

Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана.

Ю. В. Иванов

Автоматизированная разработка управляющих технологических программ
монтажа интегральных микросхем со штырьковыми выводами на автомате с
СЧПУ с оптимизацией их очередности

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

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

И18 Иванов Ю. В.

Автоматизированная разработка управляющих технологических программ монтажа интегральных микросхем со штырьковыми выводами на автомате с СЧПУ с оптимизацией их очередности:

Учебное пособие,- М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2002. - 32с.

ISBN 5-7038-2166-5

Рассмотрены вопросы адаптации изделий ЭЯ к условиям автоматизированной сборки, методики проектирования операций монтажа микросхем со штырьковыми выводами ИС₂ на плату на автомате с СЧПУ, его наладки и программирования.

Материал пособия ориентирован на повышение эффективности использования сборочного АТО с СЧПУ путем автоматизированной разработки для него управляющих программ с оптимизацией последовательности монтажа ИС₂ на плату.

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. 4. Табл. 13. Библиогр. 5.

УДК 658.52.01.56

ББК 32.965

Юрий Викторович Иванов

Автоматизированная разработка управляющих технологических программ монтажа интегральных микросхем со штырьковыми выводами на автомате с СЧПУ с оптимизацией их очередности

Редактор О.М. Королева

Корректор Г.С. Беляева

Подписано в печать 06.10. 2002. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печ. л. 1.42. Уел. печ. л. 1.4. Уч.-изд.л. 1.35. Тираж 300 экз.

Заказ №2

Типография МГТУ им. И. Э. Баумана

107005, Москва, 2-я Бауманская, 5

ISBN 5-7038-2166-5

© МГТУ им. Н. Э. Баумана

ВВЕДЕНИЕ

Работу №3 Автоматизированная разработка управляющих технологических программ с оптимизацией последовательности монтажа на плату интегральных микросхем со штырьковыми выводами для автомата с микропроцессорной СЧПУ производства электронных ячеек студенты выполняют на десятом семестре, когда заканчивается технологическая подготовка. К этому времени они уже познакомились с особенностями автоматизированного монтажа ИС на плату, в том числе по DIP-технологии. Они выполнили работу по автоматизированной разработке УТП для автомата монтажа ЭРЭ. Все это позволяет не рассматривать подробно получение исходной информации и собственно разработку технологии монтажа

Цель работы

1. Изучение особенностей сборочного автомата установки микросхем (ИС) на плату по DIP-технологии.
2. Изучение методики разработки управляющей программы УТП для автомата КП 1671.
3. Приобретение навыков в разработке управляющей программы (УТП) для сборочного автомата.
4. Основные задачи, решаемые студентами при выполнении работы:
 - конструкторско-технологический анализ изделия - электронной ячейки (ЭЯ), подлежащей автоматизированной сборке;
 - подготовка исходных данных для расчета УТП;
 - расчет управляющей информации УТП на ПЭВМ;
 - изготовление перфоленты УТП для автомата;
 - контроль и редактирование УТП.

Объект изучения и разработки

1. Сборочный автомат для установки на плату ИС по DIP-технологии.
2. Методика программирования автомата КП 1671.
3. Управляющая технологическая программа УТП для автомата.

Используемое оборудование и приборы

ПЭВМ, например, EPSON или другая типа IBM PS, дисплей, принтер.

Краткое содержание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с данным учебным пособием.
2. Получить задание от преподавателя (схему монтажа ИС на ПП).
3. Выполнить конструкторско-технологический анализ полученной ЭЯ.
4. Разработать техпроцесс монтажа ИС на ПП.
5. Рассчитать необходимую управляющую информацию для УТП.
6. Представить ее в формате записи, необходимой для СЧПУ автомата.
7. Ввести ее в ПЭВМ с помощью клавиатуры (в случае необходимости отредактировать). Запустить программу САП УТП

8. Результат распечатать на принтере.Получить листинг программы.
9. Написать отчет и защитить его.

Содержание студенческого отчета

1. Эскиз изделия. Схема установки ИС на плате.
2. Чертеж в двух проекциях закрепления платы в приспособлении на столе автомата.
3. Расчет управляющей информации.
4. Листинг программы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сборочный автомат КП 1671 монтажа микросхем ИС2

Автомат типа КП 1671 предназначен для установки и закрепления на печатной плате согласно управляющей программы микросхем в корпусе 201.14 (серия К155) по DIP-технологии. Автомат (рис.3.1) осуществляет накопление микросхем, выбор нужной ИС, поштучное отделение ИС и доставку ее в зону захвата укладочной головки, перемещение платы по двум координатам зоны сборки в точку установки ИС согласно управляющей программы; захват, подачу микросхемы на плату; заталкивание выводов ИС в соответствующие монтажные отверстия печатной платы; отрезку с противоположной монтажу платы лишней длины выводов ИС и их подгибку с целью исключения произвольного выпадания или смещения ИС в процессе транспортировки собранного узла для выполнения других операций по сборке.

Циклы установки ИС повторяются автоматически до тех пор, пока не будут установлены все запланированные на данной операции ИС. В автомате имеются датчики, осуществляющие диагностику работы станка и его элементов, а также фиксирующие правильность выполнения элементов цикла, например, выдачу микросхемы из загрузочного устройства, захват ее головкой; правильность установки ИС на плату (ПП).

Загрузку плат на автомат осуществляют вручную. Очередную плату устанавливают в приспособление, которое закреплено на плите верхней каретки координатного стола. Плату устанавливают на подплатник (рис.3.2). В сборочной плоскости точность ее установки обеспечивается двумя штырями приспособления, на которые она сажается своими базовыми отверстиями.ПП к подплатнику по краям прижимается подпружиненными прижимами.

Загрузка микросхем в накопитель (загрузочное устройство ИС) осуществляется кассетами. Микросхемы должны быть ориентированы по ключу и уложены в стержневые кассеты. Все остальные функции (перемещение платы в заданную точку, выбор кассет с ИС, поштучное отделение ИС, доставка ИС в сборочную позицию, установка ИС на плату и закрепление ее путем подгибки выводов, повторение цикла, остановка) выполняются в станке автоматически, поэтому он может работать как самостоятельная единица сборочного оборудования, обслуживаемая одним оператором, который следит за правильностью установки ИС и периодически загружает барабан магазинного накопителя, так и в составе автоматизированного сборочного комплекса.

