клепкой

Соединения клепкой более технологичны, чем соединения резьбовые. Для выполнения клепаных соединений используют более простое и надежно работающее оборудование. Время на выполнение этих со-

единений сравнительно мало, а качество их более стабильное. Клепку в автоматизированном производстве применяют, когда требуются герметичные соединения деталей, а их нагрев не желателен (сепараторы, шарикоподшипников, крепление плоских пружин, сборка термообработанных деталей), а также при неразъемном соединении деталей из разнородных материалов (сталь – чугун, металл – пластмасса).

Обычно используют стандартные заклепки с головками различного вида и специальные (пустотелые, трубчатые). В условиях автоматизации предпочтительна холодная клепка при диаметре заклепок до 10 мм; при этом упрощаются исполнительные устройства и компоновка клепального оборудования. Замыкающую головку заклепок выполняют ударами и давлением. Предпочтительная клепка давлением (прессовая клепка) как более качественная. Она бесшумна и не вызывает сотрясений в работе. Замыкающие головки трубчатых заклепок получают развальцовкой. Применяется также орбитальный метод клепки, при котором замыкающую головку образуют давлением и раскатыванием. Это снижает силу клепки, улучшает ее качество.

Клепке предшествует подготовка отверстий и прижатие соединяемых деталей. Отверстия получают пробивкой и сверлением; последнее рекомендуют для ответственных соединений. Повышение точности расположения отверстий обеспечивается многошпindelным сверлением или одновременной пробивкой несколькими пуансонами. Прижатие склепываемых деталей повышает прочность соединения на 15–20%. Для неответственных соединений допустима клепка без прижатия деталей.

Замыкающую головку получают прямым и обратным способами. При первом способе закладная го-

ловка заклепки упирается в поддержку, а замыкающая головка образуется обжимкой в процессе клепки. При втором способе силу прикладывают к закладной головке, а замыкающую получают расплющенной формы от соприкосновения с плоской поддержкой. Заклепки вводят в отверстия сверху. Для повышения производительности целесообразно применять групповую клепку, при которой одновременно ставятся все заклепки собираемого изделия.

В качестве технологического оборудования применяют клепальные прессы, полуавтоматы и автоматы. При использовании прессов заклепки вставляют вручную, в полуавтоматах – автоматически с помощью подающего устройства. В автоматах пробивка отверстий, вставка замыкающих головок заклепок происходят автоматически. Полуавтоматы и автоматы служат для холодной клепки с наибольшим диаметром заклепок до 3 мм; время расклепывания одной заклепки – около 0,5 с.

Крупногабаритные изделия собирают на клепальных установках с программным управлением. На этих установках сверлятся отверстия, вставляются и осаживаются заклепки. Элементы изделия предварительно собирают в сборочном приспособлении. Детали, подвергаемые клепке, должны быть удобны для применения клепальных автоматов и полуавтоматов. Расположением заклепок не должно быть тесным, так как в этом случае приходится производить не групповую, а последовательную клепку, перемещая собираемый объект в рабочую зону автомата за несколько приемов.

Процесс автоматической клепки включает: 1) установку соединяемых деталей в сборочное приспособление автомата; 2) вставку заклепок в отверстия

соединяемых деталей; 3) осадку замыкающих головок заклепок с предварительным сжатием соединяемых деталей или без него; 4) удаление собранного изделия в тару или на следующую позицию автомата.

Второй и третий этапы выполняют в разных вариантах. Простейший из них – это последовательная вставка и клепка заклепок в установленной последовательности. Более производительны последовательная вставка и одновременная клепка всех заклепок. При этом варианте применяют более мощные прессы и точные по длине заклепки. Еще более производительны одновременная вставка и клепка всех заклепок. На рис.36,*а* показана схема такого процесса клепки. После установки соединяемых деталей 1 и 2 на фиксирующие штыри 3 приспособления через боковые отверстия 7 труб подаются заклепки 5 из вибробункеров в ориентированном виде. Эти заклепки направляются и удерживаются упругими губками 4. На второй стадии процесса (рис.36,*б*) штоки 8 проталкивают заклепки в отверстия соединяемых деталей; при дальнейшем опускании штоков 8 происходит сжатие соединяемых деталей в результате осадки упругих опор 9 и образование плоских замыкающих головок заклепок при контакте их концов с плитой 10. Для установки деталей и снятия собранного изделия устройство со штоками 6 поднимается вверх.

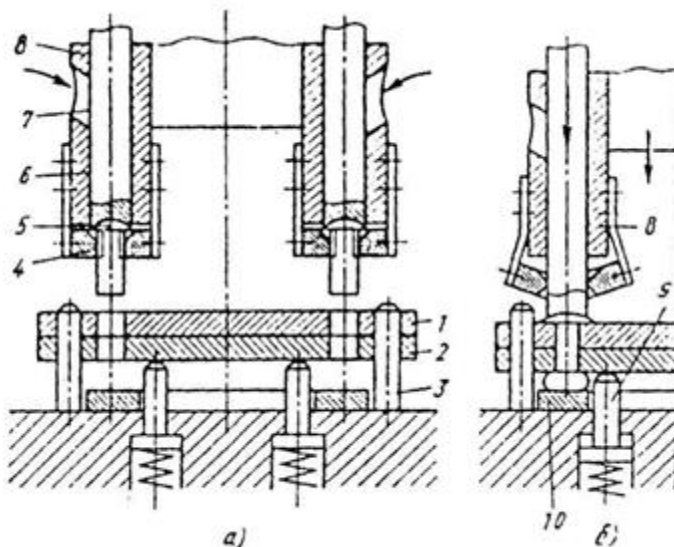


Рис.36. Устройство для одновременной вставки и клепки нескольких заклепок

В условиях автоматизации целесообразно применять специальные методы клепки, связанные с малым числом вспомогательных движений, что упрощает конструкцию сборочного автомата и повышает его производительность.

Более просты клепальные машины с автоматической вставкой заклепок в предварительно просверленные или пробитые отверстия с последующей осадкой замыкающих головок. Машины этого типа выполняют с одной или большим числом одновременно работающих головок. На машинах с одной головкой применяют при односторонней клепке заклепки можно ставить без применения поддержки с удобной для работы стороны. Число рабочих и вспомогательных движений автомата при этом сводится к минимуму.

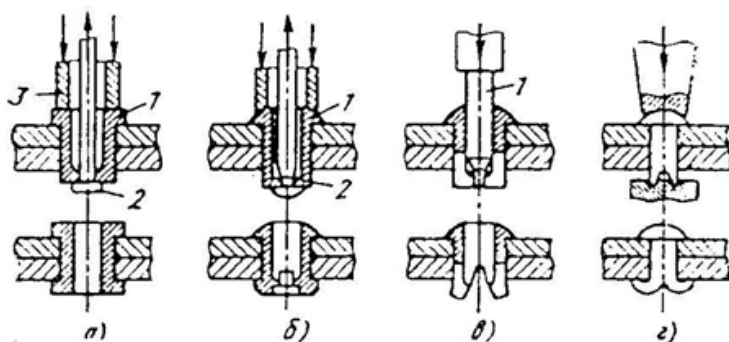


Рис.37. Схемы односторонней клепки

Схема односторонней клепки полыми заклепками 1, в отверстие которых вставляют стержень 2, показана на рис.37,а. Заклепку со стержнем вводят в отверстие сопрягаемых деталей сверху. Стержень 2 захватывается пневматическим устройством, неподвижная часть 3 которого упирается в закладную головку заклепки. После протягивания стержня через заклепку на ней образуется замыкающая головка, показанная на нижней проекции. На рис.37,б показан другой тип заклепки 1, стержень 2 которой при осадке обрывается по утоненной шейке. Оставшаяся часть головки стержня плотно закрывает отверстие в заклепке. На рис.37,в показана заклепка, вставляемая сверху пуансоном 1. Замыкающая головка получается нажатием пуансона на коническую фаску, в результате чего концы заклепки отгибаются.

Соединение вильчатой заклепкой показано на рис.37,г. Эти заклепки при постановке прокалывают отверстия в тонких листах (мягкий металл, пластмасса, фибра, кожа), их концы отгибаются в разные стороны, плотно стягивая соединяемые детали.

Перспективна клепка с пробивкой отверстий в



соединяемых листах самой заклепкой.

### **2.3.6. Автоматическая пайка**

Автоматическая пайка широко применяется для получения прочного и герметичного соединения деталей различных классов. Наиболее пригодна для автоматизированного производства индукционная пайка в печах, погружением и в пламя горячих газов. В зависимости от применяемого метода пайки изменяются и требования, предъявляемые к конструктивному оформлению соединяемых деталей.

В большинстве случаев последовательность пайки следующая: очистка и обезжиривание соединяемых деталей, промывка и сушка горячим воздухом, сборка изделия, нанесение флюса и припоя в место соединения деталей, местный или общий нагрев изделия, охлаждение изделия, промывка его для удаления остатка флюса. Эти этапы частично или полностью выполняются автоматически. Поверхности контакта соединяемых деталей должны быть доступны для автоматической очистки и обезжиривания, которые чаще всего осуществляют в ваннах методом погружения. Конструкции должны быть оформлены так, чтобы моющий раствор свободно проникал к поверхностям сопряжения и стекал с деталей после их очистки. Для фиксации соединяемых под пайку деталей необходимо предусматривать их взаимное центрирование (по отверстию и выступу, штифтами и другими элементами) или использовать для этой цели специальные приспособления, предусматривая соответствующее базирование деталей (рис.38).

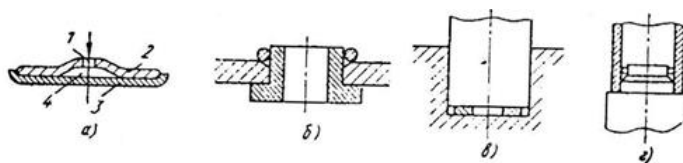


Рис.38. Конструкции соединений, осуществляемых пайкой

Припой в зону пайки подают в виде пасты, которая включает флюс и связующее вещество, а также в виде проволочных колец, шайб или пластинок. Часто пайку производят, погружая изделие в ванну с расплавленным припоем. Пасту к месту пайки подают экструдером дозированно. Припой в виде колец или шайб удобен для автоматической пайки круглых (кольцевых) швов. В конструкции соединяемых деталей необходимо предусматривать фаски и другие элементы, благоприятствующие получению хорошо сформированных швов.

Технология склеивания деталей включает: очистку и тщательное обезжиривание склеиваемых поверхностей, нанесение на одну из них (или на обе) слоя клея, соединение деталей с их точной фиксацией относительно друг друга, полимеризацию клея с прижиманием деталей или без него (в зависимости от марки клея). Последний этап выполняют с нагревом для ускорения процесса полимеризации и повышения прочности соединения.

Технологичность конструкции клеевых соединений зависит от удобства выполнения перечисленных операций при автоматической сборке. Для получения высокого качества соединений детали тщательно очищают и обезжиривают. Очистку производят стальными щетками, пескоструйным аппаратом или травлени-

ем в ваннах, уайт-спирит или горячими щелочными растворами. Для выполнения этих операций используют непрерывно движущийся конвейер.

Операция нанесения клея наиболее специфична. Ее выполняют методами пульверизации для больших и открытых поверхностей, контактном роликом для небольших поверхностей, перерезаемых впадинами и отверстиями, или окунанием для деталей малых размеров. Мало удобны для автоматического склеивания поверхности, расположенные в труднодоступных местах. Нанесение клея такими методами не обеспечивает бесперебойной и надежной работы сборочного оборудования.

В конструкциях изделий с большими стыкуемыми поверхностями вместо жидкого клея целесообразно применять клеевую пленку. Прокладку из клеевой пленки зажимают между деталями соединения, после чего оно передается на позицию полимеризации.

Основной недостаток процессов сборки клеевых соединений – трудность их контроля и продолжительная полимеризация клея, длительность которой при горячем отверждении не менее 30 мин, при холодном – несколько часов. При быстром темпе работы необходимо предусматривать на автоматических линиях накопители в виде устройств со спиральными лотками или достаточно длинных туннельных нагревательных устройств. Основные дефекты клеевых соединений – непрочное склеивание по отдельным участкам поверхности в результате плохой их очистки. Непрочное склеивание можно устранить нанесением клея на обе стыкуемые поверхности и достаточно сильным прижатием их друг к другу.

## 2.4. Оборудование для автоматической сборки

1. Специальные сборочные установки и устройства для промежуточной узловой сборки в процессе механической обработки. Сборочные установки используют между смежными операциями обработки базовой детали данного изделия, а специальные сборочные устройства встраивают в автоматы или полуавтоматы для механической обработки. Такое сочетание механической обработки и сборки экономически оправдывается. Многие станкостроительные фирмы поставляют дополнительные приспособления для промежуточной сборки с подачей присоединяемых деталей к базовой из загрузочных устройств.

2. Однопозиционные сборочные полуавтоматы, применяемые для сборки несложных изделий, состоящих из небольшого числа деталей (обычно 3–5). Базовую деталь изделия устанавливают на сборочную позицию вручную; остальные детали изделия устанавливаются автоматически (или вручную) в определенном порядке или одновременно. Снимается собранное изделие автоматически выталкивающим устройством. Сборочные однопозиционные полуавтоматы нередко выполняют на базе универсального оборудования (эксцентриковые прессы для операций клепки, одношпиндельные вертикально-сверлильные станки для операций развальцовки и др.) с незначительным изменением его конструкции.

