

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана.

Ю. В. Иванов

**Автоматизация проектирования специального технологического
оснащения гибкого автоматизированного сборочного комплекса
производства электронной аппаратуры**

*Рекомендовано методической комиссией факультета ИУ МГТУ им. Н.Э. Баумана
в качестве учебного пособия*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана
2002

УДК 658.52.01.56
ББК 32.965
И18

Рецензенты: проф. МГТУ, д.т.н. В. А. Шахнов,
проф. НИЭМИ, д.т.н. В. Г. Костиков

Иванов Ю. В.

И18 Автоматизация проектирования специального технологического оснащения гибкого автоматизированного сборочного комплекса производства электронной аппаратуры Учебное пособие. - М. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 26 с.

ISBN 5-7038-2167-3

Предложена методология автоматизированного проектирования специального технологического оснащения гибкого автоматизированного комплекса сборки электронной аппаратуры. Материал пособия направлен на повышение эффективности сборочного оборудования и снижения трудоемкости его технологической подготовки.

Для студентов, выполняющих лабораторные работы, семинары, домашние задания, курсовые и дипломные работы по Технологии производства ЭВА/РЭА, а также студентов других специальностей и специалистов промышленности, занимающихся автоматизацией сборочных работ.

Ил.7. Табл. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 658.52.01.56
ББК 32.965

Юрий Викторович Иванов

Автоматизация проектирования специального технологического оснащения гибкого автоматизированного сборочного комплекса производства электронной аппаратуры

Редактор О.М. Королева
Корректор Г.С. Беляева

Подписано в печать 06.11.02. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печ. л. 1,15. Уел. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 0,95. Тираж 300. Заказ № 6

МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва. 2-я Бауманская. 5.

ISBN 5-7038-2167-3

© Типография МГТУ

Введение

К специальному технологическому оснащению (СТО) гибкого автоматизированного комплекса (ГАСК) производства электронной аппаратуры (ЭА) относятся: автоматические загрузочные устройства (АЗУ) электронных компонентов (ЭК) и деталей, накопители (АН) печатных плат (ПП); схваты (ЗУ) сборочных роботов, сборочные головки (СГ) сборочных автоматов (АТО); простые приводы (Пр) СГ и следящие приводы (СЛПр) координатных систем (КС); приспособления (ПрФ_{мп}) для точной фиксации плат в зоне сборки; устройства для загрузки, выгрузки (УЗВ) плат и готовых электронных модулей (ячеек ЭЯ).

Виды СТО ГАСК производства ЭА

Классификация разработана для базы данных автоматизированного проектирования СТО при разработке технологических структур гибких автоматизированных сборочных комплексов многономенклатурного производства электронной аппаратуры (ЭА). В качестве классификационных признаков приняты: технологическое назначение, степень универсальности СТО и уровень автоматизации СТО.

По технологическому признаку (виду объекта, для которого они предназначены) различают СТО для электронных компонентов (ЭРЭ, ИС2, ИС4), плат ПП, деталей ЭА.

По степени универсальности их делят на специальные, специализированные и универсальные; по уровню автоматизации - на автоматические, автоматизированные и ручные.

Рассмотрим СТО, наиболее распространенные в производстве ЭА.

Специальные и специализированные АЗУ

Кассетные АЗУ для электронных компонентов

Кассетные АЗУ относятся к специализированным автоматическим устройствам и предназначены для накопления, комплектации и поштучной выдачи электронных компонентов ЭК (интегральных микросхем ИС, блоков резисторов). Они содержат: кассеты, объединенные в блоки, пеналы, магазины; механизмы поштучного отделения; транспортные устройства. Кассеты чаще всего используют - трубчатые, где ИС одного типа и одинаковой ориентации по ключу расположены столбцом "торец к торцу"; механизмы поштучного отделения - электромагнитные или механического действия. В качестве транспортных устройств применяют: наклонный лоток, линейный транспортер, каретку, барабан или карусель.

Кассетные АЗУ с наклонным лотком (рис. 1 а) предназначены для накопления, комплектации и поштучной выдачи микросхем ИС2. Здесь трубчатые кассеты 1 объединены наклонным лотком 2. По команде от системы ЧПУ срабатывает устройство поштучного отделения 3 той кассеты, где находится нужная в данный момент ИС. Она выпадает из кассеты на наклонный лоток и под действием собственного веса скользит к месту выдачи - упору 4.

Кассетные АЗУ с линейным транспортером (рис. 1, б) предназначены для накопления, комплектации и поштучной выдачи микросхем ИС2. Трубчатые кассеты 2, в которых находятся микросхемы со штырьковыми выводами ИС 2, объединены в блоки с помощью планок 1. По команде системы ЧПУ у той кассеты, где расположены нужные ИС, срабатывает электромагнитное устройство поштучного отделения. ИС выпадает из кассеты на транспортер и доставляется им к месту выдачи СГ (до упора).

Кассетные АЗУ пенального типа с кареткой (рис. 1 г) предназначены для накопления, комплектации и поштучной выдачи микросхем ИС2. Трубчатые кассеты с ИС 2 здесь объединены в пеналы 3, которые установлены на каретку 5. Каретка имеет индивидуальный привод 1 линейного перемещения. По команде от системы ЧПУ каретка перемещается так, что кассета и пенал с нужной ИС останавливаются в зоне выдачи ИС. Срабатывает механическое устройство поштучного отделения нижней кассеты пенала и под действием сжатого воздуха ИС выталкивается из кассеты до упора.

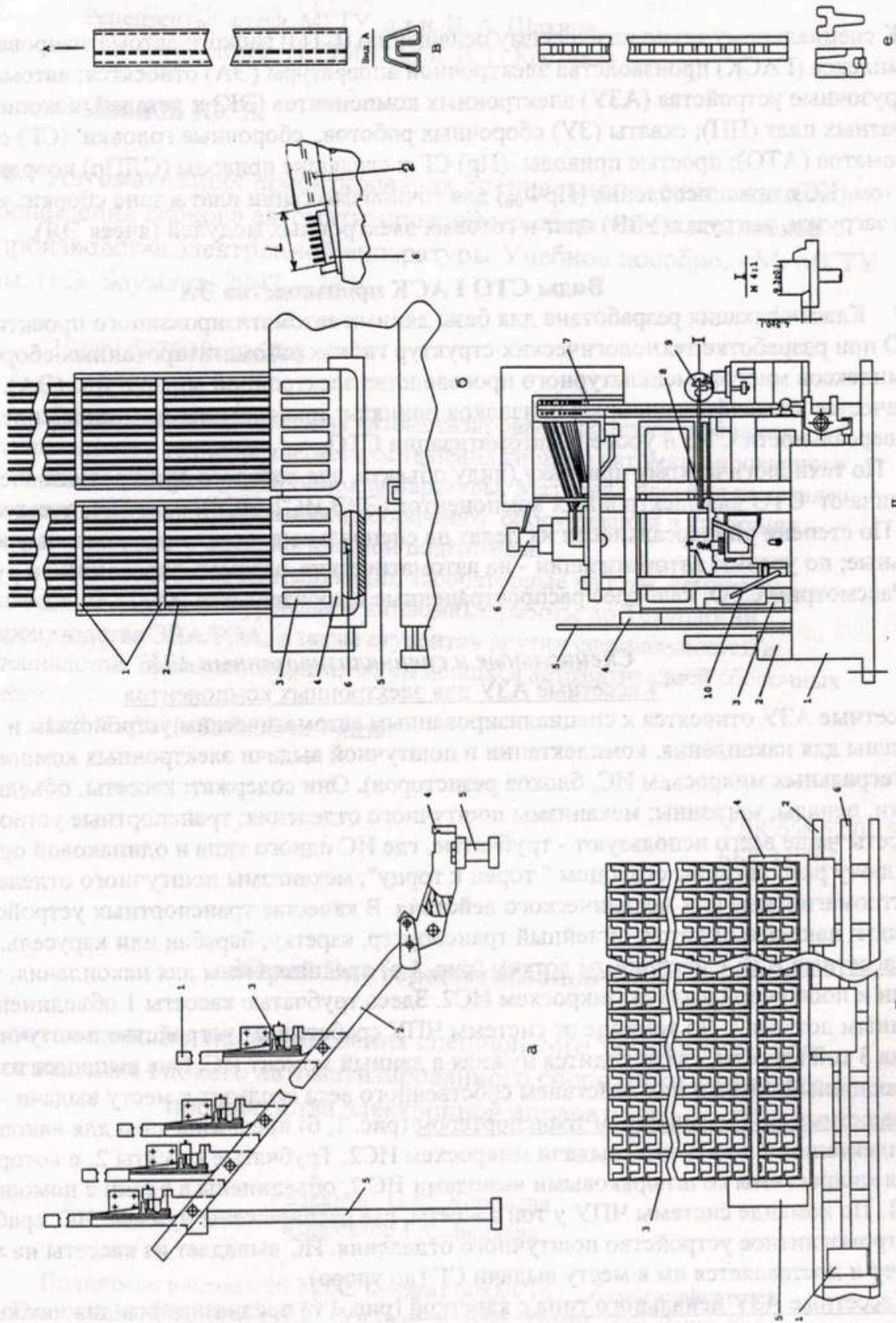


Рис. 1. Автоматические грузочные устройства для ИС: а - с лотком, б - с транспортером, г - с кареткой, д - с барабаном; в и е - кассеты трубчатая и этажерочная

Кассетные АЗУ барабанного типа (рис.1 д) предназначены для накопления и поштучной выдачи микросхем с планарными выводами ИС. Микросхемы ИС лежат автономно на полках в кассетах этажерочного типа. Кассеты 4 закреплены по периферии барабана 1. По команде от системы ЧПУ привод 6 поворачивает барабан до тех пор, пока код планки 5 не совпадет с кодом, записанным в управляющей программе УТП ЧПУ. Считывание кода кассеты происходит в устройстве идентификации 7. Кассета с нужными ИС останавливается в положении выгрузки. ИС выталкивается механизмом 8 на ориентирующий стол 9. Последний при необходимости ориентации поворачивает ИС на 90 градусов по часовой или против часовой стрелки. Захват ИС, транспортировку в зону монтажа и установку на плату выполняет манипулятор с вакуумным захватом.