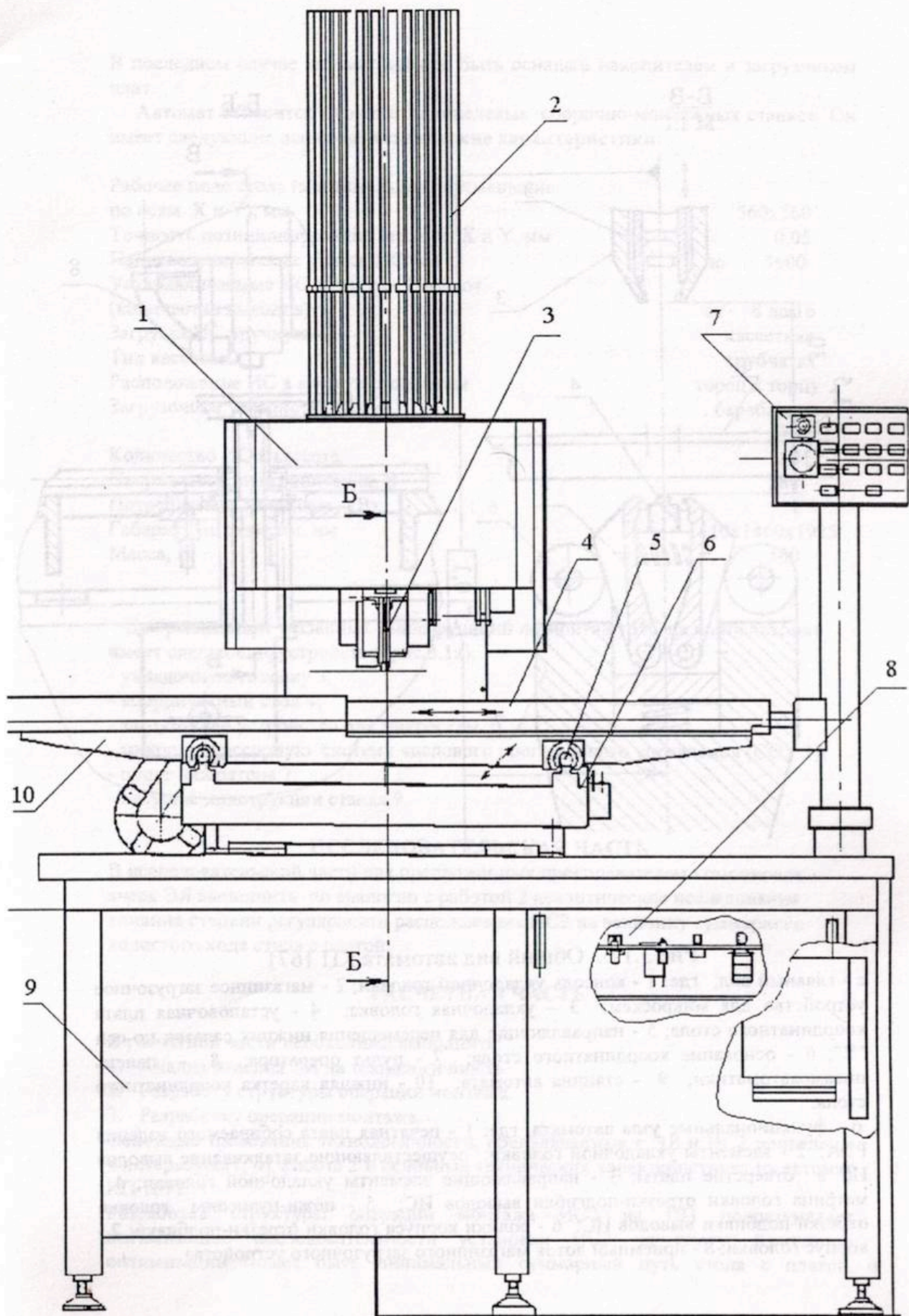


Рис.3.1.а.

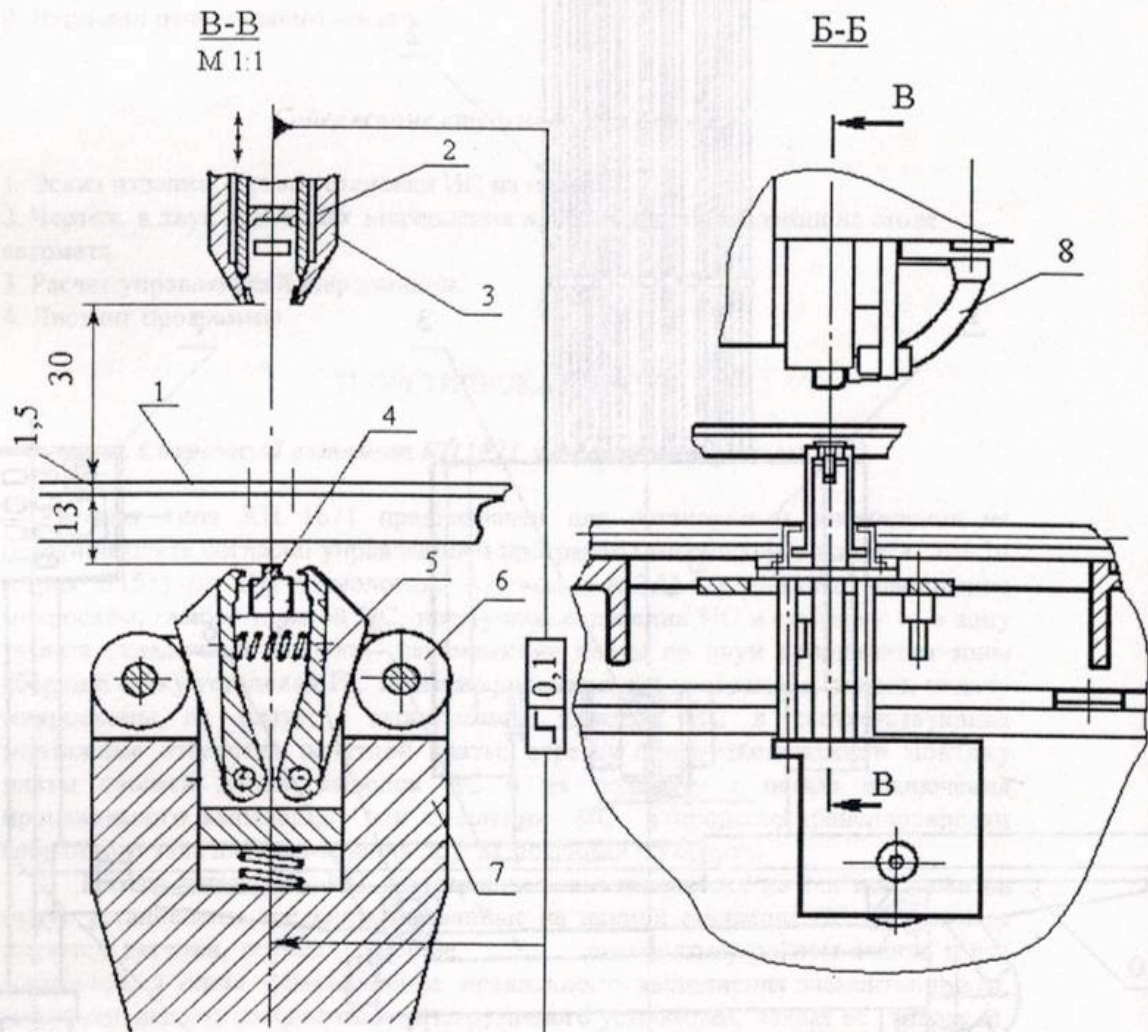


Рис.3.1.б. Общий вид автомата КП 1671

а - главный вид, где: 1 - консоль укладочной головки; 2 - магазинное загрузочное устройство для микросхем; 3 - укладочная головка; 4 - установочная плата координатного стола; 5 - направляющие для перемещения нижних салазок по оси "У"; 6 - основание координатного стола; 7 - пульт оператора; 8 - панель пневмоавтоматики; 9 - станина автомата; 10 - нижняя каретка координатного стола.

б - функциональные узла автомата, где: 1 - печатная плата собираемого изделия РЭА; 2 - элементы укладочной головки: осуществляющие заталкивание выводов ИС в отверстие платы; 3 - направляющие элементы укладочной головки; 4 - матрица головки отрезки-подгибки выводов ИС; 5 - ножи-пуансоны головки отрезки-подгибки выводов ИС; 6 - ролики корпуса головки отрезки-подгибки; 7 - корпус головки; 8 - приемный лоток магазинного загрузочного устройства

В последнем случае автомат должен быть оснащен накопителем и загрузчиком плат.

Автомат относится к группе одноцелевых сборочно-монтажных станков. Он имеет следующие основные **технические характеристики**:

Рабочее поле стола (максимальное перемещение по осям X и Y), мм	560x560
Точность позиционирования стола по X и Y, мм	0,05
Производительность станка, ИС/час	до 3600
Устанавливаемые ИС в корпусе 2 имеют (количество выводов)	от 8 до 16
Загрузка ИС вручную	кассетная
Тип кассеты	трубчатая
Расположение ИС в кассете столбиком	торец к торцу
Загрузочное устройство для ИС	барабанное
	32
Количество ИС в кассете	50
Напряжение электропитания, В	380
Потребляемая мощность, кВт	1
Габаритные размеры, мм	1510x1460x1925
Масса, кг	500

Для реализации указанных выше функций по монтажу ИС на плате автомат имеет следующие устройства (рис.3.1а):

- укладочную головку 3;
- координатный стол 4;
- загрузочное устройство для микросхем 2;
- микропроцессорную систему числового программного управления (СОУ 1);
- пульт оператора 7;
- несущие конструкции станка 9.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

В исследовательской части для предложенных преподавателем компоновок ячеек ЭЯ выполнить по аналогии с работой 2 аналитические исследования влияния степени регулярности расположения ИС2 на величину суммарного холостого хода стола с платой.