3. Однопозиционные сборочные автоматы. Их применяют для сборки сравнительно простых изделий с автоматической подачей деталей из бункеров, магазинов или кассет на сборочную позицию. После завершения одного рабочего цикла собранное изделие

автоматически удаляется выталкивателем в тару или снимается манипулятором без потери ориентации для передачи на транспортирующее устройство к следующей операции сборки. Новый рабочий цикл начинается без участия человека. Однопозиционные сборочные автоматы (и полуавтоматы) в зависимости от конструкции изделия могут выполняться одно- и многостороннего типов с последовательным или параллельным выполнением переходов сборки. На рис.39,а показана схема (в плане) двустороннего однопозиционного сборочного автомата. На базовую деталь 1 собираемого изделия исполнительными устройствами 2 подаются присоединяемые детали, поступающие в ориентированном виде из вибробункеров 3. Базовые детали поступают из магазина 4, а собранные изделия удаляются по лотку 5. Устройства автомата несколько усложняются при введении в его структуру механизмов контроля и блокировки для предупреждения брака и аварийных ситуаций. Однопозиционные сборочные автоматы работают от постоянной или сменяемой управляющей программы. В первом случае используются командоаппараты с распределительными валами, системы релейно-контактной автоматики и другие системы. Во втором случае применяются различные системы ПУ (штекерные, ЧПУ), которые в сочетании с быстроперенастраиваемой оснасткой позволяют использовать данное оборудование для серийного производства. Автоматы этого типа можно использовать в качестве самостоятельно действующих машин или встраивать в автоматические и полуавтоматические сборочные линии, сохраняя автономную систему управления.

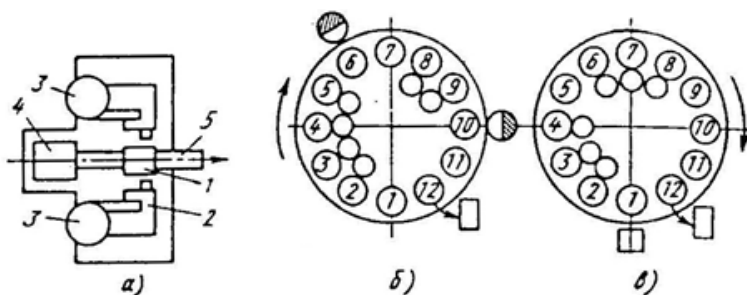


Рис.39. Схемы одно- и многопозиционных сборочных автоматов

4. Многопозиционные сборочные полуавтоматы, применяемые для более сложных изделий с большим числом переходов сборки. Обычно их выполняют карусельного типа. Круглый стол, на котором закреплены установочные приспособления для изделий, периодически поворачивается с помощью делительного устройства на определенный угол в зависимости от количества позиций.

Базовую деталь и некоторые другие детали, выдача которых из бункеров затруднена, устанавливают вручную. Снимают готовые изделия вручную или автоматически. Полуавтоматы подобного типа выполняют со столом, имеющим диаметр до 1,5–2,0 м. На рис. 39, б показана схема двенадцатипозиционного полуавтомата. Рабочие места ручной сборки расположены по периферии стола, устройства для питания и другие вспомогательные устройства – по периферии и в центральной зоне стола на неподвижных опорах. На данной схеме: 1 – позиция ручной установки базовой детали; 2, 3, 4, 5, 8 и 9 – позиции автоматической сборки с бункерной подачей деталей; 6 и 10 – позиции ручной сборки; 7 – позиция автоматического контроля; 11 – позиция, автоматической продувки и смазывания со-

бранного изделия; 12 – позиция автоматического съема собранного изделия.

Собирают изделия на полуавтоматах карусельного типа обычно за один оборот станка. При использовании полуавтомата для сборки малотрудоемких изделий возможна наладка, обеспечивающая съем изделия за половину оборота стола. В данном случае может быть также дублированная наладка, при которой за один оборот стола снимают два различных изделия.

5. Многопозиционные сборочные автоматы такого же типа, как и карусельные полуавтоматы. Все детали собираемого изделия подаются из бункеров или магазинов автоматически. Снимаются готовые изделия также автоматически. На рис. 39, *в* дана схема автомата, где 1 – позиция автоматической подачи базовой детали в приспособление; 2, 3, 4, 6, 7, 8 и 9 – позиции автоматической сборки с подачей деталей из бункеров; 5 и 11 – позиции автоматического контроля; 10 – позиция продукции собираемого изделия; 12 – автоматический съем собранного изделия.

Позиций сборки, включая позиции установки базовой детали и съема собранного изделия, обычно бывает от 6 до 12. При наличии в цикле сборки естественных быстротекущих процессов (нагрев, охлаждение, сушка, выдержка и др.) общее число позиций может быть соответственно увеличено. При большом числе позиций увеличивается диаметр стола, а вместе с этим и занимаемая им площадь, снижаются надежность работы автомата и его производительность.

У карусельных сборочных автоматов вспомогательные рабочие устройства располагают по осевому и радиальному направлениям, то есть поверхности сборки расположены в двух взаимно перпендикулярных

плоскостях.

6. Полуавтоматические линии, применяемые для сборки более сложных изделий. Общее число позиций ручной и автоматической сборки составляет несколько десятков. Общую компоновку линий и установление их структур производят на основе тщательной проработки технологического процесса сборки данного изделия. При проектировании этих линий можно достаточно гибко сочетать ручную сборку с автоматической. По мере совершенствования технологии сборки возможна замена позиций ручной сборки автоматической без коренной перестройки линии. Расположение рабочих позиций в плане может быть линейным, в виде замкнутого прямоугольника или овала (рис. 40 *а, б, в*). Реже встречаются линии Г- и П-образного расположения. Конфигурацию линии в плане устанавливают в зависимости от числа сборочных позиций, длины линии (зависит от габаритов изделия) и выбирают с учетом общей планировки данного цеха.

В большинстве случаев базовую деталь собираемого изделия закрепляют в приспособлениях – спутниках и перемещают из одной позиции в другую, где к ней присоединяются сопрягаемые детали.



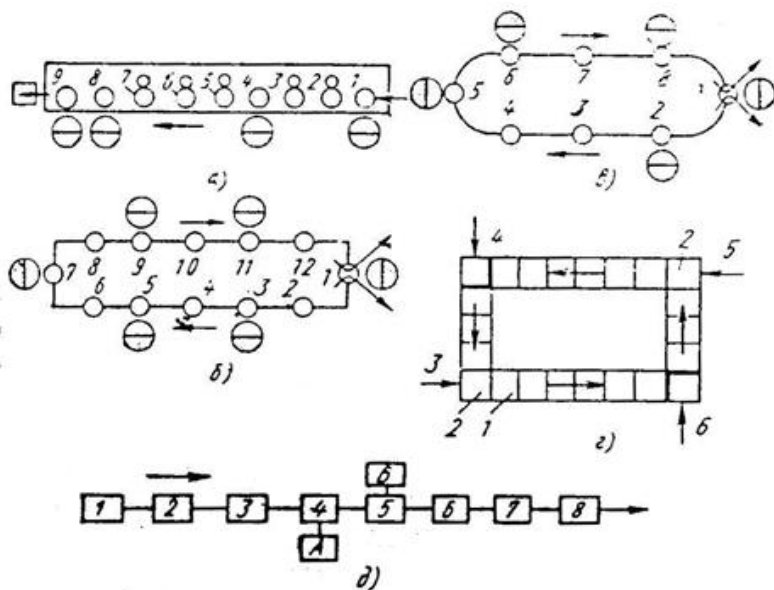


Рис.40. Схемы полуавтоматических и автоматических сборочных линий

Для небольших и средних по размеру линий замкнутого прямоугольного типа применяют точно изготовленные квадратные в плане плиты, перемещаемые по трассе сборки посредством четырех толкающих гидравлических цилиндров (рис. 40, г). Плиты 1 (как основания для приспособлений спутников) плотно прилегают одна к другой. В позиции 2 плит нет. Гидроцилиндры 3, 4, 5 и 6 работают в последовательности, указанной стрелками. Сначала включаются гидроцилиндры 5 и 3, затем цилиндры 4 и 6. После выполнения предусмотренных переходов сборки цикл повторяется.

Приспособления-спутники для более крупных изделий перемещаются по трассе линии толкающей

штангой. На позициях автоматической сборки эти приспособления точно фиксируют и закрепляют в заданном положении.

7. Автоматические сборочные линии. Применяются реже, чем полуавтоматические, а устройство их более сложно. Наиболее совершенна форма у комплексно-автоматической линии. На ней помимо сборки выполняют и другие работы (механическую обработку, контроль, испытание, консервацию, упаковку). Проектирование автоматических линий сборки – задача трудная, требующая тщательной разработки технологических процессов и строгого обоснования всех принятых решений.

На сборочных линиях желательно иметь промежуточные накопители, при наличии которых вынужденные неполадки на одной из сборочных позиций не вызывают остановки всей линии. Линии с накопителями работают с гибкими транспортными связями. Они более маневренны и не имеют продолжительных простоев.

Для уменьшения возможных простоев автоматических сборочных линий вследствие отказов исполнительных устройств нередко предусматривают резервные участки, на которых можно выполнить ручную сборку. Отдельные участки линии используются как накопители.

На рис. 40, д показана схема автоматической сборочной линии с резервированием ее производительности путем использования промежуточного задела. Если на позиции 3 вероятность получения брака сборки велика, то на позиции 4 качество изделия контролируется. При обнаружении брака изделие снимается с линии и передается в тару А для брака. На позиции 6 из задела, хранящегося в магазине Б, поступа-

ет запасное изделие. Вся линия работает бесперебойно, обеспечивая заданный выпуск изделий.

Большинство автоматических сборочных линий работают как непереналаживаемые, выпуская определенные изделия. В последнее время начинают применять переналаживаемые линии, а также линии для групповой сборки. Это позволит выполнять автоматическую сборку в производствах с малой программой выпуска изделий.

Особую группу автоматических сборочных линий составляют роторные автоматические линии. Их применяют для сборки небольших и простых изделий. Сборка происходит непрерывно, без остановки роторов, на которых закреплены установочные приспособления. Изделия с одного рабочего ротора на другой передаются при помощи транспортных (питающих и снимающих) роторов. Роторные линии можно применять для выполнения запрессовки, клепки, развальцовки, посадки с зазором, пайки, обжимки, отбортовки, а также для контроля изделий. При возникновении брака дефектное изделие удаляется из потока или пропускается через все остальные позиции линии вхолостую и сбрасывается в тару недособранных изделий. Роторные автоматические линии высокопроизводительны в результате значительной дифференциации технологического процесса и совместного выполнения рабочих и транспортных движений.

Технологические возможности роторных линий определяются характером движения рабочих инструментов. Обычно – это возвратно-поступательное движение вдоль оси роторов и вращательное движение. Поэтому запрессовку, клепку, развальцовку и другие работы выполняют на роторных линиях без особых затруднений.

У деталей собираемых изделий должны быть явно выраженные базовые поверхности. Они нужны для захвата деталей транспортными роторами и для надежной фиксации деталей на рабочих роторах. Поверхности сопряжений должны быть легкодоступными и иметь фаски или направляющие элементы.

Технологические процессы сборки на роторных линиях строят с наименьшим числом перемен положения изделия.

Для расширения технологических возможностей роторных линий предложены их новые разновидности. При малой длительности переходов сборки применяют обычную компоновку роторной линии, при большой длительности отдельных операций (нагрев, охлаждение, склеивание, сушка и др.) – роторно-цепную компоновку.

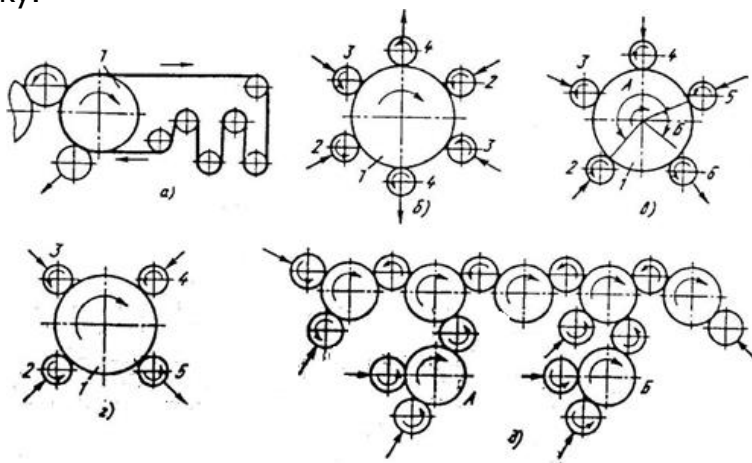


Рис.41. Схемы роторных сборочных линий

На рис. 41,а показана схема последнего звена роторной линии, в которой рабочий упор 1 имеет

удлиненное цепное замкнутое звено. В результате обеспечивается необходимая длительность завершающего перехода сборки. Если изделие состоит из небольшого числа деталей, которые соединяются между собой с помощью одного и того же инструмента то весь процесс сборки выполняется в одном рабочем роторе 1, снабженном несколькими питающими роторами 2 и 3 (рис. 41,б). Удаляются собранные изделия несколькими снимающими роторами. Если соединение нескольких деталей изделий производится одновременно одним движением инструмента, то рабочий ротор 1 имеет сектор питания А (рис.41,е), в котором размещаются все питающие роторы 2, 3, 4 и 5 и в котором инструмент совершает ход, необходимый для приема очередной детали, и один рабочий сектор Б общей сборки, в котором совершается рабочее движение инструмента. Снимается собранное изделие ротором 6. Если постановка каждой детали выполняется отдельным рабочим движением, то рабочий ротор 1 имеет несколько секторов питания. В каждом секторе расположен лишь один питающий ротор 2, 3 и 4. На рабочем роторе предусмотрено также несколько рабочих секторов. В каждом из этих секторов предусматривается свой рабочий инструмент (рис.41,г). Ротор 5 снимает собранное изделие.