Универсальные АЗУ

К универсальным АЗУ относятся вибробункерные загрузочные устройства (ВБЗУ). ВБЗУ выполняют накопление, ориентацию и поштучную выдачу различных по форме и размерам компонентов. ВБЗУ может применяться как отдельный самостоятельно работающий накопитель или в сочетании с другими механизмами. Универсальность ВБЗУ достигается за счет вибрационного движения компонентов по лотку, которое позволяет перемещать и сравнительно просто ориентировать различные по конфигурации и размерам компоненты. Ориентация может выполняться как контактно механическими средствами (упоры, вырезы), так и бесконтактно электромагнитными или магнитоэлектрическими средствами. Первые обеспечивают пассивную ориентацию, при которой неправильно расположенные детали сбрасываются с лотка, вторые - активную (неправильно расположенные детали поворачиваются по заданному закону, не разрезая потока деталей).

В зависимости от типа привода различают ВБЗУ с объединенным и отдельным вибрационным приводами (см. также работу № 1).

Наибольшее распространение получили ВБЗУ с объединенным приводом [1, 2, 7]. Применяются различные варианты ВБЗУ с объединенным приводом, которые различаются количеством вибраторов (один, три), схемой питания электромагнитов (непосредственно от сети или через выпрямитель); видом чаши (цилиндрическая, коническая). ВБЗУ с прямым подключением в сеть применяют для устройств с диаметром чаши до 200+250 мм; с выпрямителем - при диаметрах чаши более 250мм.

Для сложных по конструкции изделий (объектов производства), а также для получения большей производительности применяют ВБЗУ с отдельным приводом, у которых за счет наличия управляемой горизонтальной составляющей движущей силы (отдельный вибропривод) скорость безотрывного движения изделий по лотку достигает 1,2- 2,5 м/с, тогда как в ВБЗУ с объединенным приводом она составляет 0,25 - 0,3 м/с.

Автоматизированные накопители печатных плат

Автоматизированные накопители (АН_{мп}), применяемые для печатных плат и электронных модулей (ячеек ЭЯ), выполняют прием ПП, доставку к месту разгрузки, накопление и поштучную выдачу плат. Их могут устанавливать в начале ГАСК (конструкция рис.2 а), в конце комплекса (конструкция рис.2 в) и / или между отдельными единицами АТО (конструкция рис.2 б). АН_{мп} (конструкция рис.2 а, в) состоит из секции 2 транспортировки кассеты с ПП к месту разгрузки / загрузки ПП; секции 3 подъема / опускания кассеты. В секции транспортировки на нижних направляющих расположены два ленточных транспортера, которые принимают от участкового транспорта кассету с ПП и перемещают ее в секцию подъема. В последней для вертикального пошагового перемещения кассеты используется лифтовый подъемник 3. В ней же расположен привод 2. Захват платы и ее доставку в зону сборки осуществляет робот ПР (например, показанный на рис. 2 д) или специальный автооператор (рис. 2 е). В качестве промежуточного АН могут использоваться секции с лифтовым подъемником или АН, показанный на рис. .2 г. Этот накопитель является 2-х кассет- 5

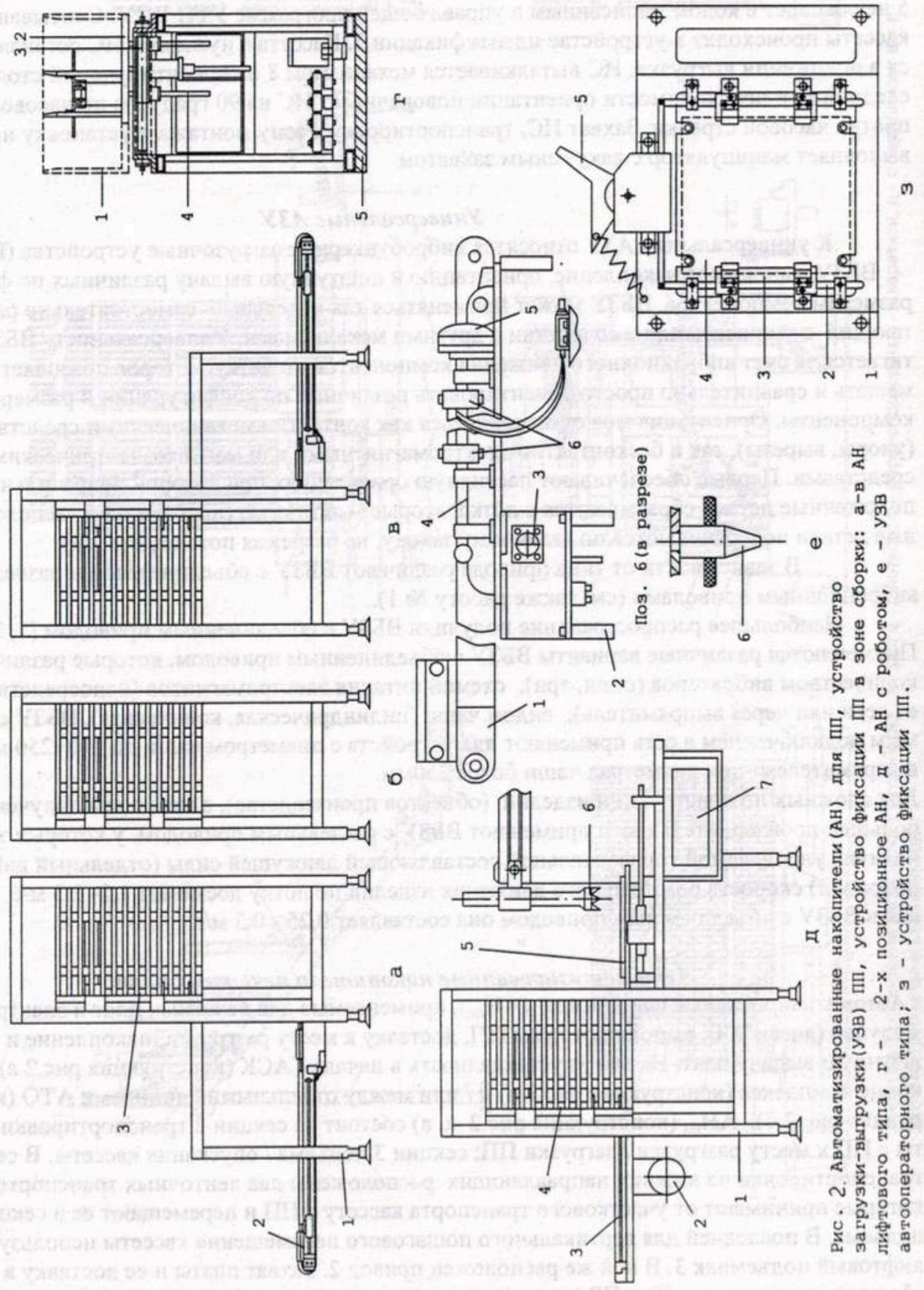


Рис. 2. Автоматизированные накопители (АН) для ПП, устройство загрузки-выгрузки (УЗВ) ПП, устройство фиксации ПП в зоне сборки: а-в АН лифтового типа, г - 2-х позиционное АН, д - АН с роботом, е - УЗВ автооператорного типа; ж - устройство фиксации ПП.

ным, так как позволяет устанавливать не одну а две кассеты 1 на платформу 2. Разгрузка начинается с правой кассеты. Для поштучного отделения плат и выдачи их в одном месте (на одной высоте) кассета с помощью привода 3 перемещается шагами вертикально. Захват платы и ее доставку в зону сборки осуществляет робот или специальный автооператор. Они здесь не показаны. После разгрузки правой кассеты платформа 2 сдвигается пневматический цилиндром 3 вправо. В работу вводится вторая кассета. По завершении разгрузки второй кассеты пневмопривод возвращает платформу 2 в исходное положение.

Устройства фиксации платы в зоне сборки (УФ_{пн})

Такое устройство (рис. 3.3) должно обеспечивать линейную и угловую точность расположения платы в зоне сборки, автоматически зажимать и освобождать плату. Точная установка ПП гарантируется штырями 1; зажим /разжим - прижимами 2 и электромеханическим приводом с кулачками 5.

Монтажные системы (устройства захвата и сборочные головки)

Устройства захвата. Устройство захвата (УЗ) является рабочим органом робота П (силовой головкой), непосредственно взаимодействующим с объектом (базовой деталью, ячейкой, компонентом). Оно предназначено для захвата объекта и удержания его в процессе перемещения, ориентации, сборки.

Требования, предъявляемые к УЗ: соответствие размерам и геометрии объекта производства; соответствие по грузоподъемности, усилию, моменту; обеспечение надежного захвата, удержание объекта во время разгона, торможения манипулятора, обеспечение точности и стабильности базирования объекта, обеспечение физической сохранности объекта (недопустимость повреждения поверхности или разрушения объекта); инвариантность к размерам и форме данной группы или класса объекта.

