

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

Ю. В. Иванов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ,
ВЫПОЛНЯЕМЫХ НА ОБОРУДОВАНИИ
С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Учебное пособие

по курсовому и дипломному проектированию
по курсу «Технология приборостроения и
производства ЭА»

Данное учебное пособие издается в соответствии с учебным планом.

Рассмотрено и одобрено кафедрой П-8 13.12.82 г., методической комиссией факультета К и учебно-методическим управлением.

Рецензенты: к.т.н. доц. Чижов А.С.,
д.т.н. проф. ВЗМИ Семенов Е.И.,
к.т.н. доц. ВЗМИ Мысловский Э.В.

© Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

Содержание

Введение	3
Технологичность узлов ЭА	4
Операции сборки, выполняемые на оборудовании с ЧПУ	6
Программирование операций автоматического комплектования и установки ИЭТ на плату	16
Программирование операции соединения накруткой	21
Приложение	26
Литература	32

Юрий Викторович Иванов

Редактор Л.П. Кистанов

Корректор Л.И. Малотина

Заявка 1573

Объем 2 п.л. (1,75уч.-изд.л) Тираж 300 экз.

Л-100215 от 14.12.83г. Цена 7 коп.

План 1983 г., № 55

Типография ИВТУ.

107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

ВВЕДЕНИЕ

Сборочные процессы в производстве электронной аппаратуры (ЭА) занимают значительное место - (40...60% от трудоемкости изготовления всего изделия). Уровень автоматизации их невысок (менее 15%), поэтому автоматизация сборочных процессов, как и всего производства, - актуальная задача, о необходимости решения которой указывалось в постановлениях XXV, XXVI съездов КПСС и последующих пленумов ЦК КПСС.

Трудности автоматизации сборочных процессов: точная ориентация одновременно нескольких компонентов, имеющих каждый по несколько установочных элементов, часто недостаточно жестких, (например, интегральная микросхема ИМС с 14 и более выводами); небольшие размеры компонентов; установка в труднодоступные места; большое разнообразие компонентов; нестабильность качества их изготовления; недостаточная типизация технологических процессов (часто неоправданно сложных); недостаточная производительность, надежность и мобильность сборочного оборудования, большой разнообразный типаж этого оборудования, высокая трудоемкость его программирования и другие факторы. Отметим, что успешное решение указанной задачи в значительной степени зависит от технологичности собираемых изделий ЭА; типизации технологических процессов; перспективного сборочного оборудования (в первую очередь с числовым программным управлением ЧПУ) и его программирования.

Наиболее широкое распространение в ЭВА получили два вида электронных узлов, выполненных: 1) на базе изделий электронной промышленности ИЭТ (радиоэлементы ЭРЭ и ИМС) с печатным монтажом на плате, а также 2) на базе узлов первого вида с монтажом методом накрутки на объединенной плате, в кассете, на панели и т.д.

Типовой технологический процесс сборки узлов первого вида включает следующие основные операции: подготовку плат, ИЭТ; установку ИЭТ на плату; пайку (или сварку) выводов ИЭТ к печатным проводникам; отмычку узла от флюса; влаговзвешивку и контроль. Из перечисленных операций на оборудовании с ЧПУ можно выполнить установку ИЭТ на плату. При применении ЭРЭ с осевыми выводами (в качестве элементной базы) вводится комплектование их по программе, которое осуществляется также на оборудовании с ЧПУ - сиквенсере. Для электронных узлов, выполненных на ИМС с планарными

выводами, кроме их установки можно осуществить припайку выводов ИМС к проводникам платы на оборудовании с ЧПУ.

Типовой технологический процесс сборки узлов второго вида включает основные операции: изготовление проводов для монтажа накруткой; установка разъемов и распайка их контактов; очистка узла от флюса; контроль качества пайки; монтаж накруткой; контроль монтажа накруткой.

Операция, которая выполняется на оборудовании с ЧПУ, — монтаж накруткой (часть этой операции, т.е. поиск штыря, на который накручивается соединительный провод).

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ УЗЛОВ ЭВА

Требования технологичности, предъявляемые к конструкциям узлов ЭВА, даются в соответствующих ОСТах и ТУ (например, ОСТ 4.ГО.05 206). Выделим из них те, которые предъявляет автоматическая сборка, выполняемая на оборудовании с ЧПУ. Эти требования предъявляют к узлам в целом и к их компонентам, и направлены на "приспособление" последних к сборочному оборудованию с ЧПУ. Это позволяет увеличить эффективность оборудования (коэффициент загрузки, производительность) и упрощает его программирование.

Требования технологичности, предъявляемые к электронным узлам первого вида, сводятся к ограничениям, накладываемым на печатные основания; типы и типоразмеры ИЭТ, расположение последних на плате; к регулировке и контролю. форма платы — прямоугольная (максимальные размеры 360x240 мм); расположение проводников — параллельно сторонам платы. Ограничивают шаг координатной сетки; точность расположения, размеры базовых и монтажных отверстий; размеры контактных площадок; типы и типоразмеры ЭРЭ с осевыми выводами; транзисторы, конденсаторы, ИМС и перемычки. Определяют зону установки ИЭТ: по краям платы в 2,5 мм выделяют свободную зону и оставляют свободной зону вокруг каждого устанавливаемого ИЭТ (в плане). Ось симметрии корпуса ИЭТ располагают параллельно одной из сторон платы, а палярные ИЭТ — однонаправленно. Регулировка собранного узла должна обеспечиваться только элементами узла, контроль — через коммутационные элементы на автоматизированной контрольной аппаратуре, которые должны позволять простое подключение к последней.

Требования технологичности к конструкциям узлов второго вида сводятся к обеспечению: заданного переходного сопротивления электрического контакта; усилия стягивания провода со штыря; количества витков в соединении; количества соединений на штыре; к соединительному проводу и штырям.

Переходное сопротивление контакта зависит от величины тока и не превышает $(1...2) \cdot 10^{-3}$ Ом; количество витков в соединении (5...8) — от диаметра жилы; усилие стягивания провода — от диаметра жилы и должно быть не менее, чем 1,5...3,5 кг.

Штыри для накрутки квадратного или прямоугольного сечения изготавливают из БрБ2 или БрКМЦ с поверхностной твердостью НВ 100...160 единиц и непараллельностью граней по всей длине не более, чем 0,06 мм.

Провод, используемый при накрутке, — медный луженый или посеребренный одножильный, например, ПМВ, МШВ, МПДЛ, МНВ сечением 0,05...0,2 мм². Минимальная длина штыря зависит от диаметра провода, числа витков в соединении, количества соединений и типа соединения. Расчет минимальной длины штыря приведен в табл. I.

Таблица I

Число накруток	Вид соединения накруткой	Минимальная длина штыря	
		При соединении накруткой	При бандажном соединении
1	Немодифицированное	$L_1 = (n+1)\phi_{ж} + 3S_1 + 3\Phi + S_2$	$L_{B1} = L_1 + 2B$
	Модифицированное	$L_{M1} = L_1 + D_{ш}$	—
2	Немодифицированное	$L_2 = L_1 + (n+1)\phi_{ж} + 3S_1 + S_2$	$L_{S2} = L_2 + 2B$
	Модифицированное	$L_{M2} = L_2 + 4D_{ш}$	—
3	Немодифицированное	$L_3 = L_2 + 4D_{ш}$	—
	Модифицированное	$L_{M3} = L_3 + 6D_{ш}$	—

Здесь L_1, L_2, L_3 — минимальные длины штыря при немодифи-

цированном соединении накруткой; L_m, L_{m_2}, L_{m_3} - минимальные длины штыря при модифицированном соединении накруткой; L_{B_1}, L_{B_2} - минимальные длины штыря при бандажном соединении; n - число витков в одном соединении; ϕ_m - диаметр жилы накручиваемого провода; S_1 - расстояние между витками одного уровня; S_2 - расстояние от корпуса разъема до первого витка накрутки; B - диаметр провода, подлежащего бандажированию; D_{m_2} - диаметр провода с изоляцией.