Кроме рассмотренных схем роторных линий применяют комбинированные схемы. В последнее время появились многоярусные схемы роторных установок, отличающихся высокой производительностью, которые используют при малом числе операций в технологическом процессе сборки.

При сборке сложных изделий применяют разветвляющиеся роторные линии (рис.41,д). На ветвях А и Б собирают части изделий, которые затем передают-

ся на основную линию его общей сборки.

8. Большие возможности автоматизации сборки дают промышленные роботы, снабженные постоянной или сменяемой управляющей программой.

В промышленности России и других стран нашли применение переналаживаемые роботы с ПУ различного типа. Переналаживаемые роботы целесообразно применять на сборке несложных изделий в условиях серийного производства. Они могут работать как индивидуальные установки или быть встроены в поточную линию. Непереналаживаемые роботы типа манипулятора могут применяться в автоматических линиях с управлением от одного общего командоаппарата. Роботы могут устанавливать базовую деталь изделия на автоматическую линию и снимать с нее собранное изделие, изменять положение собираемого объекта, выполнять основные и вспомогательные переходы сборки, осуществлять соединение с зазором сопрягаемых деталей, производить точечную и контактную сварку и окраску методом пульверизации или окунания и другие работы. Возможно индивидуальное и групповое использование сборочных роботов на одной операции. В большинстве случаев используют роботы первого поколения. Они могут заменить большое число сборщиков, занятых выполнением несложных операций. Работают они по жесткой программе.

Применение роботов целесообразно и часто необходимо при выполнении специальных методов сборки (сборка тяжелых объектов и при высокой температуре, во взрывоопасной или токсической среде) и однообразных монотонных операций.

В рабочем пространстве робота расположены сборочное приспособление, кассеты, магазины, бункера, из которых захватное устройство робота берет

ориентированные детали, и перемещает их на место для размещения собранного изделия до удаления его из рабочей зоны. Захватные устройства выполняют механического, вакуумного, магнитного и струйного типов. Эти роботы характеризуются высокой точностью позиционирования захватного устройства (погрешность до 0,05 мм), которая необходима для надежного соединения деталей изделия. В большинстве случаев сборочный робот работает по схеме: взять и поставить деталь, удалить собранные соединения. На очереди – задача создания робота для сборки резьбовых, прессовых, заклепочных и других соединений. Весьма важная задача повышения надежности и быстродействия сборочных роботов.

При установившемся выпуске продукции сроки окупаемости проектируемых автоматических сборочных устройств и линий принимают три года, в отдельных случаях – шесть лет. При возможности приобретения готовых узлов сборочного оборудования со стороны трудоемкость изготовления линии сборки на 10–20 позиций составляет 4000–8000 чел.-ч, включая проектные работы; стоимость одной позиции автоматической линии 2,5 – 3 тыс. руб.

Не следует стремиться во всех случаях к сплошной автоматизации сборки. В первую очередь нужно автоматизировать наиболее тяжелые и трудоемкие сборочные операции, а также те операции, на которых возможно повысить качество изделий. Необходимость автоматизации во всех других случаях должна быть подтверждена технико-экономическими расчетами.

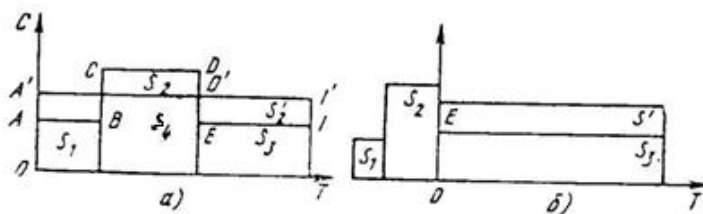


Рис.42. К расчету экономической эффективности автоматического сборочного оборудования

Большое значение имеет срок окончания отладки изготовленного сборочного оборудования. Промежуток времени от сдачи в эксплуатацию оборудования до окончания выпуска продукции должен быть большим, чем срок окупаемости оборудования. Следовательно, конструкторские работы должны быть начаты как можно раньше. На рис.42,*а* показан график расходов во времени. По оси ординат отложена себестоимость  $C$  сборки одного изделия, а также все расходы по автоматизации сборки, приходящиеся на одно изделие за весь срок ее проведения. По оси абсцисс отложен срок  $T$  выполнения программы выпуска изделий в годах.

Площадь  $S'$  прямоугольника  $OA'T'K$  представляет собой затраты на выполнение процесса обычной (ручной) сборки всех выпускаемых изделий, площадь  $S_1$  прямоугольника  $OABM$  – затраты на конструирование средств автоматизации сборки, площадь  $S_2$  прямоугольника  $MSDL$  – затраты на их изготовление и отладку и площадь  $S_3$  прямоугольника  $LEIK$  – затраты на выполнение процесса автоматической сборки, которая начинается в точке  $E$ . До этого времени производилась



ручная сборка, затраты на которую характеризуются площадью  $S_{\text{н}}$  прямоугольника  $OA'D'L$ . Экономическая целесообразность автоматической сборки определяется условием  $S_1 + S_2 + S_3 + S_4 < S'$ . Если отрезок  $EI$  равен или больше допустимого срока окупаемости, то данный вариант автоматической сборки может быть принят. Большой экономический эффект автоматической сборки будет обеспечен, если точку  $E$  приблизить к оси ординат или совместить ее с этой осью (рис.42,б), выполняя все работы по подготовке средств автоматизации до начала выпуска данной продукции, а также сокращая расходы  $S_1$  и  $S_2$  и используя типовые и нормализованные средства автоматизации.

### **Раздел 3. Технология выполнения сборочных операций типовых сборочных единиц**

#### **3.1. Сборка составных валов и муфт**

Распространены следующие способы соединения составных валов: шлицевой муфтой, втулочной муфтой со шпонками или штифтами, соединение на конусе со штифтами, болтами, работающими на срез, фланцами, стягиваемыми болтами, запрессовкой одной части вала в другую, созданием сил трения, удерживающих части вала в определенном положении.

Сборку составного вала со шлицевой муфтой (рис.43,а) начинают с установки и закрепления частей вала 1 и 2 на призмах таким образом, чтобы оси их совпадали. Для этой цели удобно применять призмы с регулируемой высотой, устанавливаемые на выверенной плите. Параллельность осей плоскости плиты контролируют индикатором, укрепляемым на стойке. Ча-

сти вала закрепляют в положении, требуемом условиями их последующего монтажа, то есть с учетом расположения шпоночных канавок, отверстий, выступов и т. п. Далее надевают ограничительные кольца 3 и на один из шлицевых концов муфты; конец второго вала вводят в отверстие муфты.

Если при данном относительном положении частей вала впадины и выступы шлицев вводимого конца вала и муфты не совпадут, валы необходимо раздвинуть, переставить муфту 4 на несколько шлицев, а затем снова собрать.

Для окончательной посадки муфты иногда применяют «мягкие» молотки. При посадке  $\frac{H}{k}$  (напряженной) по центрирующему диаметру шлицев муфту перед сборкой целесообразно прогреть в горячем масле.

Сборочную единицу валов со втулочной муфтой на шпонках (рис.43, б) собирают в таком же порядке, предварительно установив шпонки. Посадка муфты обычно  $\frac{H}{k}$ ; зазоры  $e = 1,5...2$  мм (для диаметров валов до 150 мм).

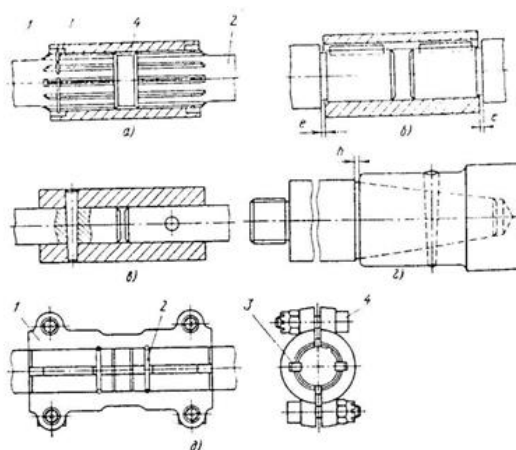


Рис. 43. Сборка составных валов

Валы, соединяемые втулочной муфтой со штифтами (рис.43,в), собирают в следующей последовательности: устанавливают муфту на один конец вала, затем на другой; сверлят отверстия под штифты в валах, разворачивают их и запрессовывают штифты. Так как в сопряжении этой муфты с валами часто применяют посадку  $\frac{H}{n}, \frac{H}{r}, \frac{H}{p}$  (глухую или легкопрессовую),

то сборку лучше производить с предварительным нагревом муфты. Однако при больших диаметрах валов такое соединение применяют сравнительно редко. При небольших длинах и диаметрах валов сборка упрощается, ее производят обычно напрессовкой муфты под прессом. В таких соединениях обычно применяют цилиндрические штифты, которые запрессовывают переносным прессом или молотком.

Особенностью сборки составного вала, части которого соединяются коническими поверхностями (рис.43,г), является необходимость контроля силы за-

прессовки, так как углы уклона конуса в таких соединениях бывают очень малыми и при сборке возможен разрыв охватывающей части вала.

Контролировать запрессовку конуса можно измерением зазора  $h$  до начала запрессовки и в конце ее. Сверление отверстий под штифты и их подстановку осуществляют после окончательной запрессовки частей вала. Составной вал (рис.43,д) начинают собирать с подбора боковин 1 муфты по валам таким образом, чтобы между валами и выточками в боковинах не было зазора. Затем устанавливают пружинные кольца 2 и шпонки 3 и обе боковины предварительно стягивают двумя болтами 4. После этого проверяют, нет ли «зависания» боковин на шпонках. Причиной такого зависания могут быть недостаточные размеры канавок под шпонки, в связи с чем боковины упираются в эти детали. Далее устанавливают остальные два болта, затягивают и зашлифовывают гайки.

В конструкции, приведенной на рис.44,а, две части вала соединены болтами, установленными во фланцах; при этом соосность обеих частей обеспечивается центрирующим буртиком и строгой перпендикулярностью плоскостей фланцев к осям сопрягаемых частей вала.

Если требования в отношении соосности жесткие, то сборку такого вала начинают с подбора его частей по диаметрам центрирующего буртика и выточки для обеспечения минимального зазора в этом сочленении. Посадку

болтов в отверстиях фланцев назначают обычно

$\frac{H}{n}, \frac{H}{k}$  (напряженную или глухую).

При сборке обе половины вала устанавливают на призмах и, сдвигая их до соприкосновения флан-

цев, фиксируют в таком положении тремя болтами, расположенными в отверстиях под углом  $120^\circ$ . Затем вал устанавливают в центрах и проверяют на биение по всем шейкам обеих половин его. Если биение не выходит за пределы допустимого, устанавливают и закрепляют остальные болты. При этом для лучшего совпадения отверстия нередко развертывают. Если биение шеек в предварительно собранном вале больше допустимого, сборочную единицу необходимо разобрать, а затем собрать вновь, сместив одну половину по отношению к другой на некоторый угол.

Сборка коленчатых валов, сопряжения в которых осуществлены с гарантированным натягом, производится в такой последовательности (рис.45, а). Палец 1 кривошипа гидравлическим прессом запрессовывают в отверстие щеки 2. После этого во второе отверстие щеки устанавливают макет вала с разжимной цапфой и проверяют параллельность осей отверстия щеки и запрессованного пальца кривошипа. Далее напрессовывают щеку на цапфу вала и производят окончательный контроль сборочной единицы на параллельность и непересечение осей пальца кривошипа и вала.

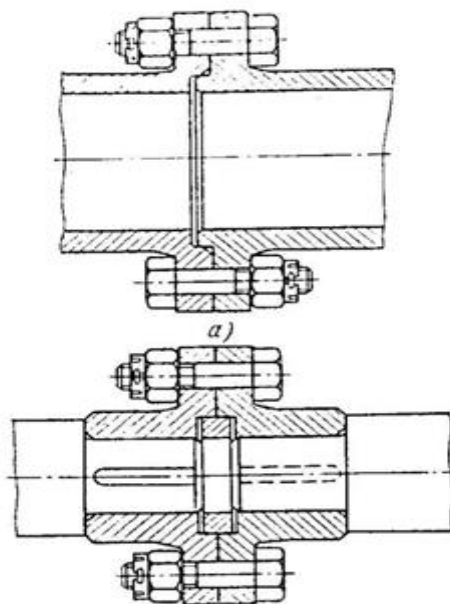


Рис. 44. Соединение прямых составляющих валов

Если в конструкции предусмотрены торцевые штифты (рис.45,б), то сверление и развертывание отверстий под штифты и установку их  $\left(\frac{H7}{s7}, \frac{H7}{u7}\right)$  производят после предварительного контроля собранного вала.

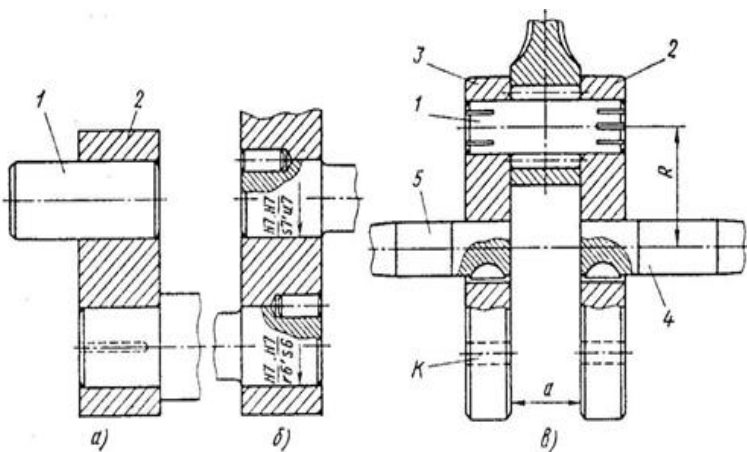


Рис. 45. Соединение составных коленчатых валов

В тяжело нагруженных крупных валах штифты и отверстия для них нередко упрочняют обкатыванием.