Основными характеристиками УЗ для их выбора являются: усилие, максимальные размеры в раскрытом состоянии, минимальные размеры в закрытом состоянии, скорость, число захватных элементов; наличие на них датчиков; критичность УЗ к неточности расположения объекта (координатное расположение и ориентация на плоскости или в пространстве габариты; масса; удобство и автоматизация смены. Чем полнее эти требования обеспечиваются, тем меньше нужно применять в сборке вспомогательных устройств (позиционер-кантователей, устройств поштучной выдачи и др.), тем проще и дешевле сборка. Захват объекта, манипулирование и установка его в новое положение должны быть выполнены с минимальными потерями ориентации и точности положения. Во многом на это влияет способ захвата. В зависимости от объекта и условий его перемещения различают несколько способов захвата: охватом; частичным зажимом; захватом объекта с внутренней стороны, захватом с наружной стороны за края, углы; захватом плоскостью и призмой по диаметру; двумя призмами; с использованием вакуума, эластичных элементов и др. Идеальным считается способ, при котором объект охвачен со всех сторон. При этом силам ускорения, воздействующим на объект, противостоит реакция грейферного устройства. Однако такой способ реализовать удается не всегда (например, для захвата изделий, ориентированных и установленных в направляющих элементах). Для объектов, имеющих значительную длину, применяют способ частичного захвата (объекту оставляется одна степень свободы). При этом смещение объекта компенсируется силами зажима и трения (для хрупких деталей в этом направлении предусмотрен упор). Наличие на объекте выступов или пазов упрощает базирование. Во многих случаях объекты захватываются двумя противоположными грейферными зажимами, обеспечивающими достаточное зажимное усилие. Правильно выбирая точки зажима и форму зажимных губок (лапок, кулачков) удается надежно зафиксировать объект в УЗ. Однако для точного базирования еще необходимо, чтобы объект имел точно обработанную поверхность.

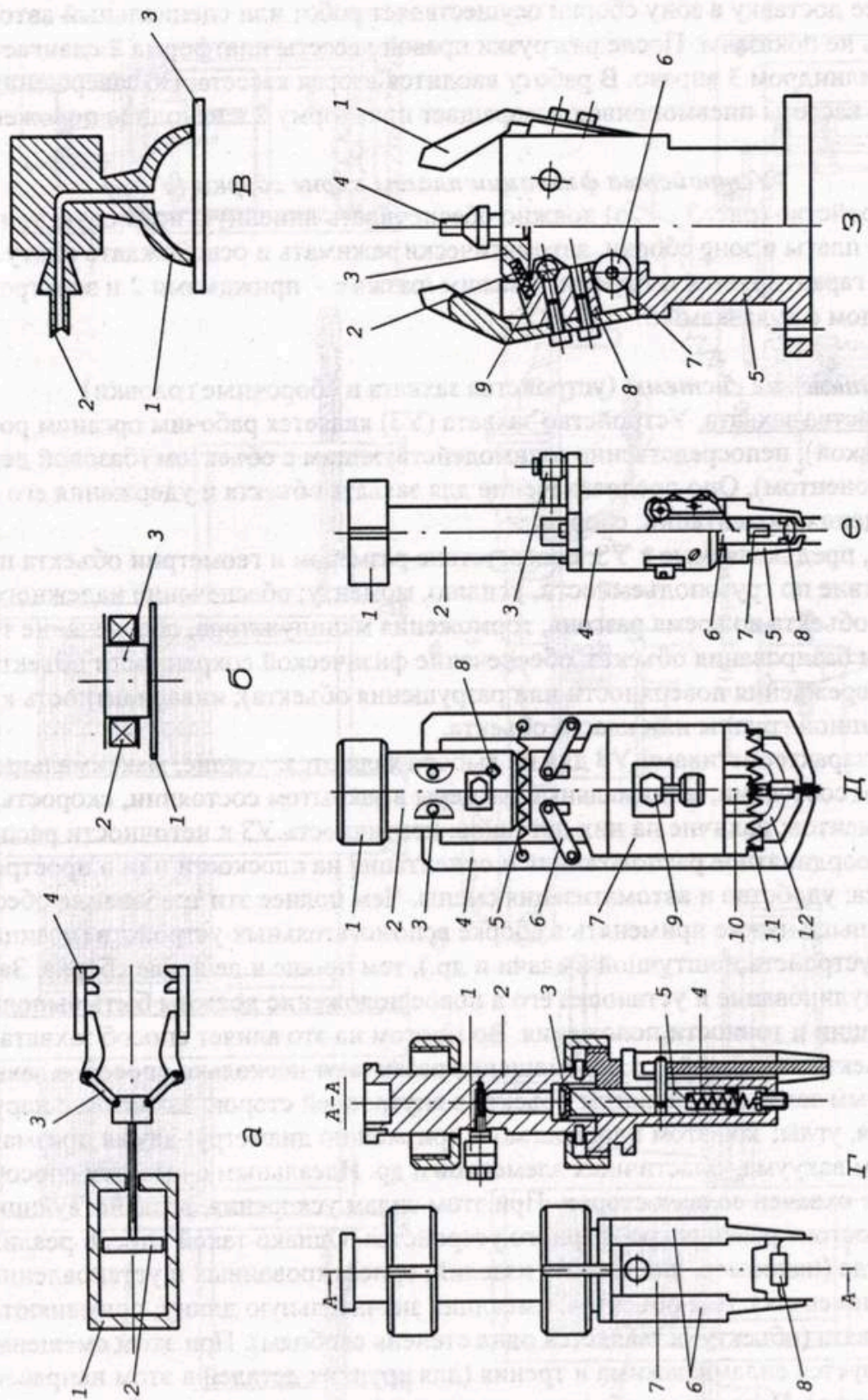


Рис. 3. Захватные устройства (ЗУ) и сборочные головки (СГ)
 Где а - механическое, б - магнитное, в - вакуумное ЗУ; г - з СГ
 для ЭРЭ, конденсаторов, ИС и отрезная СГ.

Захват всасыванием применяют для тонких и легких деталей (компонентов), причем захват происходит только с одной стороны; удержание происходит за счет сил вакуума. При этом захватываемая поверхность объекта должна быть гладкой, не иметь отверстий, раковин. Захват с помощью резиновых вакуумных присосок менее критичен к неточности расположения объекта (он при захвате самоустанавливается). Захват деталей (компонентов) сложной формы возможен также с помощью вакуума и сопрягающего эластичного элемента (губки), близкого по форме к объекту.

Устройства захвата отличаются большим разнообразием конструктивных и схемных решений: по принципу действия (механические, вакуумные, с эластичными элементами и струйные); по типу привода зажима (пневматические, гидравлические, магнитные, электроприводные); по наличию в УЗ элементов компенсации положения объекта (без элементов, с элементами компенсации); по числу рабочих позиций захвата (одно-, двух-, и многопозиционные); по характеру крепления УЗ к манипулятору (головке) (не-сменяемые, сменяемые, быстросменяемые, автоматически сменяемые); по наличию элементов адаптации (без элементов адаптации, с элементами адаптации - с тактильными, сенсорными, фото- и другими датчиками, позволяющими приближенно или точно определить форму, расположение и ориентацию объектов). При частой смене объектов производства применяют быстросменяемые УЗ, у которых присоединительные и базовые поверхности унифицированы, а конструкция крепления позволяет быструю замену одного УЗ на другой (например, крепление в виде байонетного замка). В ГАСК нужны автоматически сменяемые УЗ с электрическим или пневматическим приводом зажимного механизма. Гидравлический привод создает трудности обеспечения герметичности соединения с источником питания в условиях автоматической замены УЗ. Для обычных условий широко применяют пневматический привод; пневматический в сочетании с простыми механизмами (клин, рычаг и др.). При больших усилиях зажима используют гидравлический привод. Он обеспечивает плавность срабатывания (без удара), не требует смазки; по условиям стерильности имеет ограниченное применение. УЗ с эластичными камерами (губками) удерживают предметы на основе деформации камеры под действием давления воздуха (или жидкости). Оно в некоторой степени позволяет компенсировать погрешность расположения объекта. Среди них выделяют оболочковые и кольцевые УЗ [3]. Такие УЗ применяют для хрупких объектов, объектов неправильной формы и небольшой массы или имеющих отклонения формы и размеров от заданных. Объект может удерживаться как за наружную, так и внутреннюю поверхности.

Струйные устройства захвата представляют собой мало изученный класс. Удержание ЭК здесь обеспечивается вакуумом, получаемым за счет ижекции воздушного потока. Струйные УЗ бывают одно-, двух-, и многопальцевые. Первые УЗ применяют для ЭК простой формы, малой массы; вторые и третьи - для компонентов более тяжелых и с более сложной формой.

Магнитные устройства захвата (рис.3 б) применяют для объектов из металла. Она бывают с электрическими и постоянными магнитами. Наиболее распространены УЗ с электромагнитами. Для них характерны: большая сила притяжения F_z , быстроедействие и простота конструкции. Для надежного захвата поверхность изделия должна быть чистой.

Вакуумные устройства захвата (рис 3 в) применяют главным образом при работе с изделиями из листового материала сравнительно небольших габаритов и массы. Конструктивно эти УЗ просты. Их недостаток - малое усилие присасывания, зависящее от степени вакуума (АР), площади присоски, числа присосок

Механические устройства захвата. Наибольшее распространение получили механические устройства захвата УЗ (например, рис.3 а).

Устройство, приведенное на рис. 3 е, предназначено для захвата ИС со штырьковыми выводами, формовки последних и установки их на плату.

Устройство захвата крепится к манипулятору через корпус 2 и фланец 1. Перед захватом ИС захватное устройство манипулятором устанавливается над местом загрузки. По команде подается сжатый воздух в пневмоцилиндр 4 через штуцер 3, поршень опускается. Происходит разжим губок 5. Головка со хватом опускается на определенное программой расстояние. Подача воздуха прекращается. Верхняя полость пневмоцилиндра соединяется с атмосферой. Поршень под действием прижимов вместе с клином 6 поднимается. Происходит закрытие губок 5. Последние захватывают ИС. Далее головка вместе с захватом и ИС перемещается к месту установки ИС на плате. Головка опускается на плату на величину, заданную программой. Ножки ИС 8 попадают в монтажные отверстия печатной платы. Воздух через штуцер 3 подается в верхнюю полость цилиндра, поршень вместе с клином опускается, губки разжимаются, освобождая ИС. Одновременно через толкатель 7 и клин 6 осуществляется воздействие на ножки ИС, досылая их до упора.