ОПЕРАЦИИ СБОРКИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ

Монтаж (установка) ИЭТ на плату, выполняемый на оборудовании с ЧПУ, осуществляется двумя вариантами: позиционным и поточным. Первый вариант заключается в том, что на плату последовательно устанавливают различные ИЭТ одной укладочной головкой, при этом перед установкой очередного компонента плата перемещается автоматически по двум координатам столом с ЧПУ в новое положение относительно оси. В автомате может быть две головки, но установка осуществляется аналогично. Требуемую последовательность поступления компонентов обеспечивает автоматическое загрузочное устройство: ЭРЭ вырезают из ленты, в которой они вклеены в заданной последовательности, а ИМС поступают из соответствующей кассеты магазина по команде системы управления. Для ЭРЭ требуется дополнительная операция - программное комплектование, т.е. вклеивание ЭРЭ в заданной последовательности в ленту. Формовка выводов ЭРЭ осуществляется при их установке гибочными пуансонами той же укладочной головки и поэтому дополнительной операции не требует. Закрепление ЭРЭ на плате выполняет тот же укладочный полуавтомат нижними подгибочными головками. Вырезка ЭРЭ из ленты, формовка выводов, затапливание выводов ЭРЭ в монтажные отверстия платы и подгибка выводов на обратной стороне платы составляют цикл работы укладочного полуавтомата, т.е. одну операцию монтажа ЭРЭ. При установке ИМС укладочная головка формовки их выводов не производит, поэтому здесь нужна дополнительная операция формовки (или "расчесывание") выводов.

Поточный вариант монтажа заключается в том, что для сборки одного узла применяют несколько десятков по существу одинаковых автоматических укладочных головок (их количество соответствует количеству компонентов, устанавливаемых на плату плюс устройства

для контроля и вспомогательных операций). Каждая головка устанавливает только один компонент, причем его положение определяют соответствующей настройкой (установкой) головки, а не двухкоординатным перемещением платы, как в позиционном варианте. Для удобства одновременной работы головки разнесены вдоль конвейера, работающего дискретно с "жестким" тактом. Таким образом, за один такт работы линии собирается целый узел. Компонент в зону укладочной головки поступает из кассеты магазина или из ленты, но в любом случае загрузка однопредметная, в отличие от многопредметной в поточном варианте.

Выбор варианта зависит от нескольких факторов, в том числе от величины партии выпуска собираемых узлов (серийность производства), от сложности узлов (количество ИЭТ, их типы, типоразмеры, расположения на плате), степени отработки узла на технологичность, затрат на покупку и эксплуатацию оборудования и других факторов. Позиционный вариант отличается большей "гибкостью" - способностью к быстрой переналадке при сборке новой конструкции узла, так как при последней заменяют лишь управляющую программу на полуавтомате укладки и автомате программной комплектации, что при управлении от ЭВМ осуществляется автоматически. При поточном варианте требуется точная ручная перестановка большого количества головок, связанная с большими затратами времени и высококвалифицированным трудом. Затраты на приобретение оборудования и его эксплуатацию выше при поточном варианте. Производительность позиционной сборки (при работе на одном полуавтомате) меньше поточной примерно на порядок. Позиционная сборка более чувствительна к уровню технологичности собираемого узла (для повышения ее эффективности все приведенные требования необходимо соблюдать, чтобы сократить дополнительные ручные операции). Поточный вариант менее чувствителен к уровню технологичности, что позволяет устанавливать любые компоненты, включая коммутационные узлы. Этот вариант целесообразно применять при крупносерийном и массовом производстве, а позиционный - в серийном. Поточная сборка электронных узлов на линиях с управлением от ЧПУ или ЭВМ в отечественном производстве пока распространения не получила.

Оборудование для позиционного монтажа ИЭТ на плату с управлением от ЧПУ или ЭВМ. Все машины с ЧПУ или ЭВМ позиционного принципа действия имеют: перемещающийся по программе координатный стол, на котором закреплена плата (или платы), укладочную головку

(или две головки); автоматическое загрузочное устройство для дискретного сматывания сиквенсированной ленты с клееными ЭРЭ или магазином с кассетами. Укладочная головка при загрузке ЭРЭ из ленты имеет дополнительно к гибочным и затапливающим пуансонам вырезные пуансоны. Нижняя головка (рис. 1) осуществляет подгибку выводов и обеспечивает закрепление ЭРЭ на плате. При загрузке из магазина поиск нужной кассеты и доставка нужного ЭРЭ или ИМС к месту установки выполняется загрузочным устройством автоматически по программе. Установка и закрепление ИЭТ на плате выполняются аналогично. Основные технические характеристики укладочных машин с ЧПУ или ЭВМ, применяемых для установки ЭРЭ на плату и их предварительного программного комплектования, приведены в табл. 2.

ГТМ I. I49.002, КИ36.03 и "Universal 6288" - двухпозиционные укладочные машины, применяемые для установки ЭРЭ с осевыми выводами и автоматической загрузкой из сиквенсированной ленты; ЭРЭ клеены в заданной последовательности на подготовительной операции программного комплектования. КИ 34.01 - автомат аналогичного назначения, однопозиционный.

Автомат ГТМ I. I49.007 предназначен для установки керамических конденсаторов на плату с автоматической загрузкой их из сиквенсированной ленты. Для программного комплектования ЭРЭ с осевыми выводами применяют сиквенсеры мод. ГТМ I. I39.001 (загрузка из лент) и ГТМ I. I39.002 (загрузка из кассет магазина), а для программного комплектования керамических конденсаторов - ГТМ 2. 249.015 (загрузка из кассет).

Для установки ИМС со штырьковыми выводами применяют автоматы мод. ГТМ I. I49.005; КИ16.71 и "Universal 6785" с автоматической подачей ИМС из кассет магазина. В кассеты ИМС укладывают автоматически или вручную ИМС в ориентированном виде с предварительно подготовленными выводами (отрихтованные, отогнутые на заданный угол, облуженные, обрезанные в размер). Для установки ИМС с планарными выводами применяют автоматы ГТМ I. I49.004 и АРИМ, которые также осуществляют пайку выводов ИМС к проводникам платы. Выбор необходимой ИМС и подача ее к месту установки и пайки осуществляется автоматически магазинным устройством. ИМС в кассеты магазина загружают автоматически или вручную в ориентированном виде ИМС с предварительно подготовленными выводами (отрихтованные, обрезанные в размер, облуженные, с непрессованным на выводы