Сборку составного вала, показанного на рис.45,в, можно вы полнить двумя способами. Палец 1 кривошипа запрессовывают вначале в щеку 2, при этом палец и щека фиксируются в приспособлении. Щеку обычно предварительно нагревают до 170—180°С (или охлаждают палец). После этого на палец 1 надевают шатун с набранными роликами (если головка его не имеет разъема) и на свободный конец пальца напрессовывают предварительно нагретую вторую щеку 3. Для обеспечения требуемого расстояния  $a$  между щеками устанавливают дистанционную плиту. Соосность отверстий в щеках под цапфы 4 и 5 обеспечивается направляющим штырем, вставленным в точно обработанные отверстия К. Затем в обе щеки запрессовывают цапфы 4 и 5 с предварительно вставленными шпонками.

При другом способе сборки в каждую щеку запрессовывают цапфы 4 и 5, затем палец 1 запрессовывают в отверстие одной из щек, устанавливают шатун с роликами и напрессовывают вторую щеку. Соосность цапф 4 и 5 обеспечивается установкой сборочных единиц в центрирующем приспособлении, в результате чего отпадает надобность в отверстиях К. Технология сборки в этом случае следующая: в цапфы 4 и 5 запрессовывают шпонки; в нагретую щеку устанавливают цапфу 4; так же запрессовывают цапфу 5 в другую щеку. Щеку с цапфой 4 в сборе вновь нагревают и производят запрессовку пальца 1. На пальце монтируют шатун на роликовом подшипнике. Далее нагревают щеку с цапфой 5, обе подгруппы базируют в приспособлении, устанавливают дистанционную плиту и производят окончательную сборку вала.

Параллельность осей цапф и пальца добиваются групповой технологией сборки. Точность посадки шатуна на пальце (зазор 0,01—0,025 мм) обеспечивается сортировкой пальцев (по диаметру дорожки качения), роликов и шатунов (по диаметру отверстия нижней головки) на три-четыре размерные группы). Контроль собранных составных коленчатых валов производят на призмах или в центрах. Допускаемая несоосность или биение цапф 0,02—0,05 мм.

### **3.2. Сборка сборочных единиц с цилиндрическими деталями, движущимися возвратно-поступательно**

К цилиндрическим деталям, движущимся возвратно-поступательно, относятся поршни, клапаны, толкатели двигателей внутреннего сгорания, поршни и



штоки гидравлических цилиндров, плунжеры насосов, а также большое количество других деталей машины и механизмов.

Основным условием качественной сборки сборочных единиц толкателя, клапана являются правильная форма отверстия втулки, в которой движется деталь, и оптимальный зазор в сопряжении, обеспечивающий нормальное расширение охватываемой детали при работе, а также надлежащие условия для создания слоя смазки.

При сборке поршневой сборочной единицы необходимо: а) обеспечивать требуемую герметичность для предотвращения утечки газов из надпоршневого пространства цилиндра; б) передавать давление газов в цилиндре на кривошип коленчатого вала; в) препятствовать проникновению масла из картера в цилиндр; г) отводить в стенки цилиндра наибольшее количество воспринимаемого поршнем и кольцами тепла.

Поршень, его канавки для поршневых колец и поршневые кольца, медленно вращающиеся в процессе работы двигателя, представляют собой уплотнительную систему сальникового и лабиринтного типов. Зазоры в канавках для колец — это лабиринт, отделяющий надпоршневое пространство с повышенным давлением газов от полости картера. В процессе работы двигателя этот лабиринт может быть заполнен газами или маслом, собираемым кольцами со стенок цилиндра.

Нормальная работа всей уплотнительной системы обеспечивается правильно выбранными зазорами. При недостаточных зазорах ухудшаются условия трения, увеличивается износ сопрягаемых деталей, повышается доля мощности, расходуемой на трение, растет

тепловая напряженность колец и поршней. При слишком больших зазорах, возможны прорыв газов из цилиндров в картер, пригорание колец, падение мощности, развиваемой двигателем. Зазоры в сопряжениях деталей поршневой группы, которые необходимо выдерживать при сборке, определяет конструктор, исходя из тепловой напряженности поршня, гильзы (цилиндра) и поршневых колец, а также с учетом материала этих деталей. В связи с неравномерным нагревом поршня величина зазоров в верхней, средней и нижней его частях неодинакова.

Наименьший зазор в холодном состоянии выдерживается между гильзой и нижней частью (юбкой), которая является для поршня центрирующей. Увеличенные зазоры между поршнем и гильзой могут явиться причиной появления металлических стуков, получающихся от ударов поршня о гильзу под действием боковых сил. Во избежание этого зазор между нижней, менее нагреваемой частью поршня и гильзой принимают возможно меньшим и лишь такой величины, чтобы обеспечить образование слоя смазки в этом месте и предотвратить заклинивание поршня при его нагревании. При достаточно больших допусках на обработку отверстия гильзы (цилиндра) и поршня сужение допуска посадки осуществляется подбором этих деталей.

Гильзы (цилиндры) и поршни по диаметру юбки сортируют на несколько размерных групп (от 2 до 12) в зависимости от требуемой точности посадки. Это осуществляют специальные полуавтоматические и автоматические установки; точность сортировки достигает 0,005 мм.

Принадлежность поршня и гильзы к той или иной размерной группе после сортировки определяют

по клеймам, наносимым на днище или торце юбки поршня и верхней плоскости блока около соответствующих цилиндров.

Зазор между поршнем и гильзой проверяют щупом, толщину которого выбирают в зависимости от величины зазоров, а ширину принимают 10—15 мм. При нормальном зазоре усилие, требуемое для протаскивания щупа, должно быть в пределах, устанавливаемых опытным путем.

Кроме подбора по геометрическим параметрам, поршни, а также шатуны подбирают по массе таким образом, чтобы на одном двигателе в различных цилиндрах эти детали имели соответственно одинаковые массы. Это делается для предотвращения возникновения неуравновешенных сил. Поэтому допуск на массу, очевидно, должен быть тем меньше, чем быстрее ходит двигатель. Допуск на массу поршней одного современного двигателя допускается  $\pm 0,05\%$ . Поэтому поршни сортируют по массе на три-пять групп и каждый поршень клеймят (на днище) соответствующей цифрой.

В крупносерийном и массовом производствах такая сортировка ведется на автоматах. В настоящее время применяют высокопроизводительные автоматы, которые одновременно контролируют и сортируют поршни по размерам и массе. После подбора поршней необходимого диаметра и массы устанавливают поршневые кольца. Последние должны быть чистыми, без рисок, заусенцев и забоин, острые углы должны быть затуплены. Требования к точности изготовления поршневых колец стандартизованы.

Поршневые кольца поступают на сборку обычно со специализированных заводов окончательно обработанными и проверенными. Однако в условиях мелкосерийного производства нередко бывает необходимо пе-

ред установкой колец на поршень проверить их геометрическую форму и подобрать к данному поршню. В этих случаях выполняют следующие операции: проверяют упругость поршневого кольца, зазор в замке кольца в сжатом состоянии и, если нужно, пригонку замка и зачистку концов кольца; проверяют форму кольца; притирают кольца по специальному цилиндру; проверяют зазор между кольцом и канавкой поршня.

Поршневые кольца должны обладать определенной упругостью. При малой упругости они не дают достаточно плотного прилегания к стенкам гильзы (цилиндра), поэтому не могут обеспечить необходимого уплотнения от прорыва газов; при чрезмерной упругости кольца создают слишком большое удельное давление на гильзу, что вызывает быстрый износ как гильзы, так и колец. Упругость поршневых колец в каждом отдельном случае в зависимости от их размеров и конструкции ограничивается определенными сравнительно узкими пределами.

Упругость колец определяют приборами, принцип работы которых состоит либо в сжатии кольца силой, действующей по диаметру, либо в сжатии касательной силой, приложенной к концам гибкой стальной ленты, охватывающей кольцо. Наиболее простым универсальным прибором для проверки упругости колец по первому способу являются специальные весы. При массовом же контроле применяют для этой цели автоматические установки.

Плотность прилегания кольца к стенкам цилиндра при единичных проверках контролируют на световом приборе. Прибор выполнен в виде пластмассового или металлического ящика, на одной из стенок которого сделано отверстие с калибром, закрытое матовым стеклом. Если проверяемое поршневое кольцо плотно

всей поверхностью прилегает к стенке отверстия калибра, то свет от электрической лампы не будет виден снаружи, что и является признаком отсутствия погрешностей. Поршневые кольца, которые недостаточно плотно, то есть с просветами, прилегают к калибру, в мелкосерийном производстве дополнительно притирают по притиру-гильзе.

В массовом производстве контроль плотности прилегания осуществляет фотоэлектрический автомат.

В поршневых кольцах также проверяют величину замка — зазор между его концами на специальном контрольном автомате.

В единичном производстве зазор в замке определяют в рабочем положении щупом после того, как поршневое кольцо вставлено в специальное калиброванное отверстие, равное диаметру цилиндра. При необходимости плоскости замка поршневых колец зачищают напильником или оселком до тех пор, пока зазор не окажется в нужных пределах. Все заусенцы тщательно снимают. В маслосбрасывающих кольцах зачищают также кромки прорезей.

При установке поршневых колец на поршне должен быть проверен зазор между кольцом и стенками канавки поршня. Наивыгоднейший зазор достигается подбором колец, и лишь в индивидуальном производстве допускается пригонка кольца путем его притирки на плите.

Надевать кольца на поршень необходимо весьма осторожно, не разводя концы их больше, чем требуется. При надевании колец в них возникают напряжения, значительно больше тех, какие они испытывают в работе. Поэтому на кольцах при неправильной установке могут образоваться микротрещины. При работе двигателя такие кольца ломаются, что нередко вызывает

поломку поршня и задиры цилиндра. Наконеч, кольцо при надевании на поршень может быть настолько деформировано, что оно не примет прежней формы и будет при работе пропускать газы.

### **3.3. Сборка подвижных конических соединений**

Эти виды соединений применяют в разнообразных машинах и механизмах, в частности в конструкциях запорных устройств — пробковых конических кранах, клапанах, а также в регулируемых подшипниках скольжения и качения, упорных пятах и т. п.

Подвижные конические соединения, препятствующие проникновению газов и жидкостей, часто при сборке подвергают пригонке (развертке, притирке).

Плотность прилегания клапанов к фаске гнезда блока или его головки на большинстве двигателей достигается за счет притирки. Лишь в некоторых современных двигателях плотность соединения обеспечивается точным шлифованием фаски клапана и чистовой обработкой гнезд. Для притирки клапанов применяют: шлифующие порошки с мелким равномерным зерном в смеси с маслом или керосином в виде полужидкой массы либо специальные пасты. Эту массу или пасту наносят тонким слоем на фаску седла клапана, который вводится стержнем в отверстие направляющей втулки. Под тарелку клапана подкладывают спиральную пружину, приподнимающую клапан над гнездом. После этого механизированным инструментом с реверсивным ходом клапан вращают поочередно в обе стороны. Через три-четыре поворота клапан приподнимают над

гнездом, чтобы крупные частицы притирочного порошка смещались и не оставляли глубоких кольцевых царапин на фасках. При необходимости добавляют притирочную массу, причем использованную массу следует с клапана смыть. Притирать детали надо до тех пор, пока по всей окружности фаски клапана и седла не появится матовая полоска шириной 1,5—2,5 мм.

После притирки сборочную единицу необходимо тщательно промыть, а затем продуть воздухом, чтобы частицы абразива не остались и не попали на трущиеся поверхности деталей, смазать направляющие клапанов и проконтролировать.

### **3.4. Сборка соединений с деталями, базирующимися на плоскостях**

Соединения, в которых одна деталь базируется на плоскости другой, чрезвычайно широко распространены в конструкциях машин и механизмов. Схемы часто встречающихся соединений первого типа показаны на рис. 46. Во всех случаях деталь или сборочная единица 1 устанавливается своей опорной плоскостью на плоскость детали 2. При этом для обеспечения относительной неподвижности применяют либо два штифта (рис. 46,а), либо один штифт и какой-либо другой конструктивный элемент: направляющий бурт (рис. 46,б), центрирующий шип (рис. 46,в) или шпонку (рис. 46,г). Сборку сборочных единиц, выполненных по этим схемам, начинают обычно с пригонки деталей таким образом, чтобы они соприкасались по всей плоскости; далее фиксируют детали в рабочем положении и при помощи крепежных устройств окончательно закрепляют их. Пригонку деталей производят

пришабриванием или притиркой. Расчетом размерных цепей при подготовке рабочих чертежей деталей определяют допуски на линейные и угловые размеры, которые обеспечивают собираемость при неполной взаимозаменяемости и экономически допустимом проценте риска и по этим размерам обрабатывают детали.