На рис.3 г показано устройство захвата резисторов и других ЭРЭ с осевыми выводами. Цикл захвата начинается с точной установки силовой головки со хватом над резистором, находящемся в пазах ползуна механизма подачи. К этому моменту ЗУ для ЭРЭ осуществило вырезку резистора из липкой ленты и обрезку выводов до нужного размера. Поэтому к появлению головки с хватными губками в зоне загрузки ЭРЭ резистор готов к формовке, захвату и дальнейшей транспортировке к месту его установки на плату.

В зоне загрузки силовая головка вместе с хватными элементами (губками) перемещается вертикально вниз (на резистор). При этом губки (зажимы) сгибают выводы ЭРЭ под углом 90° , осуществляя П-образную формовку. При этом губки опускаются до упора.

По завершении формовки силовой головке сообщается движение вверх. За счет возникших при формовке упругих сил ЭРЭ закрепляется в губках, поднимается вместе с головкой на запрограммированную высоту и перемещается к месту его установки на плате. Затем силовая головка начинает опускаться на плату до тех пор, пока выводы ЭРЭ не войдут в соответствующие монтажные отверстия, а губки 6 своими концами не упрутся в плату. Далее необходимо дослать корпус ЭРЭ до соприкосновения с платой (утопить его выводы). Осуществляется это так. Сжатый воздух через штуцер 1 подается в верхнюю плоскость цилиндра 2. Его поршень 3 и шток 5, преодолевая сопротивление пружины 4, перемещаются вниз и через штифт и толкатель 7 воздействуют на ЭРЭ, досылая его до платы. С противоположной (нижней) стороны платы гибочно-отрезная головка отрезает лишнюю часть выводов и подгибает оставшуюся, осуществляя закрепление ЭРЭ на плате. При этом верхняя полость цилиндра 2 соединяется с атмосферой, зажимы под действием пружины 4 поднимаются, полностью освобождая ЭРЭ.

Устройство рис.3 д) служит для захвата конденсатора с цилиндрическим корпусом и штырьковыми выводами и обрезки выводов в требуемый для монтажа размер. Оно выполнено в виде хватных губок с двумя пневмоприводами для их зажима (разжима) и вертикального перемещения. Крепится устройство на ПР гайкой 1.

Моменту захвата конденсатора предшествует перемещение головки с губками к месту загрузки конденсатора, после чего головка останавливается (зависает над конденсатором). При подаче сжатого воздуха через штуцер 8 в верхний пневмоцилиндр 2, его шток опустится и через серьги 6, преодолевая усилие пружины 5, раскрывает нижние губки (пуансоны) 4, закрепленные на оси 3, а также смещает губки вниз до соприкосновения с корпусом конденсатора. Одновременно с подачей сжатого воздуха через левый штуцер 9 в нижний пневмоцилиндр 7 шток последнего сместится вниз и раскроет схваты 12 (шток выполнен в виде своеобразного клина). При достижении губками кон-

денсатора сжатый воздух левого штуцера 9 станет поступать в правый штуцер 9. При этом шток 10 поднимается. Освобожденные от него схваты 12 под действием пружины 11 сомкнутся и зафиксируют корпус конденсатора с усилием Р. Усилие толкателя должно преодолевать силу трения конденсатора в зажиме.

Подъем захвата с конденсатором осуществляется за счет действия пружины, т.к. сжатый воздух перестает поступать в штуцер 8, а верхняя полость верхнего цилиндра одно-стороннего действия соединилась с атмосферой. При дальнейшем подъеме штока верхнего цилиндра освободятся губки 4 от действия серег 6, и далее губки под действием пружины 5 сомкнутся и, действуя как пуансоны, перерубят выводы в нужном месте. Затем головка со хватом и конденсатором начинает под действием манипулятора перемещаться к месту установки конденсатора на плату. При достижении этого места сжатый воздух подается в штуцер 8, губки 4 расходятся. Выводы конденсатора попадают в соответствующие монтажные отверстия платы и при опускании охвата утапливаются в них. При подаче сжатого воздуха в штуцер 9 происходит досылка корпуса конденсатора до соприкосновения с платой.

Нижняя головка закрепляет конденсатора путем подгибки его выводов.

Гибочно-отрезная головка (рис.3 з) предназначена для закрепления компонентов на плате путем обрезки и подгибки выводов резисторов и ИС, устанавливаемых на печатной плате (с противоположной монтажу стороны). Гибочно-отрезная головка крепится к головке нижнего манипулятора. Подгибке выводов предшествует перемещение последней в зону установки ЭРЭ или ИС. Головка перемещается в нее заранее и ждет завершения установки ЭРЭ или ИС выводами в отверстие платы. По завершении ЭРЭ (ИС) головка начинает подниматься до тех пор, пока упор 4 не коснется нижней стороны платы. Дальнейшее движение головки вверх приводит к тому, что от упора планка 3, воздействуя на кронштейн 8, повернет его вокруг осей 9. Вместе с ними поворачиваются ролики 16, которые крепятся на оси 7 в 5. Лапки 1 сходятся и осуществляют подгиб выводов элемента вовнутрь. Затем происходит отход головки вниз. Кронштейны 8, освобожденные от действия планки 3, пружинами 2 возвращаются в исходное положение.

Приводы

Приводы необходимы в СТО для создания требуемого усилия или крутящего момента при захвате, манипулировании, транспортировке или сборке а механические преобразователи - для увеличения усилия или крутящего момента, для изменения направления их действия или того и другого.

По виду используемой силовой энергии в СТО применяют электромеханические, электропневматические, электрогидравлические, электромагнитные приводы, в которых функцию силовых механических преобразователей выполняют клиновые, рычажные, винтовые, зубчатые, реечные, кулачковые механизмы и их сочетание. Они описаны в литературе [1, 2, 3].

По наличию обратной связи приводы СТО делят на простые (без обратной связи) и следящие (с обратной связью). Следящие приводы применяют в координатной системе КС сборочного АТО и ПР.

Методика проектирования СТО

При проектировании СТО разрабатывают или выбирают структурную схему, схему базирования, материалы и компоненты, приводы; выполняют расчеты: конструктивных параметров энергетический, на точность, надежность, производительность, стоимость; сравнивают результаты с допустимыми значениями; определяют основные характеристики механизмов ориентации, захвата, накопления, фиксации, привода. По результатам проектирования разра-

батывают конструкторскую документацию (КД), изготавливают СТО в металле, выполняют наладку и сдают в производство. При автоматизированном проектировании эти действия выполняют с максимальным использованием ЭВМ. На основе сведений об изделии, ТЗ, результатов предварительных расчетов, базы данных по СТО и его элементов разработчик выбирает вид и тип (структуру) СТО.

Основными этапами проектирования СТО являются: 1. Выбор типового или разработка индивидуального СТО по структурной схеме;

2. Анализ СТО на соответствие требованиям ТЗ по технологическому назначению, точности, надежности, производительности, стоимости (выполнение расчетов и сопоставление результатов с допустимыми);

3. Выпуск документации КД на СТО.

Конструктивные параметры и силовой расчет

При расчете конструктивных, например, устройств фиксации в зоне сборки платы (УФ_{пн}) определяют параметры базовых штырей (диаметр; межцентровое расстояние; длину конусной, цилиндрической части; допуски на изготовление и установку). Диаметр и межцентровое расстояние базовых штырей принимают равными диаметру и межцентровому расстоянию базовых отверстий в печатной плате.

При расчете пневмопривода (по требуемому усилию на штоке и стандартному давлению в пневмосети) определяют параметры двигателя (цилиндра или пневмокамеры).

Привод с цилиндром.

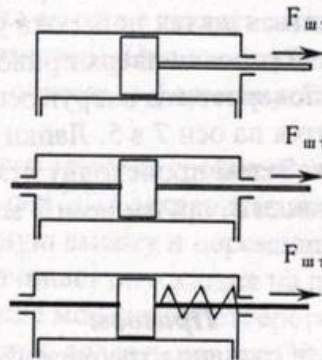


Рис. 4. Типы пневмоцилиндров двухстороннего действия (недифференциальный, дифференциальный без пружины, дифференциальный с пружиной)

для дифференциального пневмоцилиндра двухстороннего действия

$$F_{шт} = p \frac{\pi D_{ц}^2}{4}; \quad D_{ц} = \sqrt{\frac{4p}{\pi}}$$

для недифференциального пневмоцилиндра двухстороннего действия

$$F_{шт} = p \frac{\pi (D_{ц}^2 - d_{шт}^2)}{4};$$

для недифференциального пневмоцилиндра одностороннего действия

$$F_{шт} = p \frac{\pi (D_{ц}^2 - d_{шт}^2)}{4} - F_{пр}.$$

Привод с пневмокамерой:

для пневмокамеры дифференциального типа

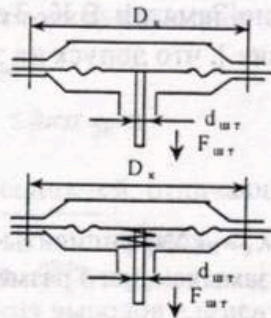


Рис. 5. Типы пневмокамер (двухстороннего действия, одностороннего действия)

для пневмокамеры двухстороннего действия $F_{шт} = p \frac{\pi D_k^2}{4}$;

для пневмокамеры одностороннего действия $F_{шт} = p \frac{\pi D_ц^2}{4} - F_{пр}$

[где $D_ц(D_k)$ — диаметр цилиндра (для поршневого привода) либо камеры (для диафрагменного привода); $d_{шт}$ — диаметр штока; $d_{штуц}$ — диаметр штуцера; $l_{шт}$ — величина перемещения штока; $F_{пр}$ — усилие сопротивления пружины; p — создаваемое давление сжатого воздуха ($p_{max} = 4 - 4,5$ МПа)].