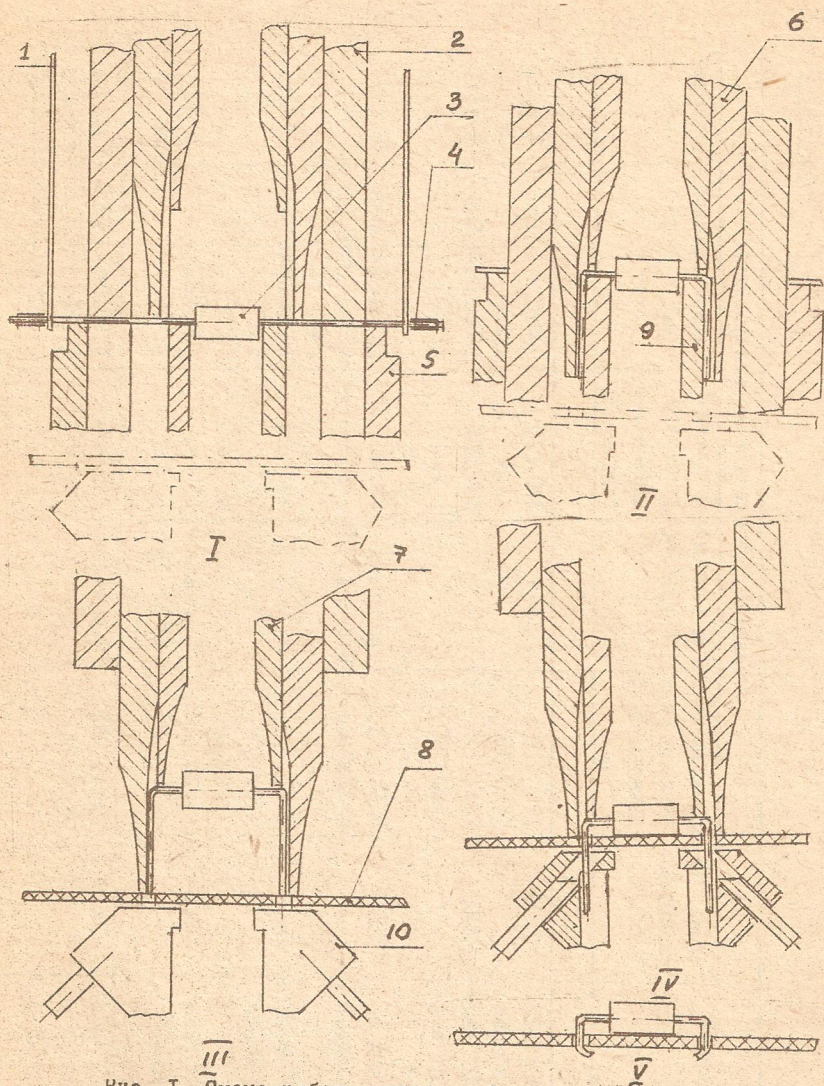


Рис. 1. Схема работы укладочной головки: I - колесо периодической подачи ленты с ЭРЭ; 2 - пуансон обрезки выводов ЭРЭ; 3 - ЭРЭ, вклеенное в ленту; 4 - лента; 5 - матрица обрезки; 6 - пуансон гибки; 7 - толкатель устройства досылки ЭРЭ; 8 - плата; 9 - матрица гибки; 10 - нижняя подгибочная головка. Последовательность работы головки: I - вырезка ЭРЭ; II - гибка выводов ЭРЭ; III - заталкивание выводов ЭРЭ в монтажные отверстия платы; IV - подрезка и подгибка выводов ЭРЭ снизу; V - ЭРЭ установлен

№ п/п	Тип управляющей машины	Производительность, ЗРЭ/ч	Основные технические характеристики				Напряжение, В/потребляемая мощность, кВт	Габариты, мм	Масса, кг	Примечание
			Установочные размеры (или размеры III), мм	Тип системы ЧПУ или ЭВМ	Тип системы ЧПУ или ЭВМ	Тип системы ЧПУ или ЭВМ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	ГТМ.149.002 (ЭРЭ с осев. выводами)	7500	10...27,5 (370x370)	ЦПУ-7	380/220	520x504	160	2 поз.		
2	ГТМ.149.007 (для керамических конденсаторов)	2000	7,5...15 (360x360)	-	1,5 380/220 1,0	x1280 1600x1200 x1680	500	1 поз.		
3	КП 36.03 (ЭРЭ с осевыми выводами)	7200	7,5...31,5 (410x410)	процессор СОО-1 М6100	380/220 1,0	1650x1600 x1550 (без ЭВМ)	1000	2 поз.		
4	КП 34.01 (ЭРЭ с осевыми выводами)	3600	0,6...10 (410x410 (360x360))	КП 34.53	380/220	1600x1200 x1550	900	1 поз.		
5	"Univerzal 6288" (ЭРЭ с осевыми выводами)	7200	7,62...33,02 (450x450)	"Миникомв SPC - 12"	115 в, 60 Гц	1880x1150 x1550	-	1 поз. (при 2 поз. Q = 12000)		
6	ГТМ.139.001-синк-бенсор для ЭРЭ с осевыми выводами	15000	Длина ЭРЭ 40, 50, 60	ЭВМ М6100	380/220 1,5	4150x940 x1880	1900	Кол. входн. катушек 19,39,59		

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9
7	ГТМ1.139.002-стик- венсер для ЭРЭ из кассет	5000... 12000	Шаг вкл. 5, 10	-	380/220	-	-	30 кассет x(100...200)шт
8	ГТМ2.249.015-стик- венсер для вклеив. керам. конденсато- ров из кассет	4000	-	-	380/220 1,5	4000x900 x1500	700	

припоем). Паяльник укладочной головки осуществляет групповую пайку выводов ИМС. Основные технические характеристики автоматов для укладки и пайки ИМС приведены в табл. 3. Эти автоматы выполнены как однопозиционные, т.е. имеют по одной укладочной головке.

Требования к расположению ЭРЭ с осевыми выводами в сиквенсированной ленте поясняются на рис. 2.

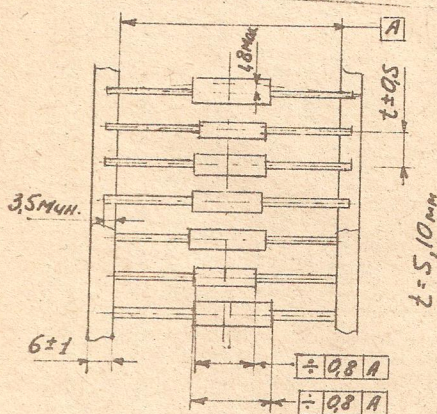


Рис. 2. Требования к вклеиванию ЭРЭ в ленту

Установку платы, на которую монтируют ИЭТ, осуществляют на станках позиционной сборки подплатником (рис. 3).

Операция монтажа накруткой. Из всех методов непаянных соединений проводников при сборке ячеек, блоков, рам, стоек наиболее широкое распространение получил метод монтажа накруткой вследствие большой надежности соединений, работающих в различных климатических условиях, и возможности автоматизации его исполнения. Связь для передачи электрических сигналов образуется навивкой неизолированных концов соединительного провода с определенным усилием на остроугольные штыри, расположенные в определенных точках координатной сетки (разъемов). Большое давление ($\sim 10\ 500$ кг/см²), возникающее под проводом на штыре, отслаивает окислы с поверхности и получается чистый контакт металла с металлом. После выполнения накрутки давление стабилизируется на уровне 1750 кг/см², что обеспечивает достаточное электрическое соединение, газоплотное, не подверженное коррозии в точках контакта и при этом имеющее высокую механическую стабильность.