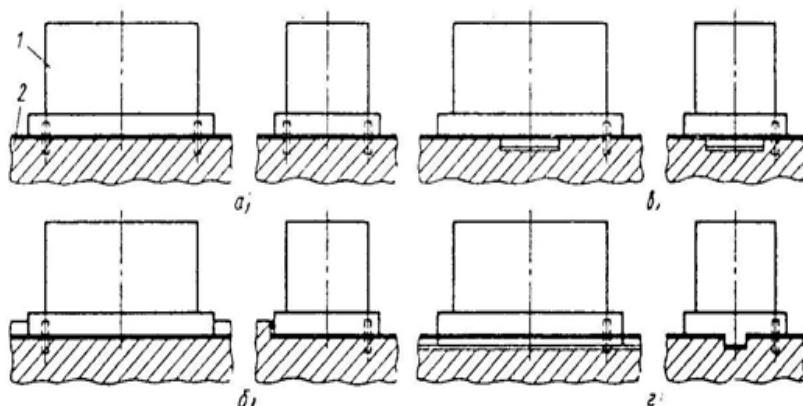


Рис. 46. Схемы сборочных единиц, детали которых базируются на плоскостях

Неплоскостность одной или обеих сопрягаемых поверхностей может быть причиной не только значительных нарушений точности сборки соединений, но и появления при работе сборочной единицы контактных деформаций в стыках в связи с отклонением сопрягаемых поверхностей от плоскостности

Качество пригонки плоскостей проверяют на краску, а в менее точных соединениях — щупом по периметру стыка.

Для постановки штифтов подогнанные друг к другу детали предварительно скрепляют болтами (отверстия под болты обычно уже имеются) или струбцинами в рабочем положении. После этого засверливают и развертывают отверстия под штифты (если они не



засверлены заранее).

Особенностью при этом является фиксация на штифтах устанавливаемых деталей, положение которых по отношению к базовой детали должно быть выдержано с большой точностью.

Когда детали устанавливают только на штифтах, их располагают возможно дальше друг от друга, так как точность установки при этом будет повышаться; применяют конические и цилиндрические штифты. В некоторых часто разбираемых соединениях, а также когда детали изготовлены из мягких сплавов, гнезда контрольных штифтов во избежание разработки армируют бронзовыми втулками, наглухо завертываемыми в деталь. В одной из деталей (базовой) штифт установлен неподвижно. Для стальных и чугунных деталей посадку в этих случаях выбирают обычно  $\frac{H}{r}$  или  $\frac{H}{s}$  а для деталей из бронзы, латуни или алюминиевых сплавов  $\frac{H}{r}$ .

### 3.5. Сборка гидравлических и пневматических сборочных единиц и систем

Порядок сборки гидравлических и пневматических узлов и систем определяется конструкцией этих устройств. Обычно сборку ведут в следующем порядке: сборка силового устройства (рабочих цилиндров, насосов), сборка аппаратуры управления, монтаж трубопроводов, испытание системы на герметичность и испытание в работе. Сборка рабочих цилиндров включает установку и закрепление поршней на штоке, монтаж уплотнений, сборку ци- линдров, установку в них

поршневой группы и сборку сальников. Поршень, базирующийся на цилиндрической шейке штока (рис.47,а), устанавливают с натягом. Во избежание приваривания поршня к штоку на месте упора помещают медное кольцо. При установке поршня на конус штока (рис.47,б) поверхности сопряжения предварительно проверяют на краску, и в случае необходимости отверстие пришабривают, с тем чтобы прилегало не менее 75% поверхности конуса. Затяжка гайки в этом случае производится ключом с рукояткой ограниченной длины.

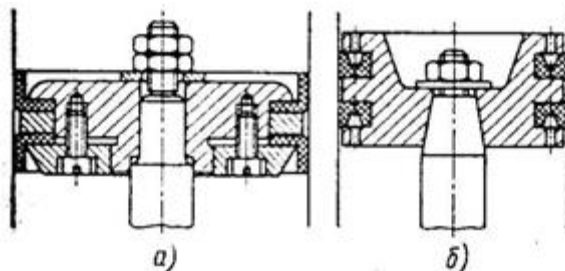


Рис. 47. Поршни гидравлических устройств

Поршень, укрепляемый на резьбе штока (рис. 48), должен навинчиваться свободно, но без качки. Отверстие под стопор, препятствующий самоотвинчиванию, сверлят и нарезают в нем резьбу после установки поршня. Сборочную единицу поршня со штоком проверяют на биение на призмах или в центрах; допускаемое биение 0,015-0,02 мм на 100 мм диаметра поршня.

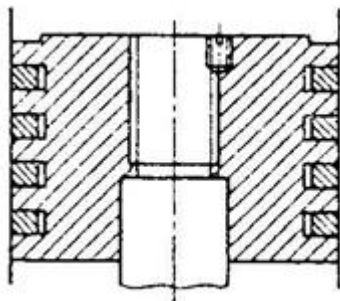


Рис. 48. Поршни пневматических устройств

На поршень устанавливают кожаные манжеты: в цилиндрах среднего давления - гладкой стороной кожи наружу, а в цилиндрах высокого давления — шероховатой стороной. Кольца из маслостойкой резины вводят в канавки посредством монтажных конусов, устанавливаемых на днище поршня. Чугунные поршневые кольца перед постановкой в канавки разводят специальными щипцами. Развод этих колец во избежание перенапряжения материала должен быть строго ограничен.

Сборка рабочих цилиндров включает пригонку крышек, проверку резьбы, установку прокладок и затяжку болтов или винтов. Если у цилиндра обе крышки отъемные, то вначале гильзу и одну из крышек, имеющую отверстие для штока, соединяют временными болтами или скобами. После этого вводят поршень с манжетами или кольцами, устанавливают вторую крышку с прокладкой и затягивают гайки болтов. Затяжку производят крест-накрест равномерно.

Во избежание повреждения манжет или колец при установке поршня в цилиндр применяют монтажные гильзы. Уплотнение штока в крышке цилиндра

осуществляют при помощи сальника.

При монтаже цилиндра на машине необходимо соблюдать параллельность оси цилиндра направляющим движения рабочего органа машины. Для выверки цилиндра в двух взаимно перпендикулярных плоскостях обычно предусмотрены на концах гильзы шлифованные пояски, которые концентричны ее внутренней поверхности.

Монтаж штока с кронштейном или стойкой должен осуществляться так, чтобы ось штока совпадала с осью цилиндра и была параллельна направляющим движения рабочего органа машины.

При несоблюдении этих требований при эксплуатации цилиндров возможны искривление оси штока и его защемление в направляющей втулке или в отверстии крышки; неравномерное, с вибрациями, движение штока и связанного с ним рабочего органа машины; появление задиров на поверхности штока и направляющей втулки; преждевременный износ уплотнительных колец и появление течи масла; увеличение сил трения и снижение КПД цилиндра.

При обнаружении течи масла через уплотнительные кольца штока необходимо отвернуть винты сальниковой крышки и снять одну или две компенсационные прокладки, после чего винты крышки вновь затянуть до отказа.

Для устранения возможного нарушения равномерного движения рабочего органа (вследствие попадания воздуха в цилиндр) следует совершить два-три полных движения поршня (или цилиндра) из одного крайнего положения в другое на холостом ходу. Если в конструкции цилиндра предусмотрены воздухопускные краны, удалять воздух надо с их помощью; открывать краны следует тогда, когда из полости цилиндра

вытекает масло. Если указанные действия не устраняют неравномерности движения рабочего органа необходимо установить и устранить причины подсоса воздуха в гидросистеме.

**Сборка насосов** шестеренчатого типа начинается с подбора зубчатых колес. Особое внимание обращают на точность зацепления зубьев, так как при погрешностях в зацеплении объемы впадин между зубьями не полностью заполняются жидкостью и в магистраль попадает воздух, нарушающий нормальную работу системы.

Зазоры в зацеплении зубчатых колес выдерживают в пределах: при модуле 1—4 мм — до 0,2 мм, при модуле 5—7 мм — 0,3 мм и при модуле 8—10 мм — до 0,4 мм. Диаметральные зазоры между зубчатыми колесами модулей 1—4 мм и корпусом должны быть в пределах 0,07—0,12 мм, зазоры между торцами колес и крышками корпуса — в пределах 0,04—0,08 мм. В связи с такой сравнительно малой величиной зазора плоскости крышек должны быть тщательно обработаны и проверены по краске на плите.

Крепежные винты затягивают равномерно, с тем, чтобы не допустить перекоса и защемления зубчатых колес. Вращение колес в правильно собранном насосе должно быть плавным и легким.

В целях предотвращения перегрузок насоса и гидросистемы предохранительный клапан следует настраивать на давление, превышающее рабочее не более чем на 20%.

У лопастного насоса точность посадки лопаток в пазах ротора с зазором 0,02—0,03 мм обеспечивают подбором лопаток или притиркой их с пастой на плите. Лопатки не должны выступать над статорным кольцом;

допускается незначительное (на 0,01—0,02 мм) утапливание лопатки в статоре. На эту величину высота ротора должна быть меньше ширины статорного кольца. При установке лопаток в ротор не следует забывать, что заостренная часть лопатки должна быть направлена в сторону вращения ротора. В собранном насосе вращение ротора должно быть свободным.

После сборки проверяют производительность насоса на стенде при различных давлениях, обусловленных техническими требованиями. Возможны следующие основные неисправности.

1. Заедание лопаток в пазах ротора, сопровождающееся толчками и шумом при работе. Для устранения неисправности необходимо снять крышку насоса и задний диск. Провертывая вал от руки, проверить свободное перемещение лопаток в пазах ротора: если лопатки перемещаются туго, снять ротор с вала, заметить нахождение лопаток в каждом определенном пазу, так как лопатки могут быть невзаимозаменяемыми, промыть детали и при необходимости произвести притирку лопаток до легкого хода их в пазах ротора.

2. Насос засасывает воздух, в результате чего не дает максимального давления, работает с шумом, масляный бак заполняется пеной, стрелка манометра резко колеблется. Для устранения неисправности необходимо проверить уплотнение всасывающего трубопровода насоса и плотно подтянуть все соединения.

3. Утечка масла по валу через уплотнение — следует проверить манжету и в случае повреждения заменить ее.

**Монтаж гидродвигателя** на машине производят с учетом технических требований в горизонтальном, вертикальном или в наклонном положении.

Для обеспечения равномерного движения механизма, приводимого гидродвигателем, необходимо обеспечить заполнение всей системы жидкостью, не допуская проникновения туда воздуха.

**Монтаж аппаратуры управления** осуществляют в соответствии с требованиями, предъявляемыми к каждому аппарату гидравлической системы. Аппаратура управления предназначается для контроля и регулирования направления и скорости движения жидкости, ее давления и количества. К аппаратуре управления относятся обратные, редукционные и предохранительные клапаны, дроссели, реле, золотники и краны.

Клапаны монтируют в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении. Во избежание подсоса воздуха через сливную трубку необходимо при сборке достичь плотности в ее сопряжении. Требования в этом случае предъявляют те же, что и при монтаже подводящих труб.

Особое внимание при монтаже должно быть обращено на плотность прилегания клапана к седлу, что характеризуется отсутствием протекания масла через клапан, а также на плотность сопряжений крышки и корпуса.

Дроссели укрепляют при помощи винтов в горизонтальном или вертикальном положении. Расход масла, проходящего через дроссель, зависит от положения лимба. Поэтому у смонтированного дросселя необходимо проверить, как изменяется расход масла при вращении лимба по часовой стрелке и против. Если же расход при этом не уменьшается, то следует проверить возможность перемещения клапана в корпусе и отсутствие перекоса пружины. Реле давления включается в систему посредством концевого соединения, монтируемого в отверстие с конической резьбой. После уста-

новки обычно производят настройку реле на нужное давление вращением регулировочного винта. В требуемом положении регулировочный винт стопорится специальным резьбовым стопором.

Корпуса золотников устанавливают обычно в горизонтальном положении, что исключает самопроизвольное перемещение золотника при падении давления. Скорость переключения золотника зависит от положения дросселей. Поэтому после установки золотника соответствующим вращением дросселей производят его регулирование. Если таким способом отрегулировать время переключения золотника нельзя, то причиной этого может быть неплотное прилегание шарика к седлу, течь масла в стыках или ненормальная работа пружины шарика.

Краны управления монтируют в любом положении и закрепляют обычно винтами на обработанной плоскости корпуса. Отверстия на кране для присоединения маркированы буквами: Д — подвод давления; С — сливная труба; Ц1 и Ц2 — подводы к цилиндру.

### **Сборка цилиндров**

К сборке рабочих цилиндров предъявляются следующие основные

требования: герметичность подвижных и неподвижных сопряжений, надежность крепления силовых элементов, плавность перемещения поршня по всей длине цилиндра. Перед сборкой цилиндра надо проверить комплектность деталей, отсутствие заусенцев, забоин и других механических повреждений на рабочих поверхностях. Затем все детали необходимо промыть в бензине или бензине-растворителе и протереть насухо салфеткой.

Сборка гидравлического рабочего цилиндра начинается с соединения штока с поршнем по цилин-



дрической поверхности с натягом, по конической поверхности с проверкой сопряжения на краску (прилегание не менее 75 % поверхности конуса), по резьбе. Сопряжение центрирующего пояса штока с поршнем осуществляется по посадке H7/h6.

После сборки штока с поршнем необходимо проверить полное радиальное биение на призмах или в центрах, оно допускается не более 0,015-0,2 мм на 100 мм диаметра поршня. Поршневые кольца перед постановкой в канавки разводят специальными щипцами. Развод колец должен быть минимальным.

Для сборки цилиндра с поршнем его устанавливают в приспособление, на цилиндр надевают фланец, предварительно вложив полукольцо в канавку цилиндра. На цилиндр устанавливают уплотнительное кольцо и крышку. Крышку и фланец стягивают винтами. С другой стороны цилиндра устанавливают полукольцо и фланец. Перед установкой поршня необходимо внутреннюю поверхность цилиндра протереть и смазать маслом.