Обеспечение точности СТО

Обоснование и выбор метода обеспечения точности СТО

Из известных в технологии машин и приборов методов обеспечения точности для автоматизированной сборки ЭМ в ГАСК как альтернативные рассмотрены методы полной и неполной взаимозаменяемости [метод групповой взаимозаменяемости не приемлем из-за большой номенклатуры ЭЯ (разнообразных компонентов ЭК, входящих в изделие), большого количества выводов у каждого ЭК (несколько десятков), а методы пригонки и с компенсирующим звеном - из-за необходимости постоянного участия оператора в сборке]. Выполненные автором исследования показали, что погрешность совмещения δ_c (поле допуска) выводов ЭК с элементами печатной платы (ПП), рассчитанная методом полной взаимозаменяемости по максимуму- минимуму для штырькового (DIP) монтажа с использованием стандартных ЭК оказалась значительно больше допустимой ($\delta_c \geq 0,8$ мм), что связано, видимо, с большим числом частных погрешностей, входящих в размерную цепь (по условию надежной пайки вывода ЭК в монтажном отверстии необходимый зазор должен быть в пределах 0,4 – 0,5 мм). Для обеспечения требуемой δ_c нужно значительно увеличить точность ЭК и ПП. Метод полной взаимозаменяемости применим при небольшом числе звеньев размерной цепи и достаточном большом допуске на замыкающее звено. При сборке ЭЯ число звеньев размерной цепи велико (до 100 и более), а допуск на замыкающее звено - мал (в зависимости от вида монтажа 0,1 - 0,25 мм). Для ГАСК сборки ЭЯ этот метод не подошел; при его использовании необходимая точность изготовления ЭК, ПП может выйти за пределы не только экономической, но и технически достижимой точности. Методом обеспечения точности при сборке ЭЯ в ГАСК выбран метод неполной взаимозаменяемости. Его применение позволило расширить допуски на составляющие звенья (для размерных цепей с небольшим числом звеньев на 30-40%, для многозвенных - в 2 и более раза). При этом сборка происходит с риском, так как допуск на замыкающее звено определен вероятностным методом расчета размерных цепей

[обычно риск не более 1%)]. Известно [Замятин В.К. Технология и оснащение сборочного производства машино-, приборостроения], что допуск на замыкающий размер δ_c равен:

$$\delta_c = \frac{1}{\lambda_c} t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 \delta_i^2} \quad (1)$$

[где где t – коэффициент риска; λ_i , λ_c – коэффициенты относительного рассеяния соответственно i -ого составляющего звена и замыкающего размерной цепи (для нормального закона

$$\phi(t) = \frac{1}{\sigma(x) \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} \quad t = \frac{x - m(x)}{\sigma(x)}$$

$\lambda_i = \frac{1}{3}$); m – число звеньев размерной цепи]. Для оценки величин погрешностей сборки ЭЯ принята модель нормального закона распределения в нормированном виде [где $\phi(t)$ – функция плотности вероятности (ФПВ), x – случайная величина, $m(x)$ – математическое ожидание случайной величины, $\sigma(x)$ – ее дисперсия].

ФПВ часто адекватно описывает распределения разных параметров машин, приборов и их частей. Но ее применение корректно лишь при выполнении определенных условий, изложенных в предельной теореме А.М. Ляпунова теории вероятностей: на результат формирования данного параметра (например, δ_c) влияет сумма большого числа факторов, каждый из которых создает эффект малой величины; среди факторов нет доминирующих по своему влиянию и все они независимы между собой. Предельные теоремы Бернштейна – Линдберга позволяют распространить условия теоремы Ляпунова на слабо коррелированные между собой величины. При сборке ЭЯ на отклонения параметров (δ_c и ее составляющих) влияет много факторов [оператор, оборудование (погрешности позиционирования инструмента и ЭК, колебания в подаче электроэнергии, сжатого воздуха), метод изготовления, способ организации совместной работы оператора и оборудования, материалы и их перемещение, внешние факторы (температура, влажность, пыль)], которые независимы или мало зависимы между собой. Несмотря на большое число факторов, влияющих на качество сборки ЭЯ, можно создать такие условия производства, при которых к сборке ЭЯ можно применить модель нормального закона распределения (ФПВ) [это: отсутствие сильной корреляции между входными параметрами, нелинейной зависимости выходного параметра от входных, доминирующих (или систематических) факторов, влияющих на результат процесса; большое число входных параметров, стабильность уровня настройки АТО, не смешивание между собой партий подготовленных перед сборкой компонентов] [Венцель Е.С. Теория вероятностей].

Погрешность совмещения (δ_c) выводов ЭК с элементами платы при сборке ЭЯ при нормальном законе распределения погрешностей:

$$\delta_c = \sqrt{\delta_{изг_{ЭК}}^2 + \delta_{изг_{ПП}}^2 + \delta_{сг}^2 + \delta_{кс}^2 + \delta_{уф_{ПП}}^2 + \delta_{уз_{ПП}}^2} \leq \delta_{с.д} \quad (2)$$

при законах распределения погрешностей, отличающихся от нормального:

$$\delta_c = \frac{1}{3} t \sqrt{\lambda_{изг_{ЭК}}^2 \cdot \delta_{изг_{ЭК}}^2 + \lambda_{изг_{ПП}}^2 \cdot \delta_{изг_{ПП}}^2 + \lambda_{сг}^2 \cdot \delta_{сг}^2 + \lambda_{кс}^2 \cdot \delta_{кс}^2 + \lambda_{уф_{ПП}}^2 \cdot \delta_{уф_{ПП}}^2 + \lambda_{уз_{ПП}}^2 \cdot \delta_{уз_{ПП}}^2}$$

В погрешности совмещения (δ_c) выводов ЭК с элементами платы при сборке ЭЯ различные составляющие погрешности сгруппированы по принадлежности к собираемому изделию, его элементам, узлам сборочного оборудования и оснастки (СТО). Рассмотрим их отдельно.

Погрешность изготовления (подготовки) компонента ЭК $\delta_{изгЭК}$. При нормальном законе распределения погрешностей $\delta_{изгЭК}$:

$$\delta_{изгЭК} = \sqrt{\delta_{смЭК}^2 + \delta_{дефВ}^2} \leq \delta_{изгЭК} \cdot д \quad (3),$$

[при законах распределения погрешностей, отличающихся от нормального:

$$\delta_{изгЭК} = \frac{1}{3} \sqrt{\lambda_{смЭК}^2 \delta_{смЭК}^2 + \lambda_{дефВ}^2 \delta_{дефВ}^2} \leq \delta_{изгЭК} \cdot д$$

где $\delta_{смЭК}$ – погрешность смещения выводов элемента относительно его корпуса; $\delta_{дефВ}$ – погрешность, связанная с деформацией выводов ЭК; λ_i – коэффициенты относительного рассеивания соответствующих погрешностей].

Обеспечение точности УФ_{ПП}

Рассмотрим обеспечение точности УФ_{ПП} на примере приспособления типа (рис. 2 з).

За погрешность $\delta_{уфПП}$ примем погрешность нахождения печатной платы (ПП) в приспособлении при нормальном законе распределения погрешностей:

$$\delta_{уфПП} = \sqrt{\delta_{зазПП}^2 + \delta_{dПП}^2 + \delta_{мцПП}^2 + \delta_{изгШТ}^2 + \delta_{устШТ}^2 + \delta_{бППУЗ}^2 + \delta_{позУЗ}^2} \leq \delta_{уфПП} \cdot д \quad (4),$$

при законах распределения погрешностей, отличающихся от нормального

$$\delta_{уфПП} = \frac{1}{3} \sqrt{\lambda_{зазПП}^2 \delta_{зазПП}^2 + \lambda_{dПП}^2 \delta_{dПП}^2 + \lambda_{мцПП}^2 \delta_{мцПП}^2 + \lambda_{изгШТ}^2 \delta_{изгШТ}^2 + \lambda_{устШТ}^2 \delta_{устШТ}^2 + \lambda_{бППУЗ}^2 \delta_{бППУЗ}^2 + \lambda_{позУЗ}^2 \delta_{позУЗ}^2}.$$

(5)

{где: $\delta_{зазПП}$ – зазор между платой и стенками направляющих подъемника; $\delta_{dПП}$, $\delta_{мцПП}$ – допуск на диаметр базовых отверстий платы и их межцентровое расстояние; $\delta_{изгШТ}$, $\delta_{устШТ}$ – допуск на изготовление и установку базового штыря; $\delta_{бППУЗ}$ – погрешность базирования платы в устройстве захвата; $\delta_{позУЗ}$ – погрешность позиционирования устройства захвата}.

Обеспечение точности АН_{ПП}

Рассмотрим обеспечение точности АН_{ПП} на примере накопителя лифтового типа (рис. 2 б)

Под погрешностью $\delta_{анПП}$ понимаем погрешность нахождения печатной платы (ПП) на выходе накопителя АН при нормальном законе распределения погрешностей:

$$\delta_{анПП} = \sqrt{\delta_{заз}^2 + \delta_{вПП}^2 + \delta_{lПП}^2 + \delta_{изгНАПР}^2 + \delta_{позНАПР}^2 + \delta_{изгУП}^2 + \delta_{устУП}^2} \leq \delta_{анПП} \cdot д \quad (5)$$

при законах распределения погрешностей, отличающихся от нормального

$$\delta_{ан\text{ пп}} = \frac{1}{3} \sqrt{\lambda_{заз\text{ пп}}^2 \delta_{заз\text{ пп}}^2 + \lambda_{в\text{ пп}}^2 \delta_{в\text{ пп}}^2 + \lambda_{l\text{ пп}}^2 \delta_{l\text{ пп}}^2 + \lambda_{изг\text{ напр}}^2 \delta_{изг\text{ напр}}^2 + \lambda_{поз\text{ напр}}^2 \delta_{поз\text{ напр}}^2 + \lambda_{изг\text{ уп}}^2 \delta_{изг\text{ уп}}^2 + \lambda_{уст\text{ уп}}^2 \delta_{уст\text{ уп}}^2}$$

где: $\delta_{заз\text{ пп}}$ – зазор между платой и стенками направляющих подъемника АН; $\delta_{в\text{ пп}}^2$, $\delta_{l\text{ пп}}^2$ – допуск на изготовление платы по ширине и длине; $\delta_{изг\text{ напр}}$ – допуск на изготовление направляющих; $\delta_{поз\text{ напр}}$ – допуск на позиционирование направляющих в месте выгрузки платы; $\delta_{изг\text{ уп}}$, $\delta_{уст\text{ уп}}$ – допуск на изготовление и установку упора.