Основные технические характеристики

№ п/п	Тип укладочной машины	Основные технические характеристики							Примечание
		Производительность ИМС/ч (цикл установки новки, с)	Рабочая зона, мм (мех. гв-бурты III шт)	Код. кассет в накопитель, шт	Код. ИМС в кассете, шт.	Потребляемая мощность, кВт	Габариты, мм	Масса, кг	
1	ГТМ.149.005 (для ИМС со штырьковыми выводами)	5400 (0,6)	(500x500)	30	30	0,6	1400x750x1300	250	0
2	КШ 16.71 (для ИМС со штырьковыми выводами)	3500	450x450	16	Емк. барабана 960	1,1	4300x1505x1985	880	ЭВМ М6100
3	Штырьковые ИМС с 6785" (для ИМС со штырьковыми выводами)	4600	305x457	12	Емк. магн. зина 400	115 В, 60 Гц, 15 А	1625x1575x1425	365	ЭВМ SPC-12 8 К байт
4	ГТМ.149.004 (для ИМС с планарными выводами)	600	250x250	18	30	380/220	1400x750x1250	500	лембля РДР-0,5 контрол. с ЧПУ 8 дор. перфол. ЧПУ 8 дор. перфол.
5	АРМ (для ИМС с планарными выводами)	400	250x250	30	50	0,75	-	-	-

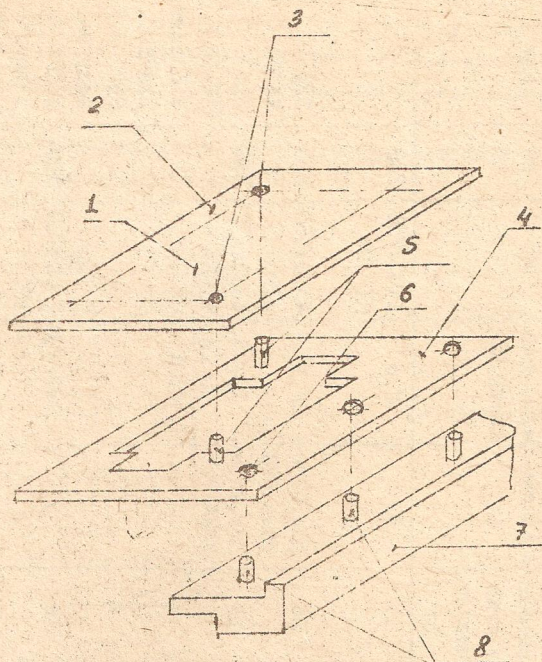


Рис. 3. Принцип базирования платы на столе сборочного станка

Различают следующие виды соединений накруткой: немодифицированное, модифицированное и бандажное. Первый вид соединений применяют при большой плотности монтажа, малом расстоянии между штырями и большом сечении монтажного провода; второй - в изделиях, подверженных большим механическим нагрузкам; третий - для присоединения к штырь шин кабелей и жгутов.

Расчет длины снятия изоляции. Длина снятия изоляции зависит от количества витков одного соединения (уровня), диаметра монтажного провода и рассчитывается по формуле

$$L_{\text{из}} = [2(\alpha + \phi) + 2(\beta + \phi)] \pi n \text{ мм,}$$

где $L_{\text{из}}$ - необходимая длина снятия изоляции; α и β - размеры сторон штыря; n - число витков в соединении; ϕ - диаметр монтажного провода. В табл. 4 приведены данные длины снятия изоляции для применяемых на практике монтажных проводов (ПМР, МШВ, МЛДЛ, МНВ).

Таблица 4

Номинальное сечение жилы, мм ²	Размеры вывода (а×в), мм	Диаметр жилы провода (φ), мм	Требуемая длина снятия изоляции (L _и), мм
0,05	0,6 х 0,6	0,26	28
0,07	0,6 х 0,6	0,3	22
0,1	0,6 х 0,6	0,37	20
0,05	0,8 х 0,8	0,26	34
0,07	0,8 х 0,8	0,3	31
0,1	0,8 х 0,8	0,37	28

Оборудование. С точки зрения автоматизации операции различают ручное, полуавтоматическое и автоматическое выполнение монтажа накрутки. Автоматический монтаж в отечественной практике сборки ЭА не получил еще применения, поэтому подробнее рассмотрим полуавтоматический. В СССР разработаны и успешно эксплуатируются несколько моделей полуавтоматов (координаторов) для ведения монтажа накруткой (табл. 5). Их условно можно разделить на две группы: с косвенным (световым) указанием штыря и с установкой над искомым штырем гнезда под накрутчик. В полуавтомате МПА-1 по одной координате (по X) перемещается каретка, а вторая координата штыря указывается лампочкой. В полуавтоматах МПА-2, УВМН и АА-53 гнездо под накрутчик, перемещаясь одновременно по двум координатам X и Y (по команде от системы ЧПУ или ЭЕМ), останавливается над искомым штырем. Одновременно с указанием или позиционированием над штырем во всех полуавтоматах высвечивается ящик магазина с требуемым монтажным проводом. Заправка провода в пистолет-накрутчик, его установка на штырь с определением уровня накрутки выполняет оператор, который также устанавливает, закрепляет и снимает изделие.

Таблица 5

№ п/п	Название технической характеристики	Модели координаторов			
		УВМН	МПА-1	МПА-2	АА-53
1	2	3	4	5	6
1	Размеры монтируемых блоков, плат не более, мм	500х 400	Все па- чели	500х 280	360х 360

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6
2	Шаг координатной сетки, мм	2,5	1,25	1,25	2,5
3	Рабочий ход по оси X, мм	500	450	480	360
4	Рабочий ход по оси Y, мм	400	-	260	360
5	Дискретность перемещения, мм	0,25	1,25	0,5	0,05
6	Точность позиционирования, мм	-	±2,0	±0,1	±0,05
7	Допускаемые отклонения в установке штырей, мм	-	±0,4	±0,5	-
8	Средняя скорость перемещения гнезда, мм/с	100/30	60	160	-
9	Поиск уровня накрутки	автомат.	-	авто-	авто-
10	Число ячеек в магазине проводов, шт.	40	70	70	48
11	Наибольшая производительность накр/ч	300	-	400	-
12	Потребляемая мощность, кВт	1,5	0,5	-	-
13	Габарит установки, мм: длина x ширина	3 м ²	2000x 650	-	-
	высота		1370	-	-
14	Масса установки, кг	500	-	-	-

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТОВАНИЯ
И УСТАНОВКИ ИЭТ НА ПЛАТУ**

Особенности подготовки операции вклеивания и переклеивания
ЭРЭ с осевыми выводами для последующей их автоматической
установки на плату на позиционном оборудовании

Анализ чертежа собираемого электронного узла выявляет номенклатуру ЭРЭ, подлежащую автоматической установке на плату. Эти ЭРЭ должны удовлетворять требованиям ГОСТа Г9591-74 и иметь цветную маркировку.

Установку и закрепление ЭРЭ с осевыми выводами на плате осуществляют по ОСТу 4.ГО.ОЮ.030, вариант Ia.

Для настройки автоматов вклеивания ЭРЭ в липкую ленту или переклеивания по программе необходимо знать размер $L_{вн}$ (расстояние между внутренними сторонами лент), а для автоматов установки-

- размер L_3 (длина заготовки элемента), которые рассчитывают по формулам (рис. 4)

$$L_3 = L_y + 2B_n - d_6,$$

где L_y - межцентровое расстояние (установочный размер ЭРЭ);
 d_6 - диаметр выводов ЭРЭ, мм; B_n - ширина ($B_n = 7,5$ мм) пуансонов вырубki и формовки ЭРЭ, мм;

$$L_{6n} = L_3 + 2(B_m + 2B_3 + B_p),$$

B_m - ширина ($B_m = 2$ мм) матрицы вырубki, мм; B_3 - минимальный зазор ($B_3 = 0,5$ мм) между матрицей и подающим колесом, а также между подающим колесом и внутренним краем ленты, мм;

B_p - ширина ($B_p = 0,8$ мм) подающего колеса, мм.