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

В расчетной части необходимо выполнить:

1. Анализ изделия ЭЯ на технологичность.
2. Разработку структуры операции монтажа.
3. Разработку операции монтажа.

Основные требования технологичности, предъявляемые к ЭЯ и ИС2 приведены в литературе [1, 4], работе 2 и основных технических характеристиках на автомат КП 1671.

Разработка структуры операции монтажа ИС2 на ПП подразумевает оптимизацию последовательности установки ИС2 на плату. Критерием оптимизации может быть минимальный суммарный путь стола с платой.

Методом оптимизации здесь выбран критерий Флада. Суть этого метода заключается в следующем.

Оптимизация последовательности монтажа ЭК на плату

Оптимизация последовательности установки ЭК может быть решена с помощью задачи коммивояжера, которая по содержанию относится к задаче упорядочения, по характеру ближе к задаче о назначении. Рассмотрим на примере, когда коммивояжер должен объехать четыре пункта: А, В, С, D. В какой последовательности он должен это сделать, чтобы суммарный путь, а стало быть и время на его преодоление (при одинаковой скорости движения), был минимальным.

Запишем это в матричной форме:

Таблица 1

	A	B	C	D
A	∞	K_{AB}^*	K_{AD}	K_{AD}
B	K_{BA}	∞	K_{BC}^*	K_{BD}
C	K_{CA}	K_{CB}	∞	K_{CD}^*
D	K_{DA}^*	K_{DB}	K_{DC}	∞

где А, В, С, D – населенные пункты; K_{ij} (K_{AB} , K_{BC} ...) – длины путей до этих пунктов; ∞ - условно бесконечный по длине путь.

Оптимальным будет путь:

$$L_{opt} = \sum_1^{n-1} K_{AB} + K_{BC} + K_{CD} + K_{DA}$$

Полученное решение следует проверить на наличие петель, которые недопустимы (например, наличие клеток K_{AB} и K_{BA} в маршруте приводят к его преждевременному окончанию). Нельзя допустить, чтобы автомат “заклинился” на какой-либо точке.

Общего решения задачи коммивояжера нет, но решение можно получить, перебрав все возможные варианты. При большом количестве пунктов это может занять много времени, даже с учетом симметричности матрицы. Например, для 20-ти пунктов имеется $20! = 2.432.902.008.176.640.000$ переборов. Решая эту задачу на ПЭВМ, которая каждую последовательность обхода пунктов решает за 1 мкс и работает 8 часов ежедневно (365 дней в году), потребовалось бы почти четверть миллиона лет. Таким образом, применение алгоритмов точного решения слишком трудоемко даже для ПЭВМ.

Более применимы по трудоемкости эвристичные алгоритмы решения этой задачи, например, алгоритм Флада.

Алгоритм Флада основан на использовании матрицы оценок и матрицы назначения и заключается в том что величины матрицы должны быстро уменьшаться. В результате получается набор пунктов, в котором на одной линии не может лежать двух или более нулей (обычно, по одному в каждой строке и столбце). Этот набор независимых нулей и есть оптимальное решение. Построим эти матрицы.

При решении задачи о назначении необходимо определить систему постоянных величин U_i и V_j , для которых справедливы соотношения:

$$a_{ij}^{(0)} \geq U_i + V_j \text{ для } x_{ij} = 0 \quad (1)$$

$$a_{ij}^{(0)} \geq U_i + V_j \text{ для } x_{ij} = 0 \quad (2)$$

Необходимо найти $T_{\min} = \sum_{ij} a_{ij}^{(0)} \cdot x_{ij}$

Подставим выражение (1) в (3):

$$T \geq \sum_{ij} U_i x_{ij} + V_j x_{ij}$$

$$T \geq \sum_{ij} (U_i \sum_j x_{ij}) + \sum_{ij} (V_j \sum_i x_{ij})$$

т.к. $x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ и $\sum_{i=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$ то $T \geq \sum_i U_i + \sum_j V_j$

Обозначим правую часть неравенства через D:

$$D = \sum_{ij} (a_{ij}^{(0)}) x_{ij}$$

при $a_{ij}^{(0)} \geq U_i + V_j$ задача минимизации идентична задаче максимизации, которую и решает алгоритм Флада.

Например, необходимо распределить работу на 8 машин так, чтобы общая стоимость работы была минимальна.

Составим матрицу оценок $A_0^* = \|(a_{ij}^{(0)}) x_{ij}\|$

Таблица 2.

Матрица оценок

	5	6	7	8
1	1	8	4	1
2	5	7	6	5
3	3	5	4	2
4	3	1	6	3

Оптимальная перестановочная матрица (матрица назначения)

$$X^* = \|X_{ij}^*\| \text{ будет}$$

Таблица 3.

Матрица назначения X^*

	5	6	7	8	$\sum_j X_{ij}$
1	1				1
2			1		1
3				1	1
4		1			1
$\sum_i X_{ij}$	1	1	1	1	

Нули здесь опущены.

$$T = a_{15}^{(0)} + a_{27}^{(0)} + a_{38}^{(0)} + a_{46}^{(0)} = 1 + 6 + 2 + 1 = 10_{\text{ед.}}$$

Произвольная перестановочная матрица $X = \|X_{ij}\|$

Таблица 4.

Произвольная перестановочная матрица

	5	6	7	8	$\sum_j X_{ij}$
1		1			1
2				1	1
3	1				1
4			1		1
$\sum_i X_{ij}$	1	1	1	1	

$$T = a_{16}^{(0)} + a_{28}^{(0)} + a_{35}^{(0)} + a_{47}^{(0)} = 8 + 5 + 3 + 6 = 22_{\text{ед.}}$$

Решение выполняется методом итерации – шагами.

(а) Шаг 1. Просмотр столбцов A_0 и выделение минимального элемента в каждом

столбце ($V_j^{(0)} = \min a_{ij}$); образование новой матрицы A_1 путём замены $a_{ij}^{(0)}$ на

$$a_{ij}^{(1)} = a_{ij}^{(0)} - U_{ij}^{(0)} - V_j^{(0)}, \text{ где } i, j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ и } U_i^{(0)} = 0.$$

(б) Шаг 2. Определение минимального набора линий S_1 , включающих все нулевые элементы матрицы A_1 (число таких линий n_1).

Если $n_1 = n$, то в матрице A_1 существует n нулевых элементов, в которых на одной линии не лежат два и более элементов. В матрице A_0 места этих n элементов представляют искоемое оптимальное решение.

Цикл 0.(в) Шаг 2'. Если $n_1 < n$, необходимо исследовать строки матрицы A_1 и обозначить в каждой строке минимальные элементы $U_i^{(1)} = \min a_{ij}^{(1)}$ и образовать из них новую матрицу A_2 путем замены $a_{ij}^{(1)}$ на $a_{ij}^{(2)}$.

$$a_{ij}^{(2)} = a_{ij}^{(1)} - U_i^{(1)} - V_j^{(1)}, \text{ для } i, j = 1, 2, \dots, n, \text{ где } V_j^{(1)} = 0.$$

Матрица A_2 будет содержать по крайней мере один нулевой элемент в каждой линии.

(г) Переход опять к шагу 2. При этом обозначим минимальный набор линий через S_2 (число линий n_2).

Если $n_2 = n$, то найденное решение – оптимальное.

Если $n_2 < n$

(д) Цикл 1.

Шаг 3. Если $n_2 < n$, обозначим через h_2 минимальный элемент в матрице A_2 в элементах не вошедших в одну линию S_2 . Вычтем h_2 из элементов матрицы A_2 , не вошедших в S_2 , и добавим h_2 ко всем элементам, лежащим на пересечении линий в S_2 (если такие есть). Получим новую матрицу A_3 .

(е) Проверим в шаге 2 выполнение равенства $n_3 = n$.

(ж) Если $n_3 < n$, повторить цикл до тех пор пока не получится $n_{k+2} = n$. Тогда оптимальное решение определится из матрицы A_{k+2} .

На рис. приведена блок-схема алгоритма Флада, который решает задачу максимизации D . Желательно первый шаг сделать таким, чтобы максимально увеличить сумму граничного множества $\sum_i U_i + \sum_j V_j$.