Обеспечение точности устройства захвата платы УЗ_{пп}

Рассмотрим обеспечение точности УЗ_{пп} на примере устройства захвата автооператонного типа (рис.2 е). Под погрешностью $\delta_{уз\text{ пп}}$ понимаем погрешность нахождения платы перед ее установкой на штыри приспособления УФ_{пп} при нормальном законе распределения:

$$\delta_{ан\text{ пп}} = \sqrt{\delta_{изг\text{ уз}}^2 + \delta_{изг.d\text{ пп}}^2 + \delta_{изг.мц\text{ пп}}^2 + \delta_{поз\text{ уз.пп}}^2 + \delta_{б\text{ пп.уз}}^2} \leq \delta_{ан\text{ пп}} \cdot d \quad (6)$$

при законах распределения погрешностей, отличающихся от нормального

$$\delta_{ан\text{ пп}} = \frac{1}{3} \sqrt{\lambda_{изг\text{ уз}}^2 \delta_{изг\text{ уз}}^2 + \lambda_{изг.d\text{ пп}}^2 \delta_{изг.d\text{ пп}}^2 + \lambda_{изг.мц\text{ пп}}^2 \delta_{изг.мц\text{ пп}}^2 + \lambda_{поз\text{ уз.пп}}^2 \delta_{поз\text{ уз.пп}}^2 + \lambda_{б\text{ пп.уз}}^2 \delta_{б\text{ пп.уз}}^2} \leq \delta_{ан\text{ пп}} \cdot d$$

$\delta_{изг\text{ уз.пп}}$ – погрешность изготовления УЗ_{пп}; $\delta_{изг.d\text{ пп}}$, $\delta_{изг.мц\text{ пп}}$ – допуски на изготовление базовых отверстий ПП и их межцентрового расстояния; $\delta_{поз\text{ уз.пп}}$ – погрешность позиционирования УЗ_{пп}; $\delta_{б\text{ пп.уз}}$ – погрешность базирования ПП в УЗ_{пп}

Обеспечение надежности СТО по λ - характеристикам

Обоснование и выбор метода обеспечения надежности СТО

Под надежностью АЗУ_{ис2} здесь понимаем среднее время наработки до отказа $T_{ср}$, интенсивность отказов и вероятность безотказной работы. В теории надежности электронных устройств (ЭА) часто полагают, что отказы ЭА независимы между собой, поэтому можно считать, что время наработки на отказ ЭА подчинено экспоненциальному закону распределения. При расчете надежности ЭА условно делят на отдельные компоненты (элементы), для которых известны (из ТУ или таблиц) интенсивности отказов. По ним находят интенсивность отказов устройства в целом и с помощью известных формул для экспоненциального распределения определяют среднее время наработки на отказ и вероятность безотказной работы устройства для заданного периода времени. Аналогичный подход применен при определении надежности СТО и АТО. Однако, в расчетах параметров надежности СТО и АТО не всегда удается использовать аналогии электронных устройств, так как законы распределения времени наработки на отказ многих механических устройств, входящих в состав СТО и АТО, отличаются от экспоненциального (или неизвестны). Для этих случаев можно использовать приближенный и численный (итерационный) методы. Численный метод основан на теоремах теории вероятностей. Вероятность

безотказной работы устройства $P(t)$, состоящего из n элементов, за время t в общем случае (когда время безотказной работы элементов устройства подчинено одному закону распределения) имеет вид [34]:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) \quad (7)$$

или (при разных законах распределения):

$$P(t) = \prod_{i=1}^j p_i(t) \cdot \prod_{i=j+1}^{j+m} p_i(t) \cdot \prod_{i=j+m+1}^{j+m+k} p_i(t) \cdot \dots \cdot \prod_{i=j+m+k+\dots+z+1}^{j+m+k+\dots+z} p_i(t)$$

[где: $p_i(t)$ - вероятность безотказной работы за время t i -ого элемента устройства; j - число элементов устройства, время безотказной работы которых подчиняется экспоненциальному, m - число элементов устройства, время безотказной работы которых подчиняется нормальному, k - число элементов устройства, время безотказной работы которых подчиняется равномерному или другому известному закону распределения ($j+m+k+\dots+z = n$)].

Определение $P(t)$ происходит в следующей последовательности: для каждого элемента i (при известном законе распределения) по известным формулам определяют вероятность $p_i(t)$ за время t ; рассчитывают $P(t)$ для всего устройства по формуле (8) [$P(t)$ вычисляют для разных времен t , но приводят $P(t)$ к одному времени t (например, эффективному годовому фонду времени работы АТО в ГАСК)]; строят график зависимости $P(t)$ от времени t ; полученную зависимость $P(t)$ аппроксимируют какой-либо функцией; получают $P_{\text{анп}}(t)$ и находят функциональную зависимость $T_{\text{ср}}$ от параметров элементов [Венцель Е.С. Теория вероятностей]:

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P_{\text{анп}}(t) dt \quad (8)$$

Численный метод предполагает знание законов распределения времени безотказной работы всех элементов устройства (либо вероятности безотказной работы элементов устройства за одно и то же время t) и выполнение большого объема вычислений, что не всегда возможно.

В основу приближенного метода положена известная теорема теории вероятностей; если какое-либо устройство состоит из достаточно большого числа элементов n , функционирование которых необходимо для работы всего устройства, то закон распределения времени безотказной работы устройства $T_{\text{уст}}$ близок к показательному с параметром $\lambda_{\text{уст}}$ (интенсивность отказов) [34]:

$$\lambda_{\text{уст}} = \frac{1}{M[T_{\text{уст}}]} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{M[T_i]} \quad (9)$$

{ $M[T_i]$ - среднее время безотказной работы i -ого элемента устройства}.

Формула (8) справедлива для устройств, состоящих из n элементов ($n \geq 3$) при следующих допущениях: устройство и его элементы считаются невозстановливаемыми; времена безотказной работы элементов устройства независимы между собой (отказы элементов не влияют друг на друга); отказ элементов обнаруживается мгновенно; переключение на резерв осуществляется без перерыва в работе; переключатели абсолютно надежны; индикация отказа достоверна.

Среднее время безотказной работы i -ого элемента устройства $M[T_i]$ определяется так: при известном законе распределения времени наработки на отказ i -ого элемента устройства в качестве $M[T_i]$ берется среднее время наработки на отказ $M[t_i]$; при неизвестном законе (или неизвестных его параметрах, но имеющих данные статистических исследований

времени безотказной работы) - за $M [T_i]$ принимают $m[t_i]$ (математическое ожидание среднего времени наработки на отказ):

$$m[t_i] = \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{n} \quad (10)$$

(n - объем выборки из однотипных элементов i , t_j - элементы выборки).

Для механических элементов (передачи, шарниры и т.д.), в качестве $M [T_i]$ берется время износа элемента, рассчитанное по формулам износа [хотя среднее время наработки на отказ определяется как неслучайная величина, но так как большинство формул износа (или их коэффициенты) получено эмпирическим путем, то расчетное значение $M [T_i]$ можно рассматривать как случайную величину].

Если $M [T_i]$ для какого-либо составного элемента i рассчитать нельзя, то условно делят этот элемент на более мелкие $i_1 \dots i_z$ и вычисляют $M [T_i]$ одним из перечисленных выше способов.

При разработке моделей надежности АТО, СТО приняты следующие допущения: 1) вероятность безотказной работы систем управления (электронных устройств) значительно выше, чем у механических и электромеханических устройств, поэтому принята за единицу и для упрощения расчетов не учитывается; 2) не учтены отказы крепежных элементов (винтов, гаек и т.д.) и иных мелких механических деталей (из-за высокой их надежности); 3) время наработки на отказ имеет экспоненциальное распределение (используем аппроксимацию по приближенному методу). Тогда, независимо от законов распределения времени наработки на отказ составных элементов СТО, среднее время наработки на отказ ($T_{\text{ср.СТО}}$):

$$[T_{\text{ср.СТО}}] = \frac{1}{\lambda_{\text{СТО}}} \quad (11)$$

Вероятность безотказной работы СТО за период T (например, эффективный фонд времени):

$$P_{\text{СТО}}(T) = e^{-\lambda_{\text{СТО}} T} \quad (12)$$

Среднее время наработки по параметрическим отказам (износ элементов оборудования), не влияющим на точность совмещения, определяется как величиной ($U_{\text{доп}}$), так и скоростью (γ) допустимого линейного износа [Проников А.С. Надежность машин]:

$$U_{\text{доп}} = k \cdot p^m \cdot v \cdot T_{\text{ср}} \quad (13)$$

$$\gamma = k \cdot p^m \cdot v \quad (14)$$

[где: $U_{\text{доп}}$ - предельно допустимый линейный износ; γ - скорость износа; k - коэффициент износа; p - давление на поверхность трения Па; v - скорость относительного скольжения, м/с; $T_{\text{ср}}$ - среднее время работы сопряжения; m - коэффициент (для абразивного и усталостного изнашивания $m = 1$); по $T_{\text{ср}}$ назначают время ремонта или замены узла]. Формулы для расчета давления различны для разных элементов СТО и приведены в описании каждого конкретного элемента {для учета случайных и параметрических отказов определяется общая вероятность путем перемножения их вероятностей (согласно [34] следствия теоремы произведений вероятностей для случайных и независимых отказов; если это условие не выполняется определяют условную вероятность)}.

Обеспечение надежности УФ_{ПП}

Рассмотрим обеспечение точности УФ_{ПП} на примере приспособления типа (рис. 2 з).