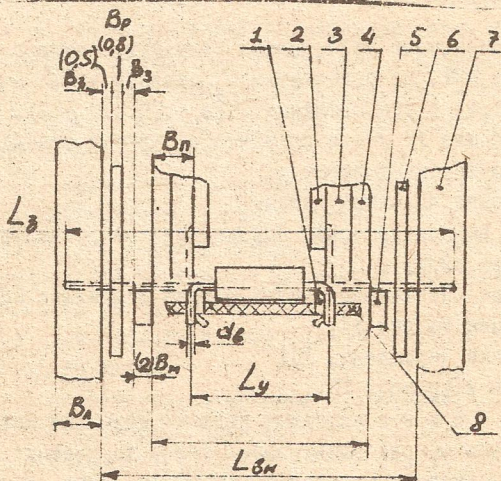


Рис. 4. Расчетная схема установки ЭРЭ на плату: 1 - матрица гибки; 2 - толкатель устройства досылки ЭРЭ; 3 - пуансон гибки выводов ЭРЭ; 4 - пуансон обрезки выводов ЭРЭ; 5 - матрица обрезки; 6 - колесо периодической подачи ленты с ЭРЭ; 7 - лента; 8 - плата

Длина заготовки L_3

$$L_3 = L_{6n} + 2B_n,$$

B_n - ширина липкой ленты, мм; L_{6n} - расстояние между внутренними краями ленты (см. выше) увеличивают до ближайшего рекомендуемого значения: для класса А - 40 мм; В - 50 мм, С - 60 мм.

Разработка управляющей программы
для сборочных позиционных автоматов
по установке ЭРЭ и ИМС на ПП

Разработку управляющей программы (УП) для сборочного оборудования выполняют по данным о собираемом узле, его элементной базе (ИЭТ), т.е. о расположении ИЭТ, информации о типе и конструктивных особенностях оборудования и его системы ЧПУ или управляющей мини-ЭВМ. Основы программирования оборудования с ЧПУ достаточно подробно изложены в литературе [1, 2, 3]. Рассмотрим особенности программирования оборудования для установки ЭРЭ и ИМС на плату.

Чертеж собираемого узла должен включать данные о координатах устанавливаемых ИЭТ, их ориентации и привязке к базовым отверстиям в соответствии с требованиями ОСТА 4.ГО.ОЮ.-ОП.

При разработке УП можно выделить следующие этапы:

- подготовка исходных данных;
- корректировка исходных данных;
- выработка технологических ограничений на последовательность установки ИЭТ на плату;
- определение оптимального пути обхода и монтажа ИЭТ;
- формирование кадров УП;
- изготовление перфоленты УП;
- контроль и коррекция УП.

Подготовка исходных данных. Исходные документы при разработке УП для сборки электронных узлов на платах: задание на разработку УП с указанием обозначения платы, типа сборочного оборудования, спецификации ИЭТ, их количества, способа поставки; чертеж печатной платы с указанием координат расположения ИЭТ, их ориентации и привязки к базовым отверстиям платы.

При сборке узлов на проводных платах в качестве исходных документов кроме задания на разработку УП, содержащую номер платы, ее чертеж, используют таблицу соединений, сформулированную в соответствии с ГОСТом 2.413-72, и тип оборудования для разводки проводов.

При автоматизированной разработке УП на ЭВМ серии ЕС используют описание математического обеспечения дисковой операционной системы. Исходную информацию вводят на перфокартах (ГОСТ 6198-75) или 5...8 мм дорожковой перфоленте (ГОСТ 10860-68).

Корректировку исходных данных выполняют добавлением, исклю-

чением или заменой информации. Причем данные, которые подвергаются корректировке, записывают на магнитный диск, а информацию преобразования - на перфоленту или перфокарту.

Технологические ограничения при автоматической сборке на расположение и последовательность установки формируют на основе анализа "свободных зон" для каждого элемента и минимального суммарного времени на их размещение.

При изготовлении проводных монтажных плат технологические ограничения направлены на размещение проводов, на определение допустимых расстояний между соседними проводниками и очередность размещения проводников на каждом месте их пересечения.

При определении последовательности монтажа ИЭТ или размещении проводов на плате выполняют оптимизацию одним из известных методов ("ближайший сосед", метод "ветвей и граней" и др.). Причем в качестве критерия оптимизации используют минимум времени монтажа ИЭТ на плату, минимум времени размещения проводов или минимум длины холостых ходов.

Расчет УП осуществляют на основе найденного оптимального пути и последовательности обхода и монтажа ИЭТ.

Кодирование управляющей информации и структура кадра. Управляющая информация для систем ЧПУ сборочного оборудования вводится кадрами в кодах согласно ГОСТу 13052-74.

Кадр программы содержит следующие основные и вспомогательные команды:

номер кадра	- 4 строки;
вспомогательная функция	- 3 строки;
признак ориентации ИЭТ	- 3 строки;
перемещение по оси X	- 5 строк;
перемещение по оси Y	- 5 строк;
конец кадра	- 1 строка.

Любые из указанных функций в конкретном кадре могут отсутствовать, причем каждая записываемая функция представлена признаком и содержанием (нули перед значащими цифрами в числовой информации опускают).

Наиболее перспективный и универсальный из применяемых кодов - код ИСО, для которого ниже приводится таблица с записью основных символов и цифр.

Контроль УП, записанной на перфоленте, осуществляют методом проверки на четность или по контрольной сумме, а также визуально сравнением УП с ее распечаткой и расчетной таблицей.

Примеры распечаток УП для различных сборочных автоматов приведены в приложении.

Отладку УП проводят при монтаже ИЭТ на контрольной плате (тест-плате), по которой судят о правильности размещения ИЭТ и качестве закрепления.

Запись символов и цифр в коде ИСО приведена в табл. 6.

В правом вертикальном столбце указаны коды сборочных автоматов: 1 - автомат для раскладки и пайки ИМС с планарными выводами; 2 - автомат для установки конденсаторов; 3 - автомат для установки перемычек и ЭРЭ с двумя осевыми выводами.

Таблица 6

Наименование символов	Символ	Коды символов								В каком автомате используется	
		8	7	6	5	4	3	2	1		
I	2	3								4	
Единица (1)	1	x		x	x					x	1, 2, 3
Два (2)	2	x		x	x				x		1, 2, 3
Три (3)	3			x	x				x	x	1, 2, 3
Четыре (4)	4	x		x	x			x			1, 2, 3
Пять (5)	5			x	x			x		x	1, 2, 3
Шесть (6)	6			x	x			x	x		1, 2, 3
Семь (7)	7	x		x	x			x	x	x	1, 2, 3
Восемь (8)	8	x		x	x	x					1, 2, 3
Девять (9)	9			x	x	x				x	1, 2, 3
Ноль (0)	0			x	x						1, 2, 3
Перемещение по оси X	X	x	x		x	x					1, 2, 3
Перемещение по оси Y	Y		x		x	x				x	1, 2, 3
Перемещение по оси Z	Z		x		x	x			x		2, 3
Поворот стола	S	x	x						x	x	2, 3
Опускание манипулятора	M		x			x	x			x	2
Выбор кармана магазина	V		x		x		x			x	2, 3
Признак ориентации	H		x			x					1, 2
Знак движения "+"	+			x		x			x	x	1, 2, 3
Знак движения "-"	-			x		x	x			x	1, 2, 3
Начало программы	S		x						x	x	1, 2
Конец программы	F	x	x					x	x		1, 2
Начало текста	HT<	x							x		3
Конец текста	KT>								x	x	3

I	2	3							4
Конец подпрограммы	КП	x				x			3
Номер кадра			x			x	x	x	3
Пробел	F0	x	x						I
Забой	36	x	x	x	x	x	x	x	I, 2, 3
Конец кадра (перевод строки)	ПС					x		x	
Вспомогательные функции	F3	x		x				x	3
	F4			x			x		
	%	x		x			x	x	3
	F6	x		x			x	x	
	F7			x			x	x	3