Это достигается при сравнении:

$$\sum_j \min(a_{ij}^{(0)}) = \sum_j V_j^{(0)} \text{ и } \sum_j \min(a_{ij}^{(0)}) = \sum_i U_i^{(0)}$$

Если $\sum_i U_i^{(0)} \leq \sum_j V_j^{(0)}$, то алгоритм начинается с первого шага и продолжается как описано выше.

Если $\sum_i U_i^{(0)} > \sum_j V_j^{(0)}$, то в шаге 1 следует вычесть $U_i^{(0)}$ из каждого элемента первой строки матрицы A_0 . Тогда в шаге 2 каждый элемент i -ой строки матрицы A_1 будет

$$V_j^{(1)} = \min a_{ij}^{(1)}$$

Важной особенностью алгоритма Флада является само корректировка при возникновении ошибок. Если на некотором цикле пользователь ошибочно выбрал набор S_{k+2} , который не является минимальным набором A_{k+2} , то вычисления нужно продолжить, а ошибка автоматически будет исправлена. Алгоритм отличается сравнительной простотой и малой трудоемкостью.

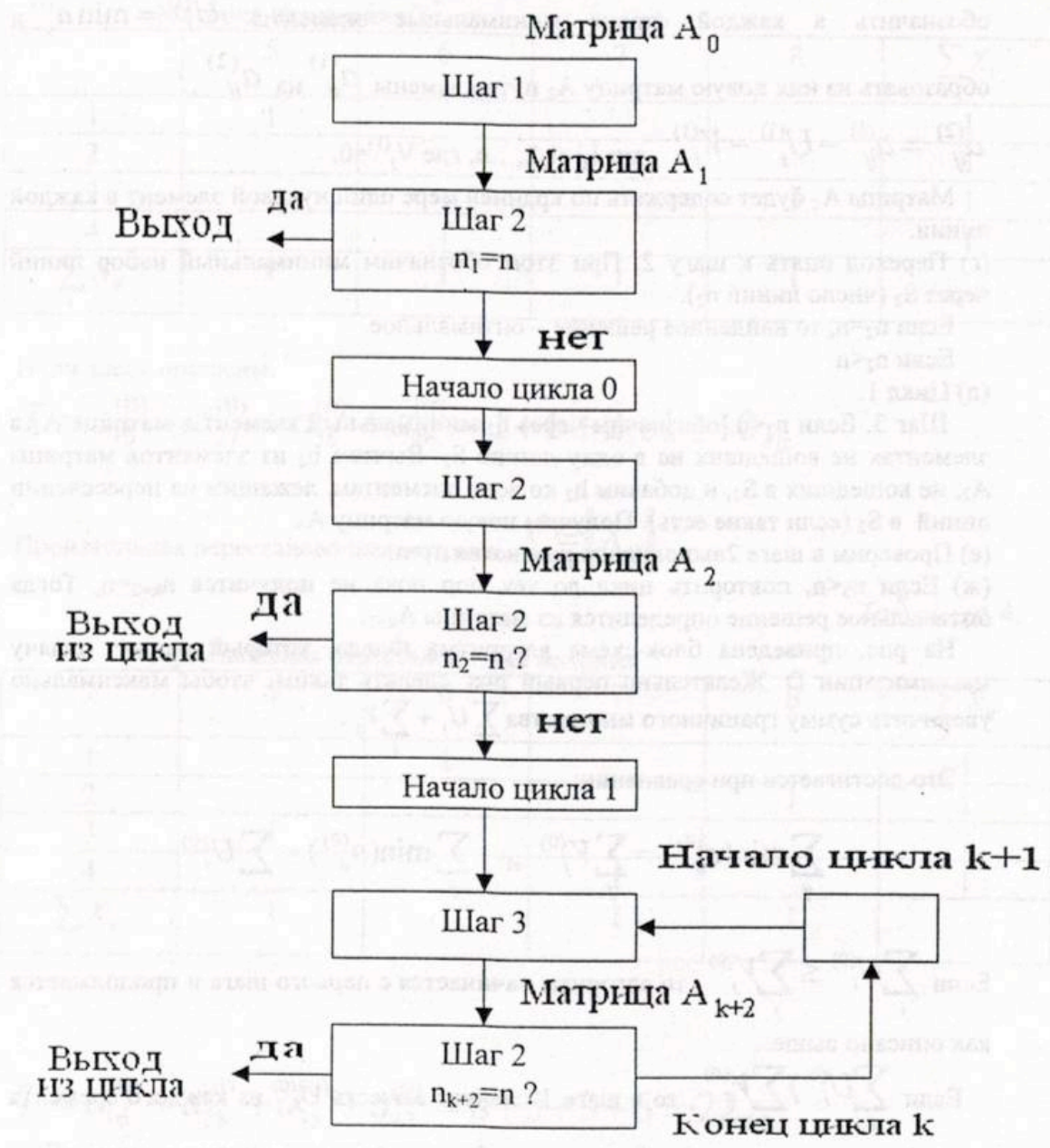


Рис. 3.2. Блок-схема алгоритма Флада

Однако, для решения задачи назначения (выбор последовательности установки ЭК на плату) алгоритм нельзя считать полностью отвечающим требованиям оптимизации последовательности переходов сборочно-монтажных автоматов, так как его оптимум не является глобальным. Возникают определенные трудности при его использовании для машинных расчетов (в частности, при использовании принципов распознавания минимального числа линий и матрицы независимых нулей). Чтобы не иметь дело с матрицей A_0 размерностью $n \times (n-1)$ введем фиктивный элемент (фиктивную позицию). После получения матрицы перестановок необходимо проверить и исключить наличие петель ($X_{ij}=X_{ji}=1$). Метод прост и удобен для задач небольшой размерности.

Пример.

Определить оптимальную последовательность установки ИС на плату. ИС расположены на ПП нерегулярно, координаты центров симметрии корпусов ИС приведены в таблице.

Таблица 5

Коор. поз. \ № поз	0	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0	12	12	12	27	27	27	42	42
Y	0	13	53	93	93	53	13	13	53

Таблица 5 (окончание)

Коор. поз. \ № поз	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X	57	57	57	72	72	72	107	107	103
Y	93	53	13	13	53	93	93	53	53

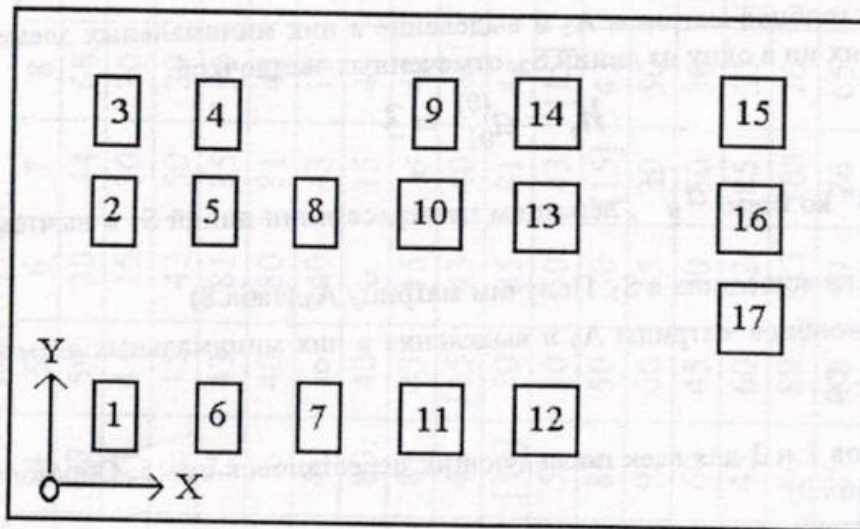


Рис. 3.3. Компоновка ЭЯ

Расстояние между позициями

$$a_{ij}^{(0)} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}$$

Вычислим значения $a_{ij}^{(0)}$ и запишем в таблицу

Пример 2. Определим оптимальную последовательность монтажа ЭК на плату в ячейке ЭЯ, показанной на рис.

Анализ изделия показал:

1) $n=17$; 2) 17-й элемент не может быть установлен на данном оборудовании (АТО с ЧПУ), поэтому для него все $a_{ij}=0$.

При составлении матрицы оценок ориентация ИС (по ключу) не учитывается. Влияние этого факта можно свести к допустимому минимуму, если ИС с противоположной ориентацией загрузить в кассеты расположенные рядом.