Поршень в цилиндр устанавливают с помощью стяжного хомута или монтажного кольца с конической поверхностью для сжатия поршневых колец. Меньший диаметр кольца равен диаметру цилиндра. После установки поршня необходимо проверить плавность его перемещения в цилиндре. На цилиндр надевают кольцо. В крышку устанавливают уплотнения и запрессовывают их с помощью оправки. Надевают крышку и крепят их к фланцу винтами. Затяжку производят крест-накрест равномерно. Установку компенсаторного кольца и окончательное закрепление крышки производят при испытании гидроцилиндра.

После окончательной сборки рабочие цилиндры подвергают испытанию на герметичность и надеж-

ность работы в соответствии с техническими требованиями. В процессе испытаний кроме герметичности сопряжений проверяют плавность хода штока, усилие, развиваемое цилиндром, и др.

### **3.6. Трубопроводы и уплотнения**

Трубопроводы для воды и других жидкостей изготавливают из стальных газопроводных или тонкостенных труб. Требуемую форму трубопроводу придают путем гибки или соединения отдельных частей трубы фитингами или на фланцах. Трубопровод по возможности должен иметь минимально число колен и изгибов. Части трубопроводов поступают на сборку в подготовленном виде, то есть соответствующей длины и с нарезанной на концах резьбой. При сборке трубопроводов для получения соединений необходимой плотности резьбу покрывают масляной краской и обматывают льняной паклей, промазанной составом, состоящим из двух частей сурика и одной части натуральной олифы. Сборку удобно производить, зажимая часть трубопровода в специальных откидных зажимах, укрепленных на верстаке. Для уменьшения влияния тепловых деформаций и вибраций в водяных системах применяют гибкие соединения с помощью дюритовых шлангов и хомутиков.

В условиях мелкосерийного производства при сборке трубопроводов приходится выполнять различные слесарные операции по резке и гибке труб, снятию фасок и нарезанию резьбы на трубах. Для выполнения этих операций целесообразно применять установки (верстаки), оборудованные различными механизированными устройствами.

Трубопроводы для гидравлических, пневматиче-

ских и топливных систем выполняют из медных, латунных, алюминиевых или стальных тонкостенных труб. Неразъемные соединения в трубопроводах обеспечивают сваркой или пайкой труб твердыми припоями с применением переходных муфт. Разъемные соединения трубопроводов обеспечивают с помощью различной резьбой или фланцевой арматуры.

Припайку ниппелей и конусов к трубке производят медным или другим твердым припоем, так как пайка оловом не может обеспечить необходимую прочность в условиях работы системы с вибрацией.

В соединениях с торцовым уплотнением герметичность достигается прокладкой, расположенной между торцом штуцера и заплечиком ниппеля и поджимаемой накидной гайкой.

### **3.7. Характеристика некоторых сборочных операций**

#### **Установка пружин**

Сила, развиваемая пружиной в собранной сборочной единице, должна быть равна, некоторой определенной заранее заданной величине. В связи с этим в практике сборки могут встретиться два случая: а) прогиб пружины определяется ее геометрическими размерами в свободном состоянии и не может быть изменен при сборке и б) прогиб при сборке можно регулировать.

В первом случае пружины перед сборкой обязательно проверяют на упругость на специальном приспособлении. В массовом производстве контроль упругости пружин, работающих на сжатие, производится

автоматически.

При сборке СЕ с пружинами изменяемого прогиба их окончательно закрепляют после регулирования. Концы пружины для создания необходимых опорных поверхностей должны быть сошлифованы и прижаты к крайним виткам. Поверхность витков пружины должна быть чистой и блестящей, чтобы можно было обнаружить возможные трещины.

При сборке двух винтовых концентрично расположенных пружин направления их витков (наружной и внутренней) должны быть разными, что предотвращает возможность попадания витков при поломке одной из пружин между витками другой. При установке винтовых пружин необходимо также следить за тем, чтобы при их сжатии не было одностороннего выпучивания средних витков на величину больше 1,5—2% от наружного диаметра пружины. Для установки пружины в сборочную единицу машины обычно необходимо предварительно сжать ее так, чтобы можно было поместить в паз или закрепить каким-либо иным способом на штоке. Сжатие производят специальными приспособлениями. Для сжатия жестких пружин целесообразно применять винтовые струбцины и скобы, а также пневматические приспособления. Струбциной пользуются, когда пружины должны быть помещены в паз в сжатом виде. В этом случае пружину сжимают до требуемого размера, устанавливают струбцину над пазом и при помощи молотка и медной выколотки выталкивают пружины на место.

Винтовыми скобами удобно пользоваться при монтаже крупных пружин в открытых местах (например, при сборке амортизаторов гусеничного хода).

Сборочные единицы с крупными амортизационными пружинами, требующими для сжатия больших

усилий, собирают при помощи гидравлического прес-са.

Установку нескольких пружин (в сборочных единицах клапанов двигателей внутреннего сгорания, в муфтах сцепления и пр.) целесообразно проводить на пневматических приспособлениях для одновременного сжатия пружин.

**Фальцовочные соединения деталей** - соединения, образуемые путем загибания и сдавливания краев этих деталей. Фальцовка применяется для соединения стальных листов и лент малой толщины - меньше 0,8 мм. Ширина фальца 5-12 мм.

Основные требования, предъявляемые к данному виду соединения деталей надежность, герметичность и сохранение от повреждений покрытий соединяемых листов. Возможна комбинации фальцовочных соединений с резьбовыми, шпоночными и клеевидными. Обеспечение качества соединения в значительной мере зависит от ширины фальца и размеров заготовок. Фальцовочные соединения используют при изготовлении глушителей автомобилей.

**Зиговочные соединения деталей** — соединения, образованные путем вдавливания части материала деталей. Материал стенок деталей должен быть достаточно пластичным: стали 10, 15, 20, латунь Л62, медь, мягкие алюминиевые сплавы и др. Таким методом соединяют обычно трубчатые детали.

**Намотка** — многократная гибка проволоки, ленты вокруг базовых деталей с целью расположения витков с определенным шагом. Широко используется при производстве трансформаторов и сопротивлений. Материал пластичный: медь и некоторые алюминиевые сплавы.

**Обмотка** - многократная гибка шнуров, ленты

вокруг других деталей с целью получения определенного их расположения и конфигурации объекта. Широко используется в авиационной промышленности для получения крыльев специальных самолетов. Выполняют эти работы на станках полуавтоматах, оснащенных системами числового программного управления и обеспечивающих укладку ленты по многим направлениям.

**Плетение** - гибка проволоки, шнуров или нитей для получения сетки или иного их расположения с целью получения требуемых свойств изделия.

**Вязка** - многократное изгибание шнура, нитки, проволоки для образования переплетения.

**Свивка** - многократная гибка нескольких шнуров, стержней, проволоки, лент и других подобных деталей, причем каждая из них обвивается вокруг другой.

Сборка возможна посредством промышленных роботов сборочных комплексов.

**Заформовка** - осуществляют погружением детали в жидкий или размягченный материал с последующим затвердеванием. Заформовку применяют для соединения металлических деталей с металлами, стеклом, пластмассами и резиной. Для заформовки металлических деталей в металл применяют литье под давлением. Заформовку металлических деталей в пластмассы производят в металлических разъемных пресс-формах, а заформовку в резину осуществляют сырой резиной с последующей вулканизацией в специальных формах. Заформовку в стекло обычно выполняют путем обжатия размягченной стекломассы на металлической детали.

При проектировании пластмассовых изделий с металлической арматурой на последней предусматри-

вают накатку и канавки для увеличения механического сцепления арматуры с пластмассовой деталью.

Соединение заливкой компаундом получают на основе литья в разовые формы, выполненные из гипса, картона или пластилина. После 10-12 ч выдержки при 20°C процесс отверждения эпоксидного компаунда заканчивается. Время отверждения может быть сокращено до 4—6 ч при нагреве до 100—120 °С. Прочность соединений может быть повышена введением в смолу наполнителя (стекловолокна, железного порошка) или применением металлической арматуры. Соединения, полученные заливкой эпоксидного компаунда, имеют хорошую адгезию к металлам; все заливаемые соединяемые детали должны быть хорошо обезжирены (промыты в ацетоне, щелочных ваннах или прожиганием на газовом пламени).

## **3.8. Заключительные операции ТП сборки**

### **3.8.1. Окраска изделий**

В машиностроении применяют лакокрасочные покрытия и покрытия пластмассовыми пленками. Классификация, ряды толщин и обозначения покрытий тестируются. Сборку небольших изделий без пригоночных работ производят из окрашенных деталей; в этом случае окраска является последней операцией их изготовления. Крупные машины, собираемые с выполнением пригоночных работ, окрашивают в собранном виде после проведения приемочных испытаний и устранения выявленных дефектов. Процесс нанесения лакокрасочных покрытий в общем случае состоит из трех основных этапов: подготовки поверхности, ее

окраски и сушки, отделки. Подготовка поверхности включает ее очистку, выравнивание, грунтовку и шпатлевку с последующим шлифованием. Очистку производят химическим или механическим воздействием (пескоструйной обработкой, шлифованием, переносными машинами и стальными приводными щетками). Для удаления следов масла детали промывают в моечных агрегатах в обезжиривающих растворах. Поверхности крупных деталей очищают органическими растворами.

Окраску поверхности производят одним или несколькими слоями. Для окраски применяют масляные и эмалевые краски и лаки. Эмалевые краски разделяют на масляные, нитро- и спиртовые эмали. Срок сушки нитроэмалей 30—40 мин. При высыхании они образуют твердый блестящий слой. Продолжительность сушки масляных и спиртовых эмалей 24—48 ч.

Кроме нитроэмалей применяют перхлорвиниловые эмали, для специальных целей используют алкидно-меламиновые, эпоксидные и пентафталевые эмали горячей сушки. Если окрашиваемое оборудование работает в помещениях, используют нитроэмали. Если его поверхности подвергаются воздействию щелочных смазочно-охлаждающих жидкостей, окраску производят перхлорвиниловыми эмалями. Эпоксидные эмали применяют при наличии химически активных сред; они обладают повышенной механической прочностью.

Ручная окраска кистью не требует предварительной защиты смежных неокрашиваемых участков, малопроизводительна (до 10—12 м<sup>2</sup>/ч) и неудобна при работе с быстросохнущими материалами. Потери краски при этом методе до 5 %. Окраска распылением наиболее распространена и высокопроизводительна; она позволяет наносить быстросохнущие лакокрасоч-



ные материалы (нитролаки, нитроэмали) с образованием ровного покрытия. Метод легко автоматизируется с помощью специальных установок и промышленных роботов. Различают механическое, воздушное безвоздушное распыление и распыление в электростатическом поле. При механическом распылении краска подается к форсунке насосом. При воздушном распылении краска распыляется в струе воздуха и в виде тумана переносится на окрашиваемую поверхность. Производительность этого метода 30—80 м /ч, а потери краски 40-50 %. При безвоздушном распылении краска в нагретом до 70—90 °С состоянии под давлением 20—40 МПа выбрасывается из сопла и распыляется. Этот метод позволяет применять более вязкие материалы, что сокращает расход растворителя и время сушки. Потери краски при этом методе 25—50%, а производительность 50—200 м /ч. При окраске в электростатическом поле краска подается распылителем и переносится на окрашиваемую поверхность металлического изделия, получающего положительный заряд от источника постоянного тока высокого напряжения (распылитель имеет отрицательный заряд). Потери краски составляют менее 5 %. При этом методе улучшаются условия работы, обеспечиваются высокая производительность (50 м /ч) и автоматизация процесса окраски. При окраске распылением все неокрашиваемые поверхности защищают нанесением на них смазки, снимаемой после окраски.

В автоматизированном производстве применяют окраску методом электрофореза. Окрашиваемые детали подвешивают на цепном конвейере. На рабочем участке их подключают к положительному полюсу генератора и погружают в резервуар с водорастворимой

краской. За 2 мин деталь покрывается равномерным слоем краски толщиной 45 мкм, не требующим последующей отделки. Потери краски не превышают 5 %. Условия работы безвредны для здоровья и огнебезопасны. Метод окунания является производительным и дешевым в условиях массовой окраски небольших деталей с хорошо обтекаемой поверхностью.

При окраске обливанием окрашиваемое изделие находится в парах растворителя определенное время, в течение которого краска растекается по поверхности равномерным слоем. Покрытие получается гладким, беспористым и одинаковой толщины.

Различают сушку естественную и искусственную. Естественную сушку производят при 18—25 °С в течение длительного времени. Искусственная сушка ускоряет процесс высыхания пленки и значительно улучшает качество покрытия. Существует несколько способов искусственной сушки, наиболее распространена конвекционная. Она основана на нагреве окрашенных деталей горячим воздухом в специальных сушилках. Терморadiационная сушка основана на поглощении инфракрасных лучей окрашенной поверхностью.

### **3.8.2. Подготовка изделий к хранению и отправке потребителю**

Изделия, направляемые для временного хранения на склад, подвергают консервации. Консервации подвергают все обработанные поверхности, не имеющие лакокрасочных покрытий. Ее производят в помещении при температуре не ниже 15°С не позднее 2 ч после подготовки поверхности. Влажность воздуха должна быть не выше 70 %. Не допускается прерывать работу по консервации и производить в запылен-

ной зоне. Руки рабочих, выполняющих консервацию, должны быть защищены хлопчатобумажными трикотажными перчатками.

*Подготовка к консервации.* Поверхности деталей, подвергаемые консервации, тщательно очищают от продуктов коррозии, пыли и других загрязнений. Перед консервацией поверхности деталей обезжиривают и просушивают. Следы коррозии удаляют мелкой абразивной шкуркой, смоченной индустриальным маслом, с последующей протиркой сухой ветошью. Обезжиривание поверхностей производят водно-щелочными растворами или органическими растворителями. Его выполняют кистью, бумажной салфеткой или в ванне (для небольших изделий).