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ СОЕДИНЕНИЯ НАКРУТКОЙ

Кодирование управляющей информации

для ведения монтажа накруткой

при автоматическом управлении координатором

Всю необходимую информацию для ведения монтажа накруткой для конкретного собираемого узла (с учетом координат соединяемых штырей) рассчитывают, кодируют и записывают на стандартную 8-дюймовую бумажную перфоленту. Кодирование управляющей информации выполняют в соответствии с ГОСТом 13052-74 и инструкциями по программированию на координаторы. Формы, габариты и расположение перфорированных отверстий должны отвечать требованиям ГОСТа Ю868-68. Так, для полуавтомата ММА-1 информация, необходимую для выполнения одной связи между двумя штырями, записывают одним кадром, который имеет одну вспомогательную (нулевую) и 13 информационных строк (рис. 5). Нулевая строка - разделительная между двумя соседними кадрами и означает "НАЧАЛО КАДРА". Кадр условно можно разделить на два полукадра: в первом (1...6 строки) содержится информацию, необходимую для накрутки первого конца соединительного провода (на 1-й штырь), во втором (7...13 строки) - команды для накрутки второго конца провода (на 2-й штырь). Все сведения об изделии (например, номера разъема, провода, штыря) представлены в программе в виде чисел в двоично-десятичном коде,

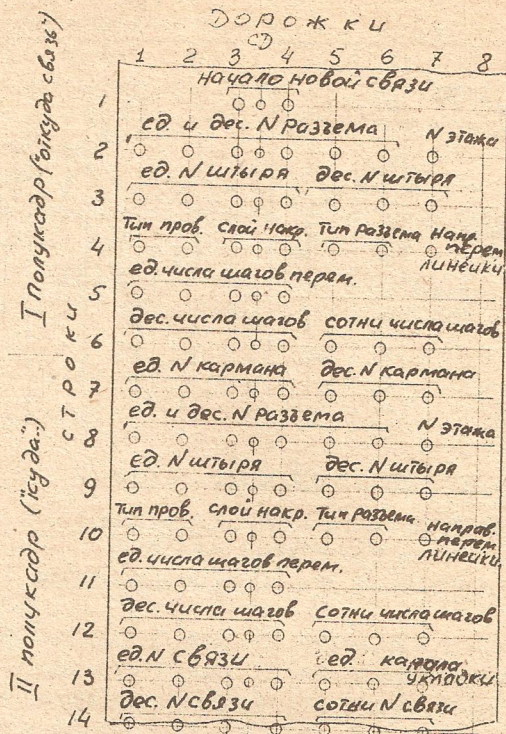


Рис. 5. Размещение команд управляющей программы для МПА-I в кадре

причем их младшие разряды расположены на первых дорожках, а старшие - на последующих. Ниже приведены состав кадра и размещение в нем управляющей информации:

- 2-я строка - 1...4-я дорожки - единицы номера разъема;
- 5...6-я дорожки - десятки номера разъема;
- 7-я дорожка - номер этажа (уровня) накрутки;
- 3-я строка - 1...4-я дорожки - единицы номера штыря в разъеме;
- 5...7-я дорожки - десятки номера штыря в разъеме;
- 4-я строка - 1-я и 2-я дорожки - тип провода (0 - одиночный, 1 - сигнальный в бифиларе, 2 - земляной в бифиларе);
- 3-я и 4-я дорожки - слой (виток) накрутки (0 -

- первый слой, I - второй слой, 3 - третий слой);

4-я строка-5-я и 6-я дорожки - тип разъема (0 - обычный, I - земляной, 2 - наборный);

- 7-я дорожка - направление перемещения линейки координатора [0 - вправо (увеличение координаты), I - влево];

5-я строка - I...4-я дорожки - единицы числа шагов перемещения линейки (I шаг = I,25 мм);

6-я строка - I...4-я дорожки - десятки числа шагов перемещения линейки;

- 5...7-я дорожки - сотни числа шагов перемещения линейки;

7-я строка - I...4-я дорожки - единицы номера провода в магазине проводов (0 - провод № I, I - провода № 2 и т.д.);

- 5...7-я дорожки - десятки номера провода в магазине.

Во втором полукadre (строки 7...II) информация аналогична строкам I...5 первого полукadre, но дана для соединения на втором конце монтажного провода. Далее записывают следующую информацию:

I3-я строка - 5...7-я дорожки - номер канала укладки провода [I - первый (нижний), 2 - второй и так до 5];

I3-я строка - I...4-я дорожки - единицы номера выполняемого соединения;

I4-я строка - I...4-я дорожки - десятки номера выполняемой связи;

- 5...7-я дорожки - сотни номера выполняемой связи.

В полуавтомате МПА-2 гнездо под пистолет-накрутчик совершает сложное движение, состоящее из движения по вертикали каретки, на которой оно закреплено, и движения траверсы-линейки с кареткой по горизонтали. Размещение информации в первом кадре управляющей программы (рис. 6) следующее:

I-я строка - служебная - несет информацию о начале связи НС (НСI - простая связь, код 01010000; НС2 - оптический кабель информационным проводом, код 10100011; НС3 - оптический кабель земляной простая, код 00110000);

2-я строка - I...4-я дорожки - единицы перемещения по X;

- 5 и 6-я дорожки - направление перемещения по X

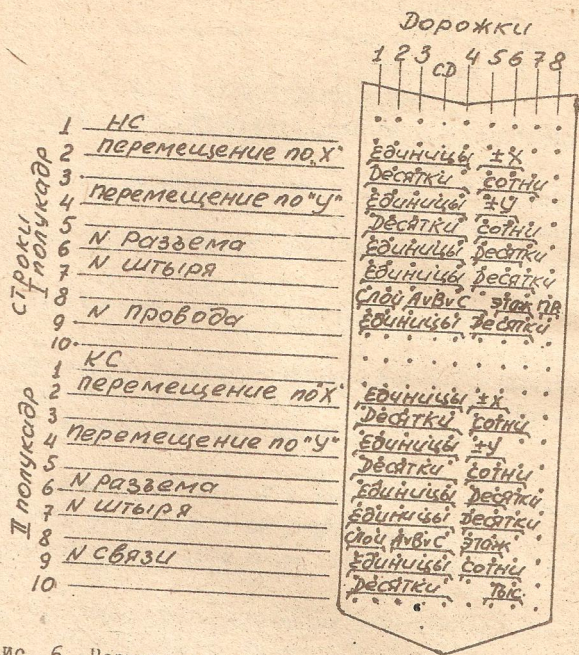


Рис. 6. Размещение команд управляющей программы для МПА-2 в кадре

- (при коде ОI "←", при коде IO "→");
- 3-я строка - 1...4-я дорожки - десятки перемещения по X;
 - 5...7-я дорожки - сотни перемещения по X;
 - 4-я строка - 1...4-я дорожки - единицы перемещения по Y;
 - 5 и 6-я дорожки - направление перемещения по Y
- (при коде IO "↑", при коде ОI "↓");
- 5-я строка - 1...4-я дорожки - десятки перемещения по Y;
 - 5...7-я дорожки - сотни перемещения по Y;
 - 6-я строка - 1...4-я дорожки - единицы номера разъема;
 - 5 и 6-я дорожки - десятки номера разъема;
 - 7-я строка - 1...4-я дорожки - единицы номера штыря;
 - 5...7-я дорожки - десятки номера штыря;
 - 8-я строка - 1 и 2-я дорожки - слой (этаж) накрутки (код IO - первый слой; код ОI - второй слой);
 - 3 и 4-я дорожки - обозначение части разъема
- (код 00 - накрутка идет на часть разъема, обозначенного буквой С;

код Ю - на часть разъема, обозначенную буквой В; код ОI - на часть, обозначенную буквой А);

- 5 и 6-я дорожки - адрес этажа накрутки (код 00 - этаж I, код ОI - этаж 2, код Ю - этаж 3).

Задание бифилярной связи записывается четырьмя кадрами. Второй кадр аналогичен первому, но содержит данные для выполнения связи вторым концом провода.