Шаг 1.

Просмотр столбцов матрицы A_0 (табл.6), определение минимальных элементов $V_j^{(0)}$ и запись их в нижней строке над матрицей. Составление из них новой матрицы A_1 (табл.7). В ней в каждом столбце содержится по крайней мере по одному нулевому элементу.

Шаг 2.

Минимальные линии в матрице A_1 отмечаем звездочкой. Число $S_1=14 < 16$ меньше максимально возможного, поэтому оптимального решения на этом шаге еще не найдено.

Шаг 2.

У всех минимальных элементов ($U_i^{(1)}=0$) (17-й столбец состоит из нулей), то $A_2=A_1$; $S_2=S_1$; $n_2=n$.

Шаг 3.

Просмотр столбцов матрицы A_2 и выделение в них минимальных элементов h_2 , не вошедших ни в одну из линий S_2 , отмеченных звездочкой.

$$h_2 = a_{01}^{(0)} = 3$$

Добавим "3" ко всем $a_{ij}^{(1)}$, лежащим на пересечении линий S_2 и вычтем "3" из всех $a_{ij}^{(2)}$, не вошедших в S_2 . Получим матрицу A_3 (табл.8)

Просмотр столбцов матрицы A_3 и выделение в них минимальных элементов

$$h_3 = a_{15,16}^{(3)} = 2.$$

Повтор шагов 2 и 3 для всех последующих перестановок $n_3=15$. Образование матрицы A_4 (табл.9).

Просмотр столбцов матрицы A_4 и выделение в них минимальных элементов

$$h_4 = a_{2,8}^{(4)} = 1. \text{ Образование матрицы } A_5 \text{ (табл.10).}$$

Просмотр столбцов матрицы A_5 и выделение в них минимальных элементов

$$(h_5 = a_{13,10}^{(5)} = 2, \quad n_5=16). \text{ Образование матрицы } A_6 \quad (h_6 = a_{8,2}^{(6)} = 3, \quad n_6=16=n) \text{ (табл.11).}$$

Таблица 6.

Матрица A_0 оценок расстояний

$U_3 \setminus B$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	$U_i^{(0)}$
0	18	54	94	97	59	30	44	68	109	78	58	73	89	118	142	119	0	0
1	∞	40	80	81	43	15	30	30	92	60	45	60	72	100	124	103	0	0
2	40	∞	40	43	15	43	50	30	60	45	60	72	60	72	103	95	0	0
3	80	40	∞	15	43	81	85	50	45	60	92	100	72	60	95	103	0	0
4	81	43	[15]	∞	40	80	81	43	30	50	85	92	60	45	80	89	0	0
5	43	[15]	43	40	∞	40	43	15	50	30	50	60	45	60	89	80	0	0
6	[15]	43	81	80	40	∞	15	43	85	50	30	45	60	92	113	89	0	0
7	30	50	85	81	43	[15]	∞	40	81	43	15	30	50	85	103	76	0	0
8	50	30	50	43	[15]	43	40	∞	43	15	43	50	30	50	76	65	0	0
9	92	60	45	[30]	50	85	81	43	∞	40	80	81	43	15	50	64	0	0
10	60	45	60	50	30	50	43	[15]	40	∞	40	43	15	43	64	50	0	0
11	45	60	92	85	50	30	[15]	43	80	40	∞	15	43	81	94	64	0	0
12	60	72	100	92	60	45	30	50	81	43	[15]	∞	40	80	87	53	0	0
13	72	60	72	60	45	60	50	30	43	[15]	43	[40]	∞	40	53	35	0	0
14	100	72	60	45	60	92	85	50	[15]	43	81	80	40	∞	35	53	0	0
15	124	103	95	80	89	113	103	76	50	64	94	87	53	[35]	∞	40	0	0
16	103	95	103	89	80	89	76	65	64	50	64	53	[35]	53	40	∞	0	0
$V_i^{(0)}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	35		

Матрица перестановок A_1

$U_3 \setminus B$	1	2	3	4	5+	6+	7	8	9	10	11+	12	13	14	15	16	17+	$U_i^{(1)}$
0	3	39	79	82	45	15	29	53	94	63	43	58	74	103	107	84	0	0
1	∞	25	65	66	28	0	15	35	77	45	30	45	57	85	89	68	0	0
2	25	∞	25	28	0	28	35	15	45	30	45	57	85	89	68	60	0	0
+3	65	25	∞	0	28	66	70	35	30	45	77	85	57	45	60	68	0	0+
+4	66	28	0	∞	25	65	66	28	15	35	70	77	45	30	45	34	0	0+
+5	28	0	28	25	∞	25	28	0	35	15	35	45	30	45	54	45	0	0+
+6	0	28	66	65	25	∞	0	28	70	35	45	77	78	54	78	54	0	0+
7	15	35	70	66	28	0	∞	25	66	28	0	15	35	70	68	41	0	0
+8	35	15	35	28	0	28	25	∞	28	0	28	35	15	35	41	30	0	0+
+9	77	45	30	15	35	70	66	28	∞	25	65	66	28	0	15	29	0	0+
+10	45	30	45	35	15	35	28	0	25	∞	25	28	0	28	29	15	0	0+
+11	30	45	77	70	35	15	0	28	65	25	∞	28	66	59	29	64	0	0+
12	45	57	85	77	45	30	15	35	66	78	0	∞	25	65	32	18	0	0
+13	57	45	57	45	30	45	35	15	28	0	28	25	∞	25	18	0	0	0+
+14	85	57	45	30	45	77	70	35	0	28	66	65	25	∞	0	0	0	0+
+15	109	88	80	65	74	98	98	61	35	49	79	72	38	20	∞	5	0	0+
16	88	80	88	74	65	74	61	50	49	35	49	38	20	38	5	∞	0	0+
$V_i^{(1)}$	0	0	0	0	0+	0+	0	0	0	0	0+	0	0	0	0	0	0+	0

Таблица 8.

Матрица перестановок A_3

$U_3 \setminus B$	1 +	2	3	4	5 +	6 +	7	8	9	10 +	11 +	12	13	14	15	16	17	$U_1^{(3)}$
0	0	36	76	79	45	15	26	50	91	60	43	53	71	100	104	81	0	2
1	∞	22	62	63	28	0	12	32	74	42	30	42	54	82	86	65	0	2
2	22	∞	22	25	0	28	32	12	42	27	45	54	42	54	63	57	0	2
+3	65	25	∞	0	31	69	70	30	45	80	85	57	45	60	68	35	3	0 +
+4	66	28	0	∞	28	68	66	28	15	35	73	77	45	30	45	54	3	0 +
+5	28	0	28	25	∞	28	28	0	35	15	38	45	30	45	54	45	3	0 +
+6	0	28	66	65	28	∞	0	28	70	35	18	30	45	77	78	54	3	0 +
7	12	32	67	63	28	0	∞	22	63	23	0	12	32	67	65	38	0	2
8	35	15	35	28	3	31	25	∞	28	0	31	35	15	35	41	30	3	2
9	77	45	30	15	38	73	66	28	∞	25	68	66	28	0	15	29	3	0
10	45	30	45	35	18	38	28	0	25	∞	28	28	0	28	29	15	3	0
11	30	45	77	70	38	18	0	28	65	25	∞	0	28	66	59	29	3	0
12	42	54	82	74	45	30	12	32	63	75	0	∞	22	62	49	15	0	2
13	57	45	57	45	33	48	35	15	28	0	31	25	∞	25	18	0	3	0
14	85	57	45	30	48	80	70	35	0	28	69	65	25	∞	0	18	3	0
15	106	85	77	62	74	98	95	58	32	46	79	69	35	17	∞	2	0	2
16	85	77	85	71	65	74	58	47	46	32	49	35	17	35	2	∞	0	2
$V_1^{(3)}$	-2 +	0	0	0	-2 +	-2 +	0	0	0	-2 +	-2 +	0	0	0	0	0	-2 +	

Таблица 9.