Интенсивность отказов УФ_{ПП} без механизма зажима: $\lambda_{\text{УФПП}} = \frac{1}{T_{\text{шт}}} + \frac{1}{T_{\text{кр}}} \quad (15)$

$$\text{с механизмом зажима: } \lambda_{УФПП} = \frac{1}{T_{шт}} + \frac{1}{T_{кр}} + \frac{1}{T_{эл.упр.}} + \frac{1}{T_{дв}} \quad (16)$$

($T_{л}$, $T_{к}$, $T_{кр}$, $T_{дв}$, $T_{эл.упр}$ - время допустимого износа базового штыря, крепежных и рычажных элементов, элементов управления).

$$\text{Расчетная вероятность безотказной работы } УФПП: P(T) = e^{-\lambda_{УФПП} \cdot T} \quad (17)$$

$$\text{средняя расчетная наработка на отказ АЗУ: } T_{ср} = \frac{1}{\lambda_{УФПП}} \quad (18).$$

Производительность СТО

Временная характеристика ($t_{з1пп}$) УФПП

$$\text{Время установки 1 платы } t_{з1пп} = \frac{h}{v_{уз}} \quad (\text{с механизмом зажима: } t_{з1пп} = \frac{h}{v_{уз}} + T_{заж}) \quad (19).$$

Удельное время ($T_{обс}$) обслуживания АТО (приходящееся на 1 ЭК), куда входит время $t_{з1пп}$:

$$T_{обс} = \frac{\frac{T_{з.к.пп} + t_{з1пп}}{N_{кпп}} + \frac{t_{с.азу}}{N_{эк.азу}}}{N_{экя}} \quad (20)$$

(h - высота на которой перемещалась плата от накопителя $АН_{пп}$ до приспособления $УФ_{пп}$; $v_{уз}$ - скорость вертикального перемещения $УЗ$; $T_{з.к.пп}$, $t_{з1пп}$, $T_{заж}$ - время загрузки кассеты с платами в $АН$ АТО, установки платы в приспособление $УФ_{пп}$, зажима платы в $УФ_{пп}$; $t_{с.азу}$ - время замены подвижной части АЗУ; $N_{кпп}$, $N_{экя}$, $N_{эк.азу}$ - соответственно количество плат в кассете, годовая программа сборки ЭЯ и количество ЭК в АЗУ).

Временная характеристика пневмопривода

$$\text{Поршневой привод: } T_{пр} = 2T_{вк} + t_{ро} \quad (21)$$

$$\text{для дифференциального пневмоцилиндра двухстороннего действия } t_{ро} = \frac{D_{ц}^2 \cdot l_{шт}}{d_{тр}^2 v_{в}} \quad (22)$$

$$\text{для недифференциального пневмоцилиндра двухстороннего действия } t_{ро} = \frac{(D_{ц}^2 - d_{шт}^2) \cdot l_{шт}}{d_{тр}^2 v_{в}}$$

($T_{вк}$ - время включения распределителя воздуха, $t_{ро}$ — время перемещения рабочего органа).

Привод с кулачками:

$$t_{ро} = \frac{60 \cdot l_2 \cdot \varphi}{l_1 \cdot n_{дв} \cdot i_{ред} \cdot 360} \quad (23)$$

(φ — рабочий угол поворота кулачка; l_1 — длина плеча рычага 1; l_2 — длина плеча рычага 2; $n_{дв}$ — число оборотов в минуту вала двигателя; $i_{ред}$ — передаточное отношение механического редуктора).

Стоимость СТО

В случае вновь разрабатываемой модели СТО:

$$C_{\text{осн}} = \left(\frac{C_{\text{пр}} \cdot T_{\text{пр}} + C_{\text{сб}} \cdot T_{\text{сб}}}{F_{\text{м.эф.}}} + C_{\text{накл}} \right) \cdot (K_{\text{а}} + K_{\text{экс}}) \quad (24),$$

в случае покупной модели СТО:

$$C_{\text{осн}} = \frac{C_{\text{осн}}}{Z_{\text{осн}} \cdot F_{\text{г.эф}}}$$

где: $C_{\text{пр}}$ - денежные затраты на проектирование СТО, $T_{\text{пр}}$ - затраты времени на проектирование СТО, $C_{\text{сб}}$ - денежные затраты на сборку СТО, $T_{\text{сб}}$ - затраты времени на сборку СТО, $K_{\text{а}}$ - коэффициент амортизации, $K_{\text{экс}}$ - коэффициент эксплуатации, учитывающий годовые затраты на ремонт, уход и хранение, $C_{\text{накл}}$ - накладные расходы, $C_{\text{осн}}$ - стоимость покупной осн.

Автоматизация проектирования СТО

При проектировании СТО разрабатывают или выбирают структурную схему, выбирают материалы и компоненты; силовые устройства; выполняют энергетический расчет, расчет на точность, надежность, производительность, стоимость сравнивают результаты с допустимыми значениями; определяют основные размеры и характеристики механизмов ориентации, захвата, накопления, фиксации, привода. На множестве моделей СТО проводятся необходимые расчеты численных характеристик каждой модели СТО данного вида и типа. Набор требуемых расчетов включает (табл. 1): 1) конструктивные параметры; 2) статическую точность; 3) энергетический (силовой); 4) надежности (интенсивность отказов λ , вероятность безотказной работы $P(t_{\text{бп}})$, среднее время наработки на отказ $T_{\text{ср}}$); 5) производительность (временная характеристика); 6) динамический (время переходного процесса $T_{\text{п}}$, величина перерегулирования σ , полоса пропускания $f_{\text{п}}$, сдвиг фаз $\Delta\phi$, затухание по амплитуде); 7) оценку стоимости СТО. Набор расчетов определяется на основе признака шаблона вида СТО. Расчет количественных характеристик модели СТО, отвечающий ее функциональному назначению и конструктивному исполнению, определяется в соответствии с комплексным признаком (с индексом 5) шаблона типа СТО.

Рассчитанные численные характеристики модели СТО запоминается в качестве значения формируемого признака (с индексом 3) полной модели СТО (данный признак – комплексный; он представляет собой совокупность вложенных множеств и включает в себя все определенные на этапе проектирования количественные характеристики данной модели СТО в зависимости от ее вида и типа). Ниже в таблице 1 представлен процесс формирования каждой модели СТО на основе проведенных расчетов. Конкретные расчеты представляют собой определение признаков и формирование моделей СТО каждого вида и типа.

Сравнение рассчитанных характеристик с допустимыми значениями проводится при выборе оборудования (АТО) из множества кандидатов на технологическую операцию монтажа АТОп с КОП (блок 18 алгоритма [8]).

По окончании проектирования СТО изготавливают конструкторскую документацию (КД), изготавливают СТО в металле, выполняют наладку и сдают в производство.

Оценить среднюю трудоемкость проектирования единицы СТО можно на примере одного московского машиностроительного завода, где создание специального приспособления требует: оформление заказа - 3 часа; проектирование и копирование - 40 часов; изготовление в металле — 110 часов; наладка — 12 часов.

При автоматизированном проектировании (с максимальным использованием ЭВМ) трудоемкость проектирования уменьшается на порядок, например, по предложенному специальному алгоритму (рис. 6). Выбор вида и типа (структуры) СТО делает

Таблица 1.

Комплекс выполняемых расчетов для каждой модели СТО

Типы расчетов	Виды СТО, расчетные характеристики (модели)					
	СГ	АЗУ ЭК	АН ПП	КС	УФ ПП	УЗ/В ПП
I. Конструктивных параметров	многообразие характеристик	—	—	многообразие характеристик	—	—
II. Статической точности	погрешность расположения ИС в СГ $\delta_{СГ}$	погрешность расположения ИС в зоне захвата ее СГ $\delta_{\lambda зу}$	погрешность расположения ПП на выходе АН ПП $\delta_{\lambda нпп}$	погрешность ПКУ КС $\delta_{\eta кукс}$	погрешность расположения платы в УФ $\delta_{уфпп}$	погрешность положения ПП при загрузке $\delta_{узвпп}$
III. Энергетический (силовой)	удерживающая сила F_y	—	—	мощность, момент	—	необходимый для удержания ПП диаметр штыря УЗВ ПП $d_{шт}$
IV. Надежности	интенсивность отказов СГ $\lambda_{г}$	вероятность безотказной работы СГ $P(t_p)$	средняя наработка на отказ СГ T_p	—	—	—
V. Производительности (временной),	время монтажа ЭК t_0	время выборки ЭК t_{ϕ}	—	время установившейся ПКУ КС $t_{\eta ккс}$	—	время доставки ПП от АН к столу автомата $t_{доставл}$
	VI. Динамический	—	—	динамические параметры	—	время перемещения рабочего органа $t_{\rho 0}$
VII. Стоимости	годовые затраты на единицу СТО					