В конце кадра указывают признак "КОНЕЦ СВЯЗИ" (КС): для простой связи КС1 - ЮЮЮЮЮ; для бифилярной информационной связи КС2 - ЮЮЮЮЮЮ; для бифилярной связи "ЗЕМЛЯ" КС3 - ЮЮЮЮЮЮЮ.

Запись управляющей информации для полуавтомата УВМН и последовательность ее размещения в кадре соответствует табл. 7.

Таблица 7

№ п/п	Наименование управляющей информации	Символы	Количество строк, байт
1	Адрес номера соединения	№	1
2	Цифровое значение номера соединения	0...9	4
3	Адрес номера ячейки магазина проводов	Т	1
4	Цифровое значение номера ячейки магазина	0...9	2
5	Адрес координаты X I-го штыря	X	1
6	Цифровое значение координаты X I-го штыря	0...9	4
7	Адрес координаты Y I-го штыря	У	1
8	Цифровое значение координаты Y I-го штыря	0...9	4
9	Адрес номера I-го штыря	К	1
10	Цифровое значение номера I-го штыря	0...9	4
11	Адрес уровня накрутки на I-м штыре	У	1
12	Цифровое значение уровня накрутки на I-м штыре	0...9	1
13	Адрес координаты X 2-го штыря	X	1
14	Цифровое значение координаты X 2-го штыря	0...9	4
15	адрес координаты Y 2-го штыря	У	1
16	Цифровое значение координаты Y 2-го штыря	0...9	4
17	Адрес номера 2-го штыря	К	1
18	Цифровое значение номера 2-го штыря	0...9	4
19	Адрес уровня накрутки на 2-м штыре	У	1
20	Цифровое значение уровня накрутки на 2-м штыре	0...9	1

Конец программы обозначается символом КП, конец перфоленты - символом КН, а начало перфоленты - символом К.

Пример I. Разработка управляющей программы для установки ЭРЭ на плату (рис. 7) на полуавтомате КП34.01 с управлением от мини-ЭВМ "СОУ-1".

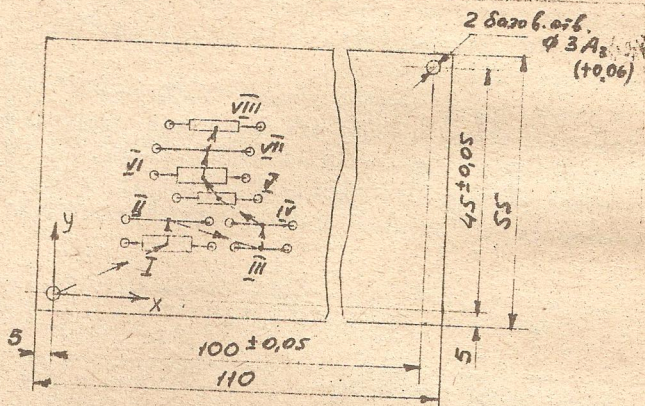


Рис. 7. Расчетная схема последовательности установки ЭРЭ на плату
Необходимые для расчета программы сведения о собираемом модуле приведены в табл. 8.

Таблица 8

№ п/п	Тип ЭРЭ и обозначение по чертежу	Координаты центра ЭРЭ, мм		L_y , мм	d_b , мм	d_k , мм	L_k , мм
		X	Y				
1	МЛТ-05 I	20	10	17,5	0,8	4,2	10,8
2	Перемычка II	20	15	17,5	0,64	-	-
3	Перемычка III	40	10	10,0	0,64	-	-
4	Перемычка IV	40	15	12,5	0,64	-	-
5	МЛТ-0,25 V	30	20	15,0	0,6	3,0	7,0
6	МТ-0,25 VI	30	25	15	0,6	2,7	8
7	Перемычка VII	30	30	15	0,64	-	-

Обозначения: L_y - межцентровое расстояние монтажных от-

верстий, в которые устанавливается ЭРЭ, мм; d_b - диаметр выводов ЭРЭ, мм; d_k - диаметр корпуса ЭРЭ, мм; L_k - длина корпуса ЭРЭ, мм.

Распечатка управляющей программы для сборки модуля (см. рис.7) имеет вид

```

И1-18
O1X10000Y10000S1
X02000Y01000Z01560JCO
X02000Y01500Z01500ACO
X04000Y01000Z0000COACO
X04000Y01500Z00500ACO
X03000Y02000Z01000FCO
X03000Y02500Z01000FCO
X03000Y03000Z01000ACO
    
```

В первом кадре записано имя программы. Оно начинается с буквы И, может содержать до 78 символов. Во втором кадре привязка нуля локальной системы координат собираемого модуля (модулей на плате может быть несколько) с нулем полуавтомата, т.е. даны его координаты X и Y, выраженные целым числом в шагах (1 шаг = 0,01 мм). S1 означает, что собираемый модуль находится в первой четверти окружности поворотного стола (обозначение четвертей аналогично квадрантам в начертательной геометрии). Третий кадр и последующие - кадры установки ЭРЭ в данном модуле. Координаты центров ЭРЭ привязаны в них к нулю локальной системы координат, за который обычно принимает одно из базовых отверстий платы, например, нижнее левое - со стороны установки ЭРЭ. Z00000 - характеризует величину разведения правой и левой половин укладочной головки, которую представляют целым числом в шагах (1 шаг = 0,01 мм) и рассчитывается по формуле

$$z = 2(L_y - z_r + d_b)$$

где z_r - параметр, характеризующий настройку укладочной головки ($z_r = 10,6$ мм).

Символы А, Б, В характеризуют высоту установки ЭРЭ над платой, которая зависит от $h_y = 0,5(d_b + d_k - 1)$. Соответствующий величине h_y символ выбирает из табл. 9.

Таблица 9

h_y	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Символы	А	В	С	Д	Е	Г	И	Н	К	Л	М		

h_y	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
Символы	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

Символ С означает "УСТАНОВИТЬ ЭРЭ С КОНТРОЛЕМ НАЛИЧИЯ".
 Вместо символа С может быть записан символ N или P (N - установка ЭРЭ без контроля наличия; P - требование переноса нулевой точки локальной системы координат в следующую точку для сборки другого модуля).

Последний символ - команда для поворотного стола. Замена символа O на I (или наоборот) означает поворот стола на 90° . Эту команду дают при переходе от сборки одного модуля к другому или от установки ЭРЭ параллельного оси X к установке ЭРЭ, параллельного оси Y (или наоборот).

Пример 2. Разработка управляющей программы для установки ИМС на плату (рис. 8) на полуавтомате КПИ6.71 с управлением от мини-ЭВМ "СОУ-1". Необходимые для расчета программы сведения о собираемом модуле приведены в табл. 10

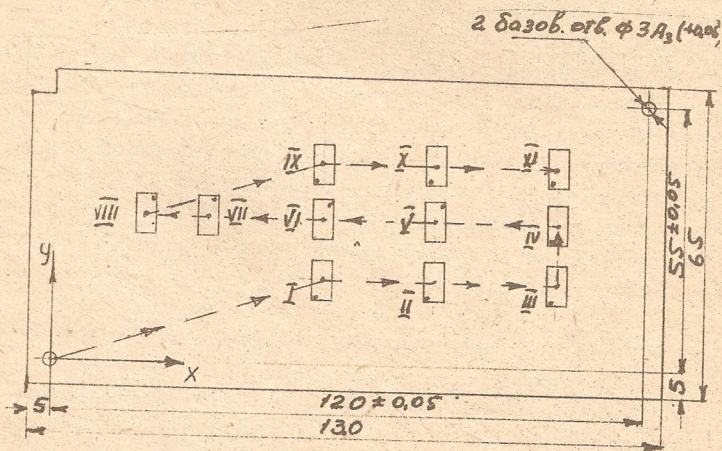


Рис. 8. Расчетная схема последовательности установки ИМС на плату

Таблица 10

Номер ИМС по чертежу	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
	Координаты центра корпуса ИМС, мм	X 110	Y 36	X 160	Y 36	X 206	Y 60	X 206	Y 60	X 160	Y 60	X 110