Матрица перестановок A_4

$U_3 \setminus B$	1+	2	3	4	5+	6+	7+	8	9+	10+	11+	12	13	14	15+	16+	17+		
0	0	34	74	77	45	15	24	48	89	60	43	51	69	98	102	79	0	10	
1	∞	20	60	61	28	0	10	30	72	42	30	40	52	80	84	63	0	10	
2	22	∞	20	23	0	28	30	10	40	27	45	52	40	52	67	55	0	0	
+3	67	25	∞	0	38	71	70	30	45	82	87	57	45	60	68	35	5	0+	
+4	68	28	0	∞	30	70	66	28	15	37	75	77	45	30	45	54	5	0+	
+5	30	0	28	25	∞	30	28	0	35	17	40	45	30	45	54	45	5	0+	
6	2	28	66	65	30	∞	0	28	70	37	20	30	45	77	78	54	5	10	
7	12	30	65	61	28	0	∞	20	61	23	0	10	30	65	63	36	0	10	
8	35	13	33	26	3	31	23	∞	26	0	31	33	13	33	39	28	3	10	
+9	79	45	30	15	40	75	66	28	∞	27	70	66	28	0	15	29	5	0+	
+10	47	30	45	35	20	40	28	0	25	∞	30	28	0	28	29	15	5	+	
+11	32	45	77	70	40	20	0	28	65	27	∞	0	28	66	59	29	5	+	
12	42	52	80	72	45	30	10	30	61	75	0	∞	20	60	47	13	0		
13	59	45	57	45	35	50	35	15	28	2	33	25	∞	25	18	0	5		
14	87	57	45	30	50	82	70	35	0	30	71	65	25	∞	0	18	5		
15	106	83	75	60	74	98	93	56	30	46	79	67	33	15	∞	0	0		
16	85	75	83	69	65	74	56	45	44	32	49	33	15	33	0	∞	0		
	-10+	0	0	0	-10+	-10+	-10+	0	-10+	-10+	-10+	0	0	0	-10+	-10+	-10+	-10+	

Таблица 10.

Матрица перестановок A_5

$U_3 \setminus B$	1+	2	3	4	5	6+	7	8	9	10+	11+	12	13	14+	15	16+	17+	
0	0	24	64	67	45	15	24	38	89	60	43	41	59	88	102	79	0	2
1	∞	10	50	51	28	0	10	20	72	42	30	30	42	70	84	63	0	2
+2	22	∞	10	13	0	28	30	0	40	27	45	42	30	42	61	55	0	0+
+3	77	25	∞	0	43	81	80	30	55	92	97	57	45	60	78	15	15	0+
+4	78	28	0	∞	40	80	76	28	25	47	85	77	45	30	55	64	15	0+
+5	40	0	28	25	∞	40	38	0	45	27	50	45	30	45	64	55	15	0+
+6	2	18	56	55	30	∞	0	18	70	37	20	20	35	67	78	54	5	0+
7	12	20	55	51	28	0	∞	10	61	23	0	0	20	55	63	36	0	2
8	35	3	23	16	3	31	23	∞	26	0	31	23	3	23	39	28	3	0
9	89	45	30	15	50	85	76	28	∞	37	80	66	28	0	28	39	15	2
+10	57	30	45	35	30	50	38	0	35	∞	40	28	0	28	39	25	15	0+
11	42	45	77	70	50	30	10	28	75	37	∞	0	28	66	69	39	15	2
12	42	42	70	62	45	30	10	20	61	75	0	∞	10	50	47	13	0	2
13	59	35	47	35	35	50	35	10	28	2	33	15	∞	15	18	0	5	2
+14	97	47	35	20	50	82	70	25	0	30	71	55	15	∞	0	18	5	0+
15	106	73	65	50	74	98	93	46	30	46	79	57	23	5	∞	0	0	2
+16	85	65	73	59	65	74	56	35	44	32	49	23	5	23	0	∞	0	0+
	-2+	0	0	0	0	-2+	0	0	0	0+	-2+	-2	0	-2+	0	-2+	-2+	

Матрица перестановок A_6

$U_3 \setminus B$	1+	2	3	4	5	6+	7	8	9	10+	11+	12+	13	14+	15	16+	17+	
0	0	22	62	65	43	15	22	36	87	58	43	41	57	88	100	79	0	3
1	∞	8	48	49	26	0	8	18	70	40	30	30	40	70	82	63	0	3
+2	24	∞	10	13	0	30	30	0	40	27	47	44	30	44	61	55	2	0+
+3	75	25	∞	0	43	83	80	30	55	92	99	39	45	62	78	47	17	0+
+4	80	28	0	∞	40	82	76	28	25	47	87	79	45	32	55	66	17	0+
+5	42	0	28	25	∞	42	38	0	45	27	52	47	30	47	64	57	17	0+
+6	4	18	56	55	30	∞	0	18	70	37	22	22	35	69	78	36	7	0+
7	12	18	53	49	26	0	∞	8	59	23	0	0	18	55	61	36	0	3
8	37	3	23	16	3	33	23	∞	26	0	33	25	3	25	39	30	5	3
9	89	43	28	13	48	85	74	26	∞	35	80	66	26	0	26	39	15	3
+10	59	30	45	35	30	52	38	0	38	∞	42	30	0	30	39	27	17	0+
11	42	43	75	68	48	30	8	26	73	35	∞	0	26	66	67	39	15	3
12	42	40	68	60	43	30	8	18	59	73	0	∞	8	50	45	13	0	3
13	59	33	45	33	33	50	33	8	26	2	33	15	∞	15	16	0	5	3
+14	99	47	35	20	50	84	70	25	0	30	73	57	15	∞	0	20	7	0+
15	106	71	63	48	72	98	91	44	28	44	79	57	21	5	∞	0	0	3
+16	87	65	73	59	65	76	56	35	44	32	51	25	5	25	0	∞	2	0+
17	-3+	0	0	0	0	-3+	0	0	0	-32+	-3+	-3+	0	-3+	0	-3+	-3+	

Матрица перестановок A_6

Таблица 12.

Матрица перестановок A_7

$U_3 \setminus B$	1 ⁺	2 ⁺	3	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7	8 ⁺	9	10 ⁺	11 ⁺	12 ⁺	13 ⁺	14 ⁺	15	16 ⁺	17 ⁺	
0	0	19	59	62	40	15	19	33	84	58	43	41	54	88	97	79	0	5
1	∞	5	45	46	23	0	5	15	67	40	30	30	37	70	79	63	0	5
⁺ 2	27	∞	10	13	0	33	30	0	40	30	50	47	30	47	61	60	5	5 ⁺
⁺ 3	82	25	∞	0	43	86	80	30	55	95	102	42	45	65	78	50	20	5 ⁺
⁺ 4	83	28	0	∞	40	85	76	28	25	50	90	82	45	35	55	69	20	0 ⁺
⁺ 5	45	0	28	25	∞	45	38	0	45	30	55	50	30	50	64	60	20	5 ⁺
⁺ 6	7	18	56	55	30	∞	0	18	70	40	25	25	35	72	78	39	10	0 ⁺
7	12	15	50	46	23	0	∞	5	56	23	0	0	15	55	58	36	0	5
8	37	0	20	13	0	33	20	∞	23	0	33	25	0	25	36	30	5	5
9	89	40	25	10	45	85	73	28	∞	35	80	66	23	0	23	39	15	5
⁺ 10	62	30	45	35	30	55	38	0	38	∞	43	33	0	33	39	30	20	5 ⁺
11	42	40	72	65	45	30	5	23	70	35	∞	0	23	66	64	39	15	5
12	42	37	65	57	40	30	5	15	56	73	0	∞	5	50	42	13	0	5
13	59	30	42	30	30	50	30	5	23	0	33	15	∞	15	13	0	5	5
⁺ 14	102	47	35	20	50	87	70	25	0	33	76	60	15	∞	0	23	10	0 ⁺
15	106	68	60	45	69	98	88	41	25	44	79	57	18	5	∞	0	0	5
⁺ 16	90	65	73	59	65	79	56	35	44	35	54	28	5	28	0	∞	5	0 ⁺
	-5 ⁺	-5 ⁺	0	0 ⁺	-5 ⁺	-5 ⁺	0	-5 ⁺	0	-5 ⁺	-5 ⁺	-5 ⁺	-5 ⁺	-5 ⁺	0	-5 ⁺	-5 ⁺	

В матрице перестановок A_7 (табл.12) выполнено условие наличия n_1 независимых нулей ($n_{17}=n_1=17$; $h_7=a_7^{(7)}=5$). Независимые нули в таблице обведены. Задача назначения решена. Перестановочная матрица $X^* = \|X_{ij}\|$ в окончательном виде приведена в таблице 13.