Отдельные детали небольших и средних размеров рекомендуется промывать в моечных машинах или баках следующим водным раствором: 4% соды кальцинированной; 1-1,5% тринатрийфосфата; 1-1,5% нитрита натрия; температура раствора 70-80°C.

*Промежуточную консервацию* производят для защиты от коррозии деталей в процессе длительной сборки и при хранении в цехах до окончательной консервации и упаковки. Ее производят трансформаторным или индустриальным маслом при хранении в течение 7-10 суток. Перед сборкой консервацию с поверхностей деталей удаляют бензином или уайт-спиртом. Консервацию собранных частей изделия (узлов) производят только ингибированным маслом.

*Окончательная консервация.* Зубчатые передачи, расположенные внутри корпусных деталей, консервируют после их окончательной обработки.

Рабочее масло из узлов сливают, а в их внутренние полости заливают смазку - ингибированное масло. После работы механизма в течение 8-10 мин

масло сливают.

Расконсервацию изделия производят снятием пленки, удалением парафинированной бумаги и протиркой его наружных поверхностей. Внутренние поверхности, консервированные маслами, расконсервации не подвергают.

ГОСТом определены также основные варианты систем внутренней упаковки изделий с использованием парафинированной бумаги, чехлов из полиэтиленовой или поливинилхлоридной пленки, картонных коробок и герметизирующих составов. Сроки временной противокоррозионной защиты изделий установлены от одного года до 10 лет.

Крупные машины перед отправкой потребителю разбирают на основные составные части для удобства транспортирования, маркируют для последующего монтажа, подвергают консервации и упаковке в деревянные ящики. Обработанные поверхности для защиты от механических повреждений, при транспортировании закрывают деревянными планками или щитами. Изделия массового производства подвергают консервации с помощью средств механизации.

При малых габаритах этих изделий (подшипники качения) процессы консервации и упаковки автоматизируют.

### **3.8.3. Клеймение и маркировка деталей и сборочных единиц**

Клеймом называют знак, свидетельствующий о соответствии детали или собранной СЕ техническим требованиям. Клеймо ставит на узле после его проверки либо сборщик, либо работник технического кон-

троля.

Детали, входящие в состав той или иной СЕ, после подбора или при наличии некоторой индивидуальной пригонки, кроме того, маркируют, то есть наносят на них знаки с обозначением размера, группы, технических данных и пр.

Клеймение и маркировка могут быть осуществлены механическим, химическим и электрическим способами. Простейшим видом механического клеймения является выбивание цифр, букв или знаков на поверхности детали при помощи стальных пуансонов. Выполнять эту операцию вручную нерационально. Более целесообразным является применение специальных прессов, в частности электромагнитных. Для клеймения и маркировки массовых деталей, пальцев, стаканов, роликов, колец и пр. используются автоматы. Однако эти способы клеймения и высокопроизводительные механизмы применяются для деталей, законченной обработкой или в процессе ее, в механических цехах. В сборочных цехах распространены преимущественно химический и электрический способы клеймения и маркировки.

Химические способы применяют как для сталей, так и для медных сплавов. Клеймение или маркировку осуществляют резиновыми штампами. Для смачивания штампов применяют войлочные или фетровые подушки, находящиеся в плотно закрываемых коробках. В составы травильных растворов для стальных деталей входят растворы азотнокислого висмута, азотнокислого никеля, азотная кислота, серная кислота.

Для деталей из медных сплавов применяют раствор из медного купороса, азотнокислого серебра; азотной кислоты и ацетона.

5%-ный раствор соляной кислоты в азотной кис-

лоте употребляют для нанесения знаков на бронзовых деталях.

Места, подлежащие маркировке, очищают от смазки, промывают бензином и протирают известью с помощью фетровой протирки.

После нанесения знака выдерживают 1—2 мин до появления текста, после чего излишек кислоты удаляют с поверхности фильтровальной бумагой, а отпечаток нейтрализуют 10%-ным раствором в воде нитрита натрия или 10%-ным водным раствором тринатрийфосфата. Во избежание появления коррозии место маркировки смазывают щелочной смазкой, протирают чистой марлей досуха и покрывают тонким слоем технического вазелина.

Процесс химической маркировки однотипных деталей или сборочных единиц может быть в значительной мере механизирован.

На многих заводах крупносерийного производства для маркировки деталей, рассортированных на размерные группы, применяют краски белого, синего, желтого, зеленого и других цветов. Условные знаки наносят соответствующей краской на нерабочих поверхностях деталей. Применяют также авторучки, наполненные специальными чернилами, помощью можно наносить надписи на металлах и пластмассах. Эти чернила стойки по отношению к воде, жирам и растворителям. Надписи высыхают в течение нескольких секунд. Применяются также чернила для временных надписей, смываемые по истечении надобности водой или другими растворителями.

В условиях мелкосерийного производства удобно пользоваться также электрогравировальными аппаратами.

В условиях массового производства используют

более эффективный электроэрозионный способ клеймения и маркировки, основанный на электроискровом эффекте.

#### **3.8.4. Гидравлические испытания собранных сборочных единиц**

Плотные соединения, подверженные в процессе эксплуатации воздействию разности давления гидравлической среды (вода, масло и т. п.), а также замкнутые системы и резервуары, выдерживающие большие давления, после сборки подвергают гидравлическим испытаниям.

В процессе гидравлических испытаний замкнутых систем также производят регулирование устройств, препятствующих повышению в системе давления выше определенного предела. Эти испытания дают возможность, кроме плотности сочленений, проконтролировать также и детали в отношении качества литья (наличие трещин, свищей, пор и других погрешностей), сварки (непроваренных мест) и т. п.

В качестве наполняющих жидкостей при гидроиспытаниях применяют воду, эмульсию, водный раствор хромпика, керосин, трансформаторное и дизельное масло, реже другие жидкости.

В цилиндровой группе двигателя внутреннего сгорания неплотности хорошо обнаруживаются при повышении давления жидкости, заполняющей блок или камеру сгорания цилиндра. При гидравлических испытаниях цилиндров или блоков последние устанавливают на стойку, а отверстия в них, за исключением одного, закрывают заглушками. К открытому отверстию присоединяют шланг от насоса, подающего из бака эмульсию или воду. Давление в процессе испыта-

ния постепенно повышают, следя за показаниями манометра и за состоянием поверхностей. При наличии погрешностей на поверхности рубашки или соответственно в местах соединения появляются мелкие капли жидкости.

В ряде случаев испытание проводят сжатым воздухом. Испытуемую камеру сборочной единицы также изолируют от окружающей среды заглушками и заполняют воздухом при давлении от 30 до 45 кгс/см<sup>2</sup>. Если это давление сохраняется в камере после перекрытия крана, соединяющего камеру с воздушной магистралью, то результат считается удовлетворительным. Для проверки герметичности стыков, а также заглушек контролируемые соединения покрывают тонким слоем масла, а внутрь подводят сжатый воздух. Если какое-либо соединение недостаточно плотно, то происходит утечка воздуха, который в виде пузырьков обнаруживается на покрытой маслом поверхности.

Гидравлические испытания сборочных единиц, требующие низких давлений жидкости, удобно проводить с помощью пневмо-гидравлических установок, работающих без насосных станций, от цеховой пневматической сети. Испытуемую сборочную единицу устанавливают на прокладки стола установки и закрепляют прижимами. Далее включением воздушного крана создают в резервуаре требуемое давление жидкости, при котором испытывают плотность сопряжений сборочной единицы.

### **3.9. Ручной и механизированный инструмент, применяемый при сборке**

Инструмент, используемый в сборочном производстве, делится на две группы: для вспомогательных



пригоночных работ, связанных со снятием стружки, и для основных технологических сборочных работ. Сюда относятся инструменты ручные, когда расходуется только энергия сборщика, и механизированные. Все инструменты подразделяются на универсальные и специальные.

К ручному относится режущий, вспомогательный и слесарно-сборочный инструмент. Режущий инструмент — это напильники, шаберы, надфили, притиры; вспомогательный — кернеры, бородки, пробойники, выколотки, клейма, специальные молотки; слесарно-сборочные — гаечные ключи, отвертки, шпильковерты, плоскогубцы, круглогубцы и острогубцы, шпильнто- и штифтовыдергиватели, оправки.

По возможности ручной инструмент необходимо заменять механизированным. Однако полностью отказаться от применения ручного инструмента не всегда представляется возможным. Тогда для повышения эффективности и улучшения качества сборки целесообразно применять ручные инструменты специального назначения (рис.49).

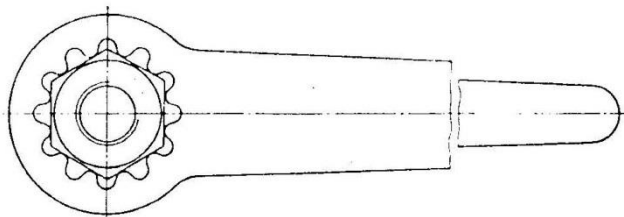


Рис.49. Специальный гаечный ключ

Целесообразно, например, применять накладные многогранные гаечные ключи, имеющие замкнутый

контур (рис. 50). Они более жестки, дают возможность обеспечить большую затяжку гаек или винтов.

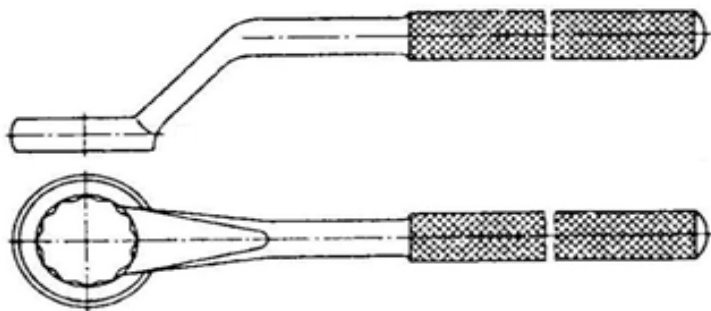


Рис.50. Накладной многогранный гаечный ключ

При навинчивании крупных гаек, когда требуются значительные крутящие моменты, применяют подобные ключи с двумя рукоятками или ключи-коловороты. Эти ключи ускоряют завинчивание гаек и винтов примерно в 4—5 раз.

Затягивать винты и гайки крупных размеров, особенно в труднодоступных местах, удобно трещоточными ключами, которые, как и торцовые, не надо снимать с гайки после каждого поворота, что позволяет экономить до 50—60% времени по сравнению с выполнением операций обычными ключами. Для сборки соединений с диаметрами резьб до 20 мм удобно применять ключи с торцовыми трещотками.

Для завинчивания вручную винтов небольших размеров можно также применять отвертки-дрели. При их помощи процесс завинчивания ускоряется в 1,5—2 раза, но при ввинчивании мелких винтов необходимо

удерживать их руками до тех пор, пока винт не будет ввинчен на две-три нитки. Особенно замедляется работа при установке винтов в стесненных местах. В таких случаях целесообразно применять отвертку с цанговым держателем или отвертку с пластинчатой пружиной.

Для пригоночных работ используется следующий механизированный инструмент: сверлильные и шлифовальные ручные машины, механические шаберы, машины для нарезания резьбы. Непосредственно при выполнении сборочных операций применяются завертывающие и развальцовывающие машины. В сборочном производстве используются универсальные и специализированные ручные машины с электрическим, пневматическим, реже гидравлическим приводами.

Ручные машины вращательного действия широкого применения находят при сборке резьбовых соединений. Механизированный инструмент, наряду с быстрым навинчиванием гайки или завинчиванием винта, должен обеспечить также требуемую величину затяжки резьбового соединения.

Кроме типа двигателя, основным фактором, характеризующим гайко- и винтозавертывающие машины, является тип муфты, с помощью которой крутящий момент передается на шпиндель и монтируемую деталь резьбового соединения. По этому признаку гайко- и винтозавертывающие машины могут быть следующими.

**1. С муфтами прямого привода**, полностью передающими создаваемый двигателем крутящий момент на шпиндель. Величина крутящего момента в этих инструментах постоянна, зависит от давления питающего воздуха (эти инструменты, как правило, пневматические или гидравлические). При полной за-

тяжке соединения двигатель останавливается. Такие инструменты применяют при сборке соединений, не требующих высокой точности затяжки, при групповом использовании, когда для одного агрегата требуется несколько шпинделей.

2. **С ударно-импульсными муфтами**, обеспечивающими передачу вращающего момента в процессе затяжки винта или гайки при помощи ударных импульсов, сообщаемых ведомой полумуфте. Достоинством таких муфт является то, что на шпинделе инструмента при затяжке можно создать значительный крутящий момент, при этом реактивный момент только частично передается на руки сборщика. Однако в связи с отсутствием возможности регулирования силы ударов в муфте и крутящего момента точность затяжки резьбового соединения недостаточна.

3. **С ограничительными муфтами**, позволяющими передавать шпинделю крутящий момент определенной величины, требуемой условиями затяжки. Муфта вступает в работу, когда затяжка гайки или винта достигнет установленной величины. Ее кулачки сцепляются под действием пружины. При возникновении на склонах кулачков осевых сил, превышающих силу затяжки пружины, последняя будет сжиматься, и муфта начнет срабатывать, что сопровождается характерным «прощелкиванием», свидетельствующим об окончании затяжки.

4. **С предельными муфтами**, воздействующими на привод и полностью отключающими его при достижении в резьбовом соединении требуемой затяжки. Инструменты с этими муфтами дают возможность обеспечить высокую и повышенную точность затяжки. Инструмент применяется преимущественно для мелких и средних резьб.