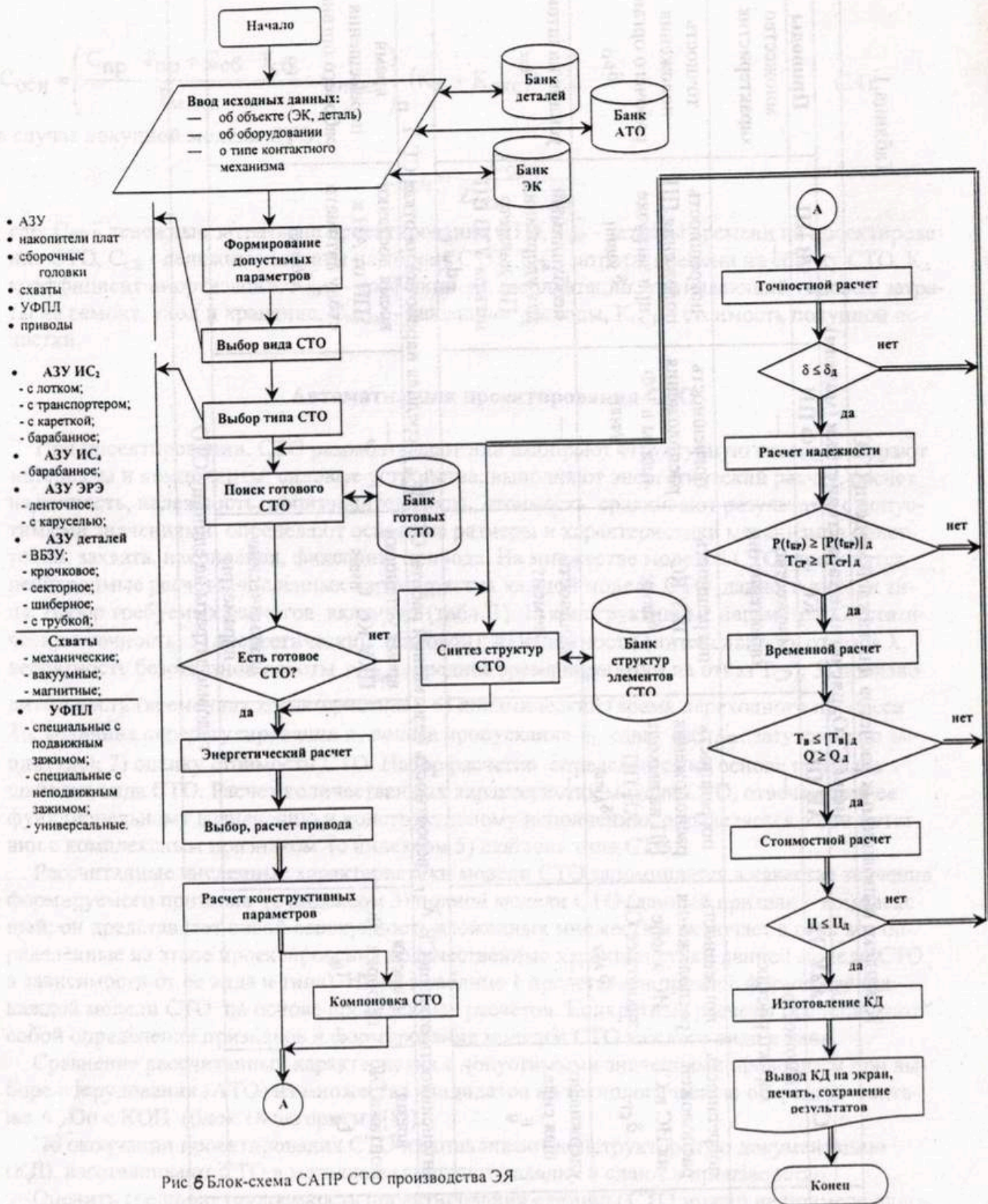


Рис 6 Блок-схема САПР СТО производства ЭЯ

разработчик, используя базу данных (БД) с учетом ТЗ, типа объекта, его массы, габаритных характеристик и соответствующих расчетов.

Алгоритм автоматизированного проектирования СТО (рис. 6) имеет 20 блоков. Блок 1 служит для ввода исходных данных; в блоке 2 - происходит формирование допустимых значений параметров СТО; в блоках 3 и 4 - выбор вида и типа СТО; в блоке 5, 6 - поиск готового СТО. Если готовое СТО не найдено, то в блоке 16 происходит синтез структур СТО. Затем проводятся расчеты: энергетический (7), выбор и расчет привода (8), расчет конструктивных параметров СТО (9), компоновка (10), точностной расчет (11), сравнение с допустимой точностью (12), расчет надежности (13) и сравнение ее параметров с допустимыми (14), временной расчет (15), стоимостной (17, 18). Решение о выборе СТО принимается в результате совместного рассмотрения СТО и соответствующей марки оборудования при проектировании операции сборки по критерию $R_{оп\ max}$. Для разработанного СТО происходит изготовление конструкторской документации КД (19, 20). Блоки 7 - 11, 13, 15, 17 являются сложными блоками, так как в свою очередь содержат алгоритмы выполнения соответствующих расчетов при проектировании разных типов и видов СТО.

Программное обеспечение автоматизированного проектирования СТО

Реализованы блоки алгоритма автоматизированного проектирования СТО в программном обеспечении (ПО). ПО разработано для ЭВМ типа IBM-PC и совместимых с ним компьютеров под операционную систему - MS-DOS версии 3.1 и выше с поддержкой русскоязычной кодовой страницы (866). ПО написано на алгоритмическом языке PASKAL в среде DOS; построено по блочному принципу, имеет способность к развитию и состоит: из подпрограмм, реализующих методики расчетов, баз данных, подпрограммы обработки результатов расчета и вывода их на экран монитора или принтер.

Программа содержит: файл описания ПП (Readme.doc) и исполняемый файл ПП (STO.exe).

Работа с ПО

Для запуска ПО необходимо запустить на выполнение файл «STO.exe». После запуска ПО на экране монитора появляется название программы. После нажатия любой клавиши ПО переходит в главное меню (выбор вида СТО). В данном меню предлагается выбрать вид СТО, для чего необходимо нажать на клавиатуре цифровую клавишу с соответствующим этому виду номером. Далее, если это необходимо, будет предложено выбрать тип и подтип СТО в соответствующих иерархических меню. Выход из подменю в главное меню осуществляется с помощью нажатия клавиши «Q».

После выбора программа переходит в режим задания исходных данных для расчетов выбранного вида и типа СТО. Порядок расчетов определяется видом и типом СТО.

Требуется последовательно вводить исходные данные в ответ на запрос ПО, который имеет вид:

<№ параметра>. <Название параметра>, <размерность параметра>: _ <место ввода данных> (<рекомендуемые значения параметра>:<...>) (рекомендуемые значения указаны для тех вводимых величин, где они имеют практический смысл).

При допущении синтаксической ошибки место ввода данных очищается и ввод параметра требуется повторить. Процедуру ввода следует повторять для всех запросов ПО.

После окончания задания исходных данных все введенные пользователем параметры отображаются на экране в виде:

<№ параметра>. <Название параметра>: <Значение параметра> <Размерность параметра>.

<№ параметра>. <Название параметра>: <Значение параметра> <Размерность параметра>.

Далее ПО задает запрос: «Исходные данные введены правильно? [Y/N]». Нажатие клавишу «N» переводит ПО в режим коррекции исходных данных. Для этого необходимо в ответ на запрос ПО «Введите номер параметра, подлежащего коррекции: [№П1—№П2]», ввести номер параметра из представленной на экране таблицы исходных данных.

Каждый запрос, предназначенный для коррекции одного параметра. [№П1—№П2], показывает диапазон возможного ввода номеров параметров. Номера параметров, выходящих за пределы данного диапазона, ПО игнорирует и запрос повторяется. Коррекцию исходных данных можно производить столько раз, сколько это необходимо. Для окончания процедуры коррекции необходимо в ответ на запрос: «Исходные данные введены правильно? [Y/N]» нажать клавишу «Y». ПО перейдет в режим расчета.

В процессе расчета может возникнуть ситуация, когда введенный параметр, промежуточный либо окончательный результат расчета окажется вне пределов допустимого диапазона. В этом случае ПО выдаст поясняющую информацию и предложит вернуться к заданию исходных данных и откорректировать их. Для этого необходимо в ответ на запрос: «Вернуться к заданию исходных данных? [Y/N]» нажать клавишу «Y». ПО перейдет в режим коррекции (см. выше). Ответ «N» приведет к отказу от расчета и выводу ПО в главное меню.

Если расчет прошел успешно, ПО выдаст на экран полученные результаты расчета в виде: *<№ параметра>. <Название параметра>: <Значение параметра> <Размерность параметра>*

<№ параметра>. <Название параметра>: <Значение параметра> <Размерность параметра>.

После нажатия любой клавиши ПО перейдет к новому типу расчета либо выйдет в главное меню, если данный расчет был последним.

Контрольные вопросы

1. Какие Вы знаете виды СТО.
2. Назовите типы автоматизированных накопителей для плат.
3. Назовите этапы проектирования СТО
4. Какие виды расчетов выполняют при проектировании СТО.
5. Какие методы обеспечения точности применены при автоматизированном проектировании СТО ГАСК.
6. Какие методы обеспечения надежности применены при автоматизированном проектировании СТО ГАСК.
7. Какие функции выполняет ЭВМ при автоматизированном проектировании СТО.
8. Какая информация необходима для выбора конструкции или структуры СТО.
9. Какие конструктивные параметры рассчитывают при проектировании устройства фиксации платы в зоне сборки.
10. Какие факторы влияют на точность установки платы в устройстве фиксации.
11. Какие временные параметры рассчитывают при проектировании СТО.
12. Как можно оценить стоимость СТО.

Литература

1. Иванов Ю. В., Лакота Н. А. Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов: Учебное пособие. - М.: Радио и связь, 1987.- 464 с.
2. Малов А. Н., Иванов Ю. В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов: Учебник. - М.: Машиностроение, 1974. - 368 с.
3. Иванов Ю. В. Автоматизация сборки в условиях гибкого производства //Обзор ВНИИТЭМР. Серия 6. - 1988. - Выпуск 2. - 42 с.
4. Иванов Ю.В., Скворцов Ю.В. Техничко-экономический анализ средств автоматизации и новой техники в производстве РЭС и ЭВС.- М.: МГТУ, 1990. -32 с.
5. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. -М.: Машиностроение, 1971. - 288 с.
6. Билибин К.И. Основы проектирования приспособлений. - М.: МГТУ, 2002.- 52
7. Камышный Н.И. Автоматизация загрузки станков. - М.: Машиностроение, 1977.- 272 с.
8. Иванов Ю.В. Специальное программное обеспечение автоматизированной разработки структур гибких автоматизированных комплексов многономенклатурного производства ЭА: Учебное пособие. - М.: МГТУ, 2002. - 34 с.

Содержание

	стр.
Введение	
Виды и типы СТО	3
Методика проектирования СТО	11
Конструктивные параметры СТО	12
Обеспечение точности СТО	13
Обеспечение надежности СТО	16
Производительность СТО	19
Оценка стоимости СТО	19
Автоматизация проектирования СТО	20
Алгоритм автоматизированного проектирования СТО	23
Программное обеспечение автоматизированного проектирования СТО	23
Контрольные вопросы	25
Литература	25