Здесь $X_{ij} = \begin{cases} 1 & ; X_{ij}=1, \text{ если стол КС перемещается из позиции "i" в позицию "j".} \\ 0 & \end{cases}$

Для большинства ЭЯ, в которых нерегулярность расположения ЭК на плате невелика, оптимизация заканчивается!

Однако следует указать на неоднозначность полученного решения, ибо матрица X_{ij}^* , приведенная в таблице, является не единственной, т. к. не учтены петли и обрывы – нет единой цепочки перемещений от 0-й позиции в 17-ю.

Если есть сомнения, что полученная оптимизация не является глобальной и это сопряжено с большими потерями времени (нерегулярность расположения ЭК на плате велика) полученную матрицу можно считать промежуточной. Точки, не образующие петель, в ней необходимо зафиксировать, а по другим точкам провести дальнейшую оптимизацию.

Вариант 1. Отметить элементы матрицы X^* , не образующие петель, и не лежащие на линии зафиксированной позиции (в примере это 17-й столбец), а элементы образующей петли: $\{X_{3,4}; X_{4,5}\}; \{X_{8,5}; X_{5,2}; X_{2,8}\}$.

Затем применить метод прямого перебора по строкам (столбцам) с неотмеченными элементами (отмеченных элементов в примере – 7; пар кососимметричных элементов: $X_{ij}=X_{ji}=4$) количество вариантов решений – N.

Для ЭЯ, содержащих n элементов ($n=16$, 17-я фиктивная), m – фиксированных и $2K$ кососимметричных элементов число перестановок (вариантов) равно:

$$N = \frac{(n-m)!}{2(K)!}$$

$$N = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (16-7)(16-9)(16-11)(16-13) = \frac{(2 \cdot 4 + 1)!}{2 \cdot 4!}$$

Вариант 2. Отбросить фиксированные элементы (m) и вновь использовать алгоритм Флада, но фиксировать элементы нужно по другому правилу. Начать фиксацию с нулевой позиции ($X_{0,1}$ $X_{i,j}$ $X_{j,k}$ и т. д.) – это возможно. В нашем примере (см. табл. .) – это цепочка:

$X_{0,1}$ $X_{1,6}$ $X_{6,7}$ $X_{7,11}$ $X_{11,12}$ $X_{12,17}$. Здесь число фиксированных элементов $m=6,9$. Размерность матрицы перестановок $n=17-6=11$ (f-й столбец – фиксированный).

Вариант 3. (удобен при ручном расчете и небольшой размерности задачи). Строят все цепочки (в том числе с петлями). Выбирают маршрут по результатам оценки трасс от предыдущей к последующей.

Таблица 13.

Матрица перестановок X^*

$U_3 \setminus B$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	$\sum_j X_{ij}$
0	1																	1
1						1												1
2							1											1
3				1														1
4			1															1
5		1																1
6							1											1
7								1										1
8					1													1
9														1				1
10													1					1
11											1							1
12												1						1
13										1							1	1
14									1									1
15																1		1
16															1			1
$\sum_j X_{ij}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Например: 1-ая трасса:

0-1-6-7-11-12-16-15-14-9-4-3-2-5-8-10-13;

длина суммарного пути $L(\Sigma 1)=365$ мм;

2-я трасса:

0-1-6-7-11-12-13-10-8-5-2-3-4-9-19-15-16;

длина суммарного пути $L(\Sigma 2)=352$ мм;

Выбирается вторая трасса, т. к. ее длина меньше (оптимальная).

Операция собственно монтажа ИС2 на ПП на автомате КП 1671 (КП 1611) включает: установку и закрепление платы в приспособлении станка; количество и последовательность монтируемых ИС2;

автоматическая, по программе, установка КС с платой в точку монтажа ИС2; выбор нужной ИС2 (комплектование); доставку ее в зону действия монтажной головки; захват головкой ИС2; заталкивание выводов ИС2 в соответствующие монтажные отверстия ПП; подрезку и подгибку выводов ИС2 с противоположной монтажу стороны ПП; повторение цикла установки ИС2 n -раз (где n – число устанавливаемых на данной операции ИС2); выход КС в нулевую точку; снятие, вручную, собранного узла ЭЯ из приспособления станка и касетирование ЭЯ.

Исходные данные для расчета УТП

Таблица 14.

Координаты ИС	0	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0	12	12	12	27	27	27	42	42
Y	0	13	53	93	93	53	13	13	53
Ориентация		180	0	180	180	0	180	180	0

Таблица 14 (окончание)

Координаты ИС	9	10	11	12	13	14	15	16	17
X	42	57	57	72	72	72	107	107	--
Y	93	53	13	13	53	93	93	53	--
Ориентация	180	0	180	180	0	180	180	180	

Примечание (0 – ключ вверх; 180 – ключ вниз)

При разработке УТП вручную рассчитывают величины:

Ход стола L_i и величины его перемещения по координатам

$$L_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2};$$

$$\Delta X_i = \frac{X_{i+1} - X_i}{D_X}; \quad \Delta Y_i = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{D_Y},$$

где $X_i, X_{i+1}; Y_i, Y_{i+1}$ – координаты центров симметрии корпусов микросхем ИС2, мм;

$$D_x = D_y = 0,05 \text{ мм/шаг (дискретность по осям X и Y).}$$

Высота установки ИС2 постоянна. Она минимальна и ей соответствует символ А. Затем оптимизируют последовательность монтажа ИС2 на ПП по минимальному суммарному пути стола КС.

Полученную информацию записывают в формате кадров УТП для данного автомата. Пример такой записи приведен ниже (информация о перемещениях КС записана в шагах).

При машинной разработке УТП никаких расчетов выполнять не требуется. В ЭВМ с клавиатуры вводят данные таблицы. Все расчеты и преобразования, в том числе оптимизация последовательности монтажа ИС2 на ПП выполняются автоматически. На экран дисплея выводится чертеж установки ИС2 на плате и текст программы УТП с указанием суммарной длины перемещений КС при установке всех ИС2 с учетом оптимизации и без нее (для последовательности, указанной в таблице).

Методика программирования

Структура программы УТП и формат кадра

Основные коды СЧПУ автомата

Управляющая программа УТП для установки ИС со штырьковыми выводами на плату на автомате имеет вид, например:

Д2 - ИУ4

01X02000Y02000S1

X11000Y03600Z01Z03AC

X16000Y03600Z01Z03AC

X20600Y03600Z01Z03AC

X20600Y06000Z04Z06AC

X26000Y06000Z04Z06AC

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 № и место нахождения модуля (в первой четверти окружности; его нулевая точка удалена от нуля автомата по X и Y на 100 мм). В следующих кадрах приводят координаты центров ИС в шагах (1 шаг = 0.05 мм). Z01...Z03 обозначает, что ИС данного типа и заданной ориентации находится в трех первых карманах загрузочного устройства автомата. Символ А обозначает команду "высота установки ИС" а символ С – "установка с контролем наличия".

Программа САП УТП СБ2 (3)

Программа САП УТП СБ2 (3), версия 3, предназначена для автоматизированной разработки и контроля управляющей программы УТП для автомата КП 1671 установки на плату ИС со штырьковыми выводами. Она

8. Включите принтер. Программа рисует расположение ИС в зеркальном изображении (перевернуто из-за особенностей алгоритма языка).
9. Наберите команду [PrScr] (печать) и рисунок будет выведен на принтер (если распечатки не требуется, нажмите любую клавишу).
10. На экране монитора появится надпись: ИНИЦИИРУЙТЕ ПРИНТЕР (STRIKE A KEY WHEN READI); нажмите любую клавишу, когда будете готовы.
12. Получив распечатку УТП и рисунка, выключите принтер и ПЭВМ.