Для завинчивания мелких винтов и других крепежных деталей применяют разнообразные конструкции механизированных отверток, действующих от электродвигателей через гибкий вал или со встроенными в корпус легкими двигателями. Обычно головки таких отверток имеют кулачковые или конусные фрикционные муфты, ограничивающие величину крутящего момента.

В некоторых сборочных производствах получают распространение гидровинтовые гайковерты, к преимуществам которых следует отнести высокий крутящий момент на единицу массы; высокий (около 60%) КПД; меньшие, чем у пневматических инструментов, габаритные размеры; большую

износостойкость деталей в связи с их обильной смазкой; возможность точного регулирования крутящего момента; бесшумность в работе; меньшие эксплуатационные затраты. Гидровинтовые гайковерты удобны для встраивания в гайко- и винтозавертывающие агрегаты автоматических сборочных машин и линий.

Многошпиндельный гайко- и винтозавертывающий инструмент получил самое широкое распространение. Преимущество его состоит не только в возможности увеличения производительности труда, но также и в улучшении качества сборки.

Большое применение находят пневмогайковерты, обеспечивающие качественную затяжку резьбовых соединений по углу поворота и затяжку по удлинению, с системой электронного контроля, точно улавливающие момент растяжения болта и затем прекращающие затяжку. Затяжка непосредственно по удлинению исключает все неточности и погрешности, имеющие место при традиционных методах контроля.

### 3.10. Оборудование сборочных цехов

Оборудование сборочных цехов условно может быть разделено на две группы: технологическое, предназначенное непосредственно для выполнения работ по осуществлению подвижных или неподвижных сопряжений деталей, их регулировке и контролю в процессе узловой и общей сборки, и вспомогательное, назначение которого — механизировать все виды вспомогательных работ, объем которых при сборке изделий весьма большой.

Техническая характеристика необходимого для сборочных работ подъемно-транспортного оборудования зависит от типа и масштаба производства, вида организации процесса сборки, конструктивных и технологических данных собираемых изделий. Основные виды подъемно-транспортных средств, применяемых в сборочных цехах: 1) подъемные — гидравлические, пневматические и гидропневматические домкраты, электрические лебедки, полиспасты, тали, электро- и пневмоподъемники, подъемники-кантователи; 2) подъемно-транспортные - тельферы, кран-балки, мостовые краны, поворотные краны, передвижные напольные краны; 3) транспортные - рольганги, тележки рельсовые и безрельсовые, конвейеры.

Подъемные и подъемно-транспортные средства, за исключением некоторых видов электрических и пневматических подъемников, а также легких поворотных и напольных кранов, в основном применяют при стационарной сборке; подъемники и краны — при стационарной и подвижной сборке, а транспортные средства предназначены главным образом для подвижной сборки машин.

Значительную долю трудоемкости сборочных

работ составляют затраты времени на горизонтальное перемещение объектов сборки. Механизация этих вспомогательных элементов операций важна для повышения общего уровня механизации сборочных работ.

При ручном перемещении собираемых изделий применяют рольганги, рельсовые и безрельсовые пути с тележками, а при механическом перемещении — конвейеры.

**Рольганги.** Наиболее распространенные при сборке. Сборочные рольганги бывают однорядные и двухрядные, горизонтальные и наклонные, прямолинейные, подковообразные и замкнутые. Собираемые сборочные единицы или изделия либо опираются на роликовую поверхность рольгангов непосредственно, либо устанавливаются на деревянные или металлические поддоны соответствующей формы. Скорость передвижения изделий на рольгангах — до 20 м/мин.

Пригоночные операции при сборке изделий часто выносят из потока на специальное рабочее место. В этом случае рольганг оборудуют отводными участками. Изделия передают на эти участки при помощи поворотных или подъемных секций, приводимых в действие пневмоцилиндрами.

Интересной разновидностью рольгангов являются склизы с выступающими над поверхностью тарами; они могут найти широкое применение. Собираемое на поддоне изделие на таком склизе можно легко поворачивать; радиусы закругления здесь возможны значительно меньшие, чем у рольгангов.

**Сборочные тележки.** При поточной сборке часто используют тележки, на которых закрепляют собираемые изделия; тележки последовательно передвигают от одного рабочего места к другому со скоростью

10—15 м/мин. На колеса тележки надевают литые резиновые шины, вследствие чего ее можно перемещать по обычному полу или же по накладкам, выполненным в виде полос из котельного железа, уложенных по полу цеха.

При значительном весе изделий тележки снабжают колесами с ребордами для движения по рельсам. Для удерживания таких тележек в требуемом месте предусмотрен стопорный механизм. Рельсы укладывают на бетонных подушках таким образом, чтобы головка их была заподлицо с полом или несколько утоплена. Для возврата тележек в исходное положение применяют вспомогательный рельсовый путь.

При сборке малогабаритных изделий пути для движения тележек могут быть установлены на эстакадах высотой 0,7—0,8 м. Для возвращения тележек в исходное положение в этом случае применяют холостые пути, которые располагают или на одном уровне с путями рабочей ветви, или же под ними. Для передачи тележек на холостую ветвь служат поворотные круги или механизмы подъема с пневматическим цилиндром.

**Конвейеры сборочных цехов** подразделяются на сборочные и транспортные. Сборочные бывают с непрерывным и периодическим движением рабочего органа. Конвейеры с непрерывным движением подразделяются на ленточные, пластинчатые и тележечные (горизонтально-замкнутые, вертикально замкнутые и подвесные). Конвейеры с периодическим движением подразделяются на шагающие, карусельные, тележечные, на воздушной подушке и с гидростатическими направляющими. Транспортные конвейеры бывают передающие и комплектующие, которые в свою очередь подразделяются на конвейеры с ручным перемещением



ем и механизированным (грузонесущие, грузотянущие, толкующие, с автоматическим адресованием).

Сборочные конвейеры предназначены для перемещения собираемых изделий на узловых и общей сборках, транспортные — для подачи на сборочные участки и линии деталей и полуфабрикатов.

Конвейеры сборочные ленточные применяют при сборке мелких сборочных единиц и изделий. Широкое распространение они получили в приборостроении. Скорость движения ленты 0,02—0,5 м/с.

Приводной тележечный конвейер представляет собой механизм для периодического или непрерывного движения групп тележек, скрепленных одной или двумя цепями. Скорость перемещения тележек 0,1—4 м/мин.

У пластинчатых конвейеров тяговым органом являются одна или две цепи, а рабочая поверхность конвейера выполнена в виде металлических или пластмассовых (реже деревянных) пластин.

Конвейеры обычно располагают на участке сборки в одну линию. При большом количестве сборочных операций и крупногабаритном изделии длина конвейера может быть слишком большой для размеров цеха. В таких случаях линию конвейера делают Г-или П-образной. На углах предусматривают поворотные круги с передаточным конвейером. Цикл работы таких кругов автоматизируют.

Для сборки сборочных единиц при небольшом количестве операций применяют карусельные конвейеры, представляющие собой круглый вращающийся стол, по периметру которого размещается от четырех до восьми рабочих мест. На специальной неподвижной стойке при необходимости устанавливают требуемое по технологии сборки сборочной единицы оборудова-

ние (пресс, клепальную скобу и пр.) или подвешивают механизированный инструмент. Внутри корпуса стола помещается привод, состоящий из электродвигателя, вариаторов и червячного редуктора. На сборочном участке карусельные конвейеры размещают вблизи главного конвейера с таким расчетом, чтобы сборочные единицы непосредственно поступали на общую сборку изделий.

Для сборки крупных объектов применяют цепные напольные конвейеры. Изделия собирают в этом случае на одной или двух тележках, ролики-катки которых опираются на рельсы или стальные пластины, смонтированные в пол. Тележки при помощи сцепок присоединяют к тяговой цепи (или тросу), расположенной в канаве ниже уровня пола.

Для машин, имеющих ходовую часть (тракторы, автомобили и др.), конвейер имеет специальные тележки лишь на том участке, где монтируют ходовую часть. В дальнейшем собираемый объект присоединяют непосредственно к цепи или тросу. После окончания сборки изделия сходят с конвейера на своем ходу. Такие конвейеры могут иметь одну или две параллельные тяговые цепи. В приводных механизмах конвейеров обычно предусматривают вариаторы для изменения скорости передвижения от 0,1 до 5 м/мин. Движение конвейера может совершаться непрерывно или периодически со скоростью 4—5 м/мин с последующими остановками продолжительностью, равной темпу сборки.

При пульсирующем движении цепного конвейера тяговая цепь может двигаться последовательно в одном и том же направлении или же совершать возвратно-поступательное движение. В последнем случае прямолинейные участки цепи иногда заменяют штан-

гами, выполненными из швеллерных балок. К штангам приваривают кулачки с односторонним скосом, которые, упираясь в изделия, продвигают их на заданное расстояние (на величину хода штанг) от одного рабочего места к другому.

**Транспортные конвейеры.** Для транспортирования деталей и сборочных единиц, предназначенных для сборки изделий, а также готовых изделий на испытательные станции или в окраску применяют подвесные конвейеры. Трасса подвесного конвейера пространственная, поэтому одним конвейером можно обслужить большое количество рабочих постов на сборке. Скорость  $J1$  подвесных конвейеров до 25 м/мин.

**Сборочные стенды.** Машины и крупные сборочные единицы часто собирают на станках-стендах конструкция которых зависит от формы, веса и размеров изделия, а также организации производства. Если сборку производят без перемещения изделия, то стенды делают с неподвижными основаниями. В случае же, когда собираемые изделия должны в процессе сборки перемещаться, стенды снабжают ходовой частью в виде гладких или ребордчатых роликов. Стенды делают ориентируемые, что позволяет устанавливать собираемый объект в удобное для данной операции положение.

**Подъемные устройства, применяемые при сборке.** Важным вспомогательным элементом операции является необходимое во многих случаях перемещение объекта сборки в вертикальном направлении или поворот и закрепление собираемой сборочной единицы либо изделия в удобном для сборщика положении. Механизация этих процессов дает значительную экономию затрат времени на сборку, повышает производительность и облегчает труд сборщика.

Применяют также разнообразные конструкции специальных пневматических подъемников, предназначенных для выполнения определенных работ на одном рабочем месте. Грузоподъемность их до 500 кг рис. 51.

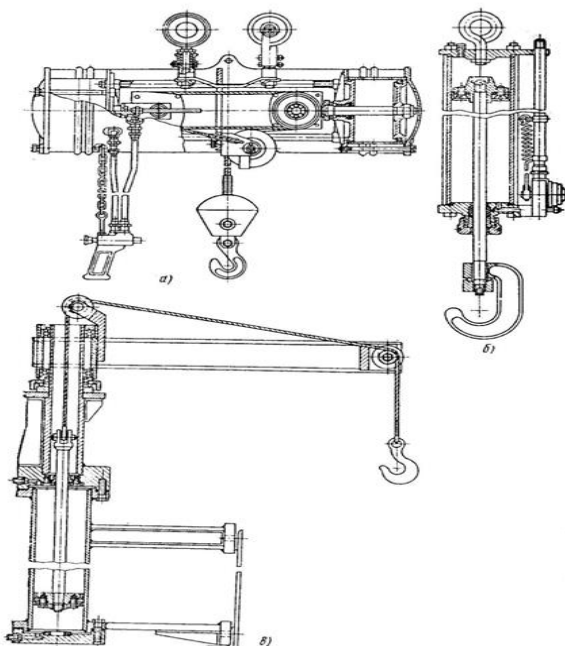


Рис. 51. Пневматические подъемники:  
 а- полиспастный; б- поршневой передвижной; в- поршневой стационарный

Из специальных типов кранов на сборочных линиях распространены консольные поворотные краны грузоподъемностью до 1 т и вылетом до 6 м. (рис.52) Такой кран может поворачиваться на угол до 180°. В качестве подъемного средства используют электротали или пневматические подъемники, подвешиваемые на

каретку, перемещаемую по полке консоли крана. Управление подъемником кнопочное или с помощью туг, с пола. Кран поворачивают вручную посредством строп.

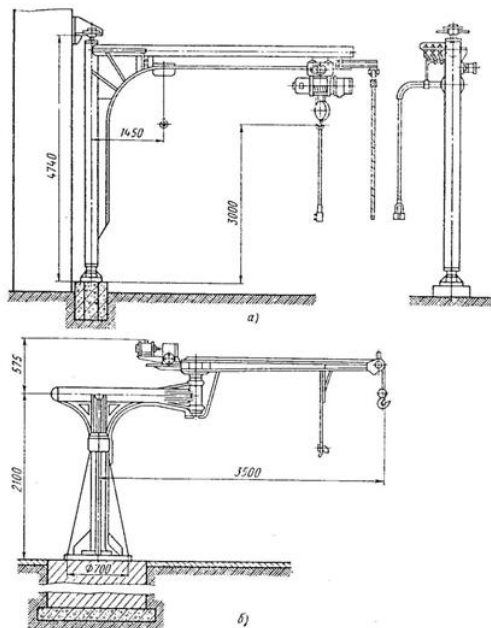


Рис. 52. Консольные поворотные краны:  
а- одноплечевой; б- двухплечевой

Для съема с конвейера собранных изделий среднего габаритного размера удобно использовать двухплечевые консольные краны с электролебедкой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация сборочных процессов в машиностроении.: Метод. пособие/ В.А.Гладков, А.Д.Шаратинов. –Волгоград: ВоГТУ, 2011.
2. А.А.Ласуков. Автоматизация сборки в машиностроении. Учебное пособие.- Томск: ТПУ, 2010.
3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Под ред. Н.М. Капустина. Учебник для втузов. –М.: Высш. шк., 2004.
4. Проектирование технологических процессов сборки машин.: учеб.пособ. для вузов./ А.А. Жолобов.- Минск. Новое знание, 2005.