Распечатка управляющей программы для сборки модуля (см. рис.8)
имеет вид

```

D2-P8
O1X02000Y02000
X11000Y03600Z01Z03AC
X16000Y03600Z01Z03AC
X20600Y03600Z01Z03AC
X20600Y06000Z04Z06AC
X16000Y06000Z04Z06AC
X11000Y06000Z04Z06AC
X06300Y06000Z04Z06AC
X03800Y06000Z04Z06AC
X11000Y08400Z01Z03AC
X16000Y08400Z01Z03AC
X20600Y08400Z01Z03AC
    
```

В первом кадре записано имя программы. Оно начинается с буквы Д и может содержать до 64 символов. Во втором кадре записывают, что собираемый модуль находится в первой четверти окружности и его нулевая точка удалена от нуля полуавтомата по X и Y на 20 мм. В следующих кадрах приводят координаты центров ИМС в шагах (1 шаг = 0,01 мм). Z01...Z03 обозначает, что ИМС данного типа и заданной ориентации находятся в трех первых карманах загрузочного устройства полуавтомата. AC означает команду "УСТАНОВИТЬ ИМС С КОНТРОЛЕМ НАЛИЧИЯ". Все устанавливаемые в модуле (см. рис.8) ИМС имеют один тип и типоразмер, но неодинаковую ориентацию. Так, ИМС: I, II, III, IX, X и XI ориентированы одинаково (ключ внизу слева), а остальные ИМС имеют противоположную ориентацию (ключ вверх справа). Ориентацию ИМС учитывают при их укладке в соответствующие карманы загрузочного устройства полуавтомата.

Пример 3. Выполнить соединения на полуавтомате ША-2 накруткой проводов на четыре платы (рис. 9). Данные о соединениях приведены в табл. II частично.

Таблица II

Откуда идет связь	Куда поступает связь	Данные провода		№ связи
		Длина, см	Тип	
I	2	3	4	5
O1.XI:CI	O2.XI:CI	10	одиночный	I

I	2	3	4	5
01.XI:BI	02.XI:BI	IO	одиночный	2
01.XI:C2	02.XI:C2	IO		3
02.XI:C2	03.XI:C27	I2		4
01.XI:BI	02.XI:B2	IO		5
02.XI:B2	03.XI:C25	I2		6
01.XI:C3	02.XI:C3	IO		7
02.XI:C3	03.XI:C23	II		8

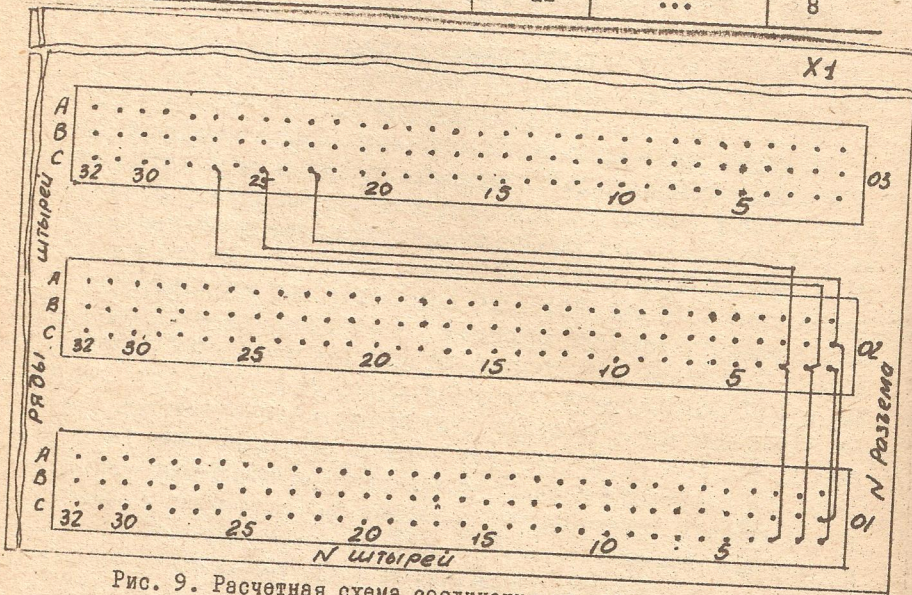


Рис. 9. Расчетная схема соединения штырей методом накрутки

Вид кадра управляющей программы для выполнения связи № I приведен на рис. 10.

Пример 4. Выполнить соединения на полуавтомате МПА-I накруткой проводов на штыри платы, данные о соединениях которых приведены ниже.

01.XI:C1	02.X2:C1	8	одиночный I
01.XI:BI	02.XI:BI	8	... 2

Вид кадра управляющей программы для выполнения связи № I

приведен на рис. II.

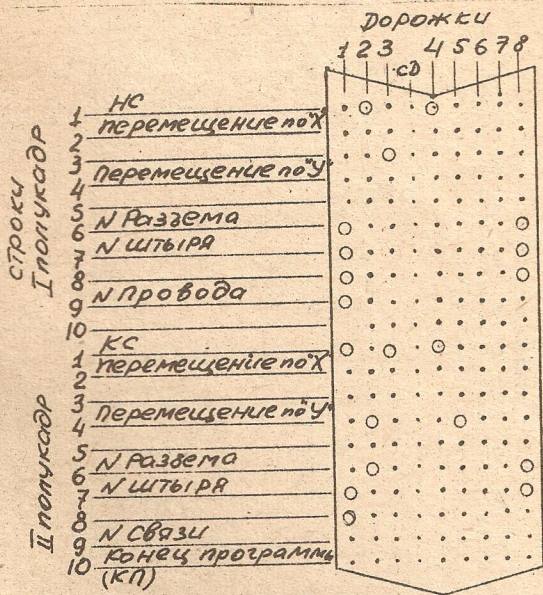


Рис. 10. Кадр управляющей программы МПА-2 для образования связи № I

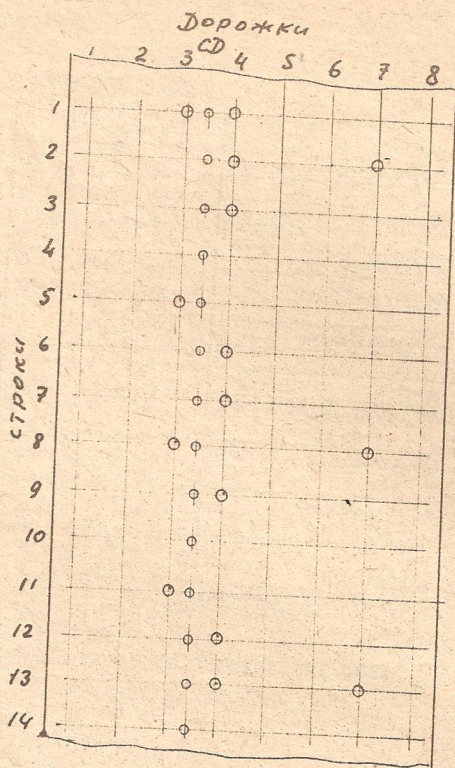


Рис. II. Кадр управляющей программы МПА-I для образования связи № I

ЛИТЕРАТУРА

1. Малов А.Н., Иванов Ю.В. Применение вычислительной техники для проектирования технологии обработки деталей на станках с программным управлением. - М.: Машиностроение, 1977. - 56с.
2. Иванов Ю.В., Малов А.Н. Технологическое оборудование с числовым программным управлением. (Справочник технолога-приборостроителя). - М.: Машиностроение, 1980.