Пример работы с программой

(рис. 3.4)

1. Включите электропитание вашей ПЭВМ.
2. Загрузите MS DOC.
3. В NORTON COMMANDER нажмите ALT+F2 и выберите диск A; при этом в правой панели выведется оглавление диска A;
4. Управляя курсором, выберите файл КР 3401.BAT и нажмите ENTER.
5. На экране появится заставка программы.
6. Нажмите любую клавишу. На экране появится название программы. При этом звучит мелодия.
7. Затем программа перейдет в диалоговый режим. Программа запрашивает:
8. ПРОГРАММА ПРЕДУСМАТРИВАЕТ МАКСИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ПЛАТЫ 250x250 MM
ВВЕДИТЕ МАКСИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО ИС НА ПЛАТЕ 10
Нажмите ENTER
9. ЗАДАЙТЕ НОМЕР ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ /MM/
X = 10 нажмите ENTER
Y = 10 нажмите ENTER
10. ЗАДАЙТЕ НОМЕР ЧЕТВЕРТИ МОНТАЖНОГО СТОЛА от 1 до 4;
нажмите ENTER
11. ЗАДАЙТЕ КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА / НОМЕР ИС/
нажмите ENTER
12. УКАЖИТЕ УГОЛ УСТАНОВКИ ИС 180 ИЛИ 0 ГРАДУСОВ (ПРИ 0 ГРАДУСОВ ИС РАСПОЛОЖЕНА КЛЮЧОМ ВВЕРХ)
нажмите ENTER
(эта команда нужна только для АРПМ)
13. ВВЕДИТЕ НОМЕР ПЕРВОГО И ПОСЛЕДНЕГО КАРМАНОВ, В КОТОРЫХ НАХОДЯТСЯ ИС НУЖНОГО ТИПА И НУЖНОЙ ОРИЕНТАЦИИ _____ нажмите ENTER
14. УКАЖИТЕ МЕСТО УСТАНОВКИ:

Д КП1671
01X03000Y03000
X03000Y03000Z01Z01AC
X03000Y10000Z02Z02AC
X03000Y08000Z03Z03AC
X03000Y14000Z04Z04AC
X09000Y03000Z05Z05AC
X09000Y14000Z06Z06AC
X09000Y08000Z07Z07AC
X13000Y06000Z08Z08AC
X13000Y16000Z09Z09AC
X13000Y11000Z10Z10AC
X17000Y04000Z11Z11AC
X17000Y09000Z12Z12AC
X20000Y02000Z13Z13AC
X17000Y14000Z14Z14AC
X20000Y16000Z15Z15AC
X20000Y06000Z16Z16AC

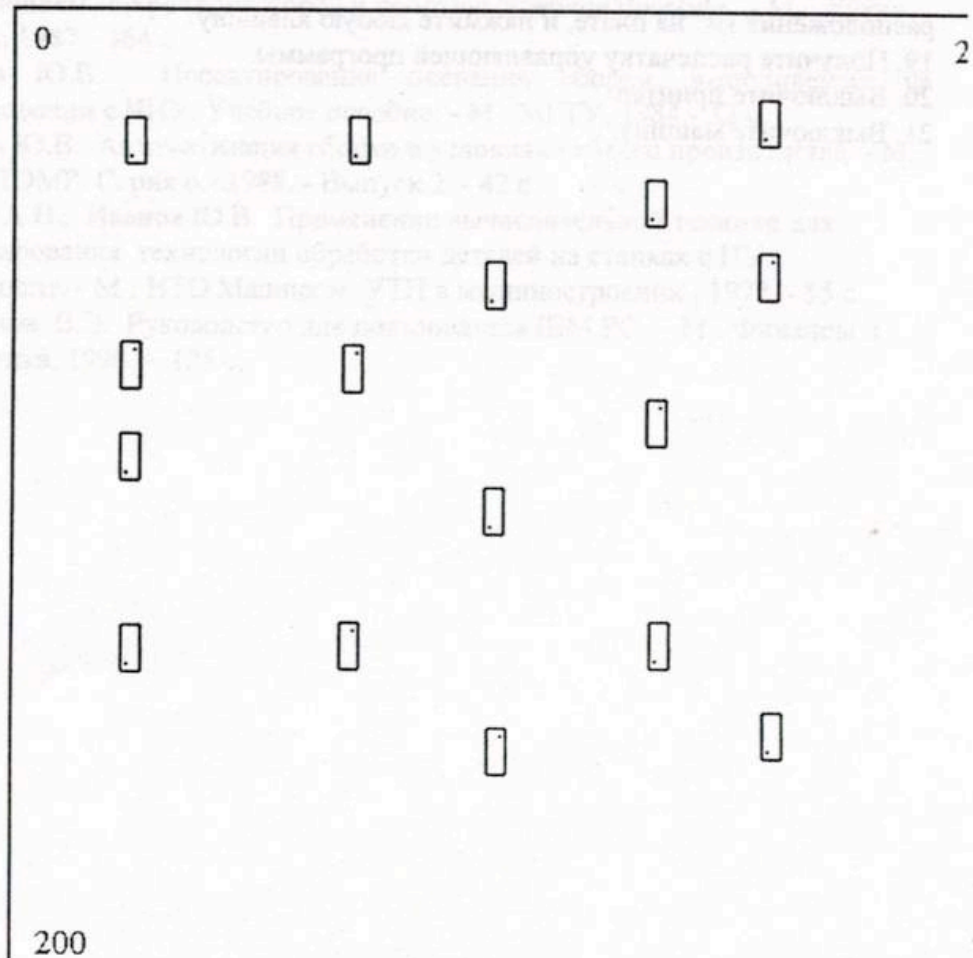


Рис. 3.4. Пример расчета УТП (текст и схема расположения ИС на плате)

С КОНТРОЛЕМ НАЛИЧИЯ /1/
БЕЗ КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ /2/

нажмите

ENTER.

15. Далее программа повторяет N раз пункты 10 - 14. (N - соответствует количеству ИС на плате).

16. Программа рисует расположение ИС. Изображение появится в зеркальном отображении (это связано с особенностями языка).

17. Нажмите [PrScr] (/Печ/ для ПЭВМ ЕС 1840 и др.), если вы хотите распечатать изображение, или любую клавишу, если печать не нужна.

18. Появится надпись:

STRIKE A KEY WHEN READI

(нажмите любую клавишу, ...)

Включите принтер, если Вы его выключали после печати изображения расположения ИС на плате, и нажмите любую клавишу.

19. Получите распечатку управляющей программы.

20. Выключите принтер.

21. Выключите машину.

Контрольные вопросы

1. Технологическое назначение сборочно-монтажного автомата КП 1671.
2. Назовите основные устройства сборочно-монтажного автомата КП 1671.
3. Что входит в состав управляющей программы УТП для автомата КП 1671 (какие команды)?
4. Назвать технологическую информацию, необходимую для разработки УТП автомата КП 1671.
5. Назвать геометрическую информацию, необходимую для разработки УТП автомата КП 1671.
6. Перечислить основные требования технологичности, предъявляемые к электронным ячейкам.
7. Рассказать о последовательности работы с программой САП УТП СБ2.

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. Иванов Ю.В. Проектирование операции сборки, выполняемых на оборудовании с ЧПУ: Учебное пособие. - М.: МГТУ, 1984.- 32 с.
3. Иванов Ю.В. Автоматизация сборки в условиях гибкого производства. - М.: ВНИИТЭМР. Серия 6.- 1988. - Выпуск 2. - 42 с.
4. Малов А.Н., Иванов Ю.В. Применение вычислительной техники для проектирования технологии обработки деталей на станках с ПУ:Уч.пособие. - М.: НТО Машпром. УТП в машиностроении , 1977. - 55 с.
5. Фигурнов В.Э. Руководство для пользователя IBM PC. - М.: Финансы и статистика, 1990. - 125 с.

Содержание:

	стр.
1. Введение, цель работы, объект исследования	3
2. Используемое оборудование и приборы.	3
3. Краткое содержание и порядок выполнения работы	3
4. Содержание отчета	3
5. Теоретическая часть. Автомат монтажа ИС2 КП 1671	4
6. Исследовательская часть.	7
7. Расчетная часть.	7
8. Оптимизация последовательности монтажа ЭК на плату.	8
9. Методика программирования.	25
10. Программное обеспечение САП УТП СВ1(3).	25
11. Контрольные вопросы. Литература.	31