

Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана

П. Н. Горюнов, Э. Н. Камышная, В. В. Маркелов

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭС и ЭВС**

Часть 3

Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана  
1995

Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана

П.Н.Горюнов, Э.Н.Камышная, В.В.Маркелов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭС и ЭВС  
Часть 3

Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана

1995

Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана

П.Н.Горюнов, Э.Н.Камышная, В.В.Маркелов  
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭС и ЭВС  
Часть 3

*Методические указания для курсового  
и дипломного проектирования*



Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана

1995

ББК 32.844  
Г 70

Рецензент *В.А. Овчинников*

Г 70 Горюнов П.Н., Камышная Э.Н., Маркелов В.В.

Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС и ЭВС:  
Метод. указания для курсового и дипломного проектирования. — М.: Изд-во  
МГТУ, 1995. — 36 е., ил.

Рассмотрены расчеты конструкторско-технологических параметров печатных плат, предложена методика расчетов, приведено решение контрольного примера с помощью ЭВМ.

Для студентов, изучающих курс «Автоматизация проектирования электронной аппаратуры».

Табл. 2. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

ББК 32.844

Редакция заказной литературы

Павел Николаевич Горюнов

Эмилия Николаевна Камышная

Виктор Васильевич Маркелов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭС И ЭВС

Редактор *И.Г. Ковалевская*

Корректор *О.В. Калашникова*

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995.

Подписано в печать. 26.01.95. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 2. Печ.л. 2,25.  
Усл.печ.л. 2,09. Уч.-изд.л. 1,83. Тираж 500 экз. Изд. № 10. Зака з 2 2 5 С  
Издательство МГТУ, типография МГТУ. 107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В методических указаниях рассматривается связь между способами изготовления и конструкторско-технологическими параметрами печатных плат, получаемых в процессе их производства. Приводятся методики расчета этих параметров.

Предлагаемые расчеты являются решением комплексной задачи обеспечения конструкторско-технологических параметров печатных плат в зависимости от способа их изготовления.

Данные расчеты могут быть проведены как для двусторонних, так и многослойных печатных плат.

Программное обеспечение реализовано на ПЭВМ, совместимой с IBM PC AT, и написано на языке BASIC. Результаты расчетов проиллюстрированы контрольным примером.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В данных методических указаниях рассматриваются программы расчета конструкторско-технологических параметров печатного монтажа: расчет «узких мест» на печатной плате, геометрии печатных проводников, расчеты по постоянному и переменному токам.

Программное обеспечение позволяет провести расчет числа печатных проводников между двумя контактными площадками в зависимости от расстояния между ними с учетом ширины печатного проводника, диаметра металлизированного отверстия (ширины пленарного вывода микросхемы), класса плотности и точности рисунка печатной платы, технологических характеристик используемого оборудования, метода изготовления печатной платы.

Расчеты с использованием данного программного обеспечения осуществляют в соответствии с техническим заданием (ТЗ) при наличии рабочих чертежей печатной платы и схемы электрической принципиальной.

При вводе исходных данных граничные (минимальные) значения основных параметров печатного монтажа (ширина проводника, ширина пояска контактной площадки, расстояния между элементами печатного монтажа) задаются в соответствии с классом плотности и точности рисунка печатной платы (по ТЗ). ТЗ должно содержать информацию о классе плотности и точности рисунка, допустимом напряжении помехи, частоте следования входных сигналов, значении тока, проходящего через проводник. Кроме того, должен быть задан (или выбран) метод изготовления печатной платы.

Основными исходными данными для конструкторско-технологических расчетов печатных плат являются:

класс плотности и точности рисунка печатной платы;

метод изготовления печатной платы;

диаметр металлизированного отверстия, мм;

погрешность расположения отверстий относительно заданных координат, зависящая от точности сверлильного станка, мм;

погрешность базирования платы на сверлильном станке, мм;

погрешность расположения контактной площадки на фотошаблоне относительно заданных координат, мм;

погрешность расположения печатных элементов при экспонировании и проявлении рисунка на плате, мм;

погрешность расположения базовых отверстий на фотошаблоне, мм;

погрешность расположения базовых отверстий на заготовке платы, мм;

погрешность экспонирования, мм;

допуск на изготовление окна фотошаблона, мм;

допуск на ширину линии при изготовлении фотошаблона, мм;

погрешность расположения проводников на фотошаблоне относительно заданных координат, мм;

шаг координатной сетки, мм;

толщина фольги, мм;

толщины слоев химического (гальванического) меднения, мм.

После выполнения каждого этапа расчетов студент делает вывод об обеспечении требований технического задания, а следовательно, о продолжении расчетов или о введении изменений в исходные данные и повторении расчета с целью выполнения требований ТЗ.

Обобщенный алгоритм программного обеспечения расчета конструкторско-технологических параметров печатных плат приведен в приложении 2, результаты выполнения контрольного примера — в приложении 1, исходные тексты отдельных программ — в приложении 3.

# РАСЧЕТЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

## 1. Расчет «узких мест» на печатной плате

Цель расчета — исходя из выбранной технологии производства печатной платы и класса плотности печатного монтажа определить диаметр контактной площадки, ширину проводника и число проводников, которые можно провести между двумя контактными площадками.

Минимально допустимый эффективный диаметр контактной площадки определяют из условия обеспечения гарантированной ширины медного пояска и с учетом технологических погрешностей (все размеры, если не указано иначе, даны в миллиметрах):

$$D_{1\min} = 2(b_{\min} + 0,5d_{\max} + \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{кп}}),$$

Где  $b_{\min}$  - минимально допустимая ширина пояска контактной площадки, зависящая от класса плотности рисунка (табл. 1).

*Таблица 1*

*Граничные значения основных параметров печатного монтажа*

| Наименование расчетного элемента печатного монтажа  | Обозначение | Класс плотности и точности рисунка |      |      |      |
|---|-------------|------------------------------------|------|------|------|
|   |             | 1                                  | 2    | 3    | 4    |
|   |             | Размеры элементов                  |      |      |      |
| Ширина проводников, мм  | $t_{1\min}$ | 0.6                                | 0.45 | 0.25 | 0.15 |
| Расстояние между проводниками, контактными площадками, проводником и контактной площадкой, мм | $l_p$       | 0.6                                | 0.45 | 0.25 | 0.15 |
| Ширина пояска контактной площадки, мм   | $b_{\min}$  | 0.15                               | 0.1  | 0.05 | 0.03 |

Погрешность расположения отверстия на плате



$$\delta_{\text{отв}} = \delta_0 + \delta_6,$$

Где  $\delta_0$  – погрешность расположения отверстия относительно заданных координат, зависящая от точности сверлильного станка.

$\delta_6$  - погрешность базирования платы на сверлильном станке.

Погрешность расположения контактной площадки на плате:

$$\delta_{\text{КП}} = \delta_{\text{ш}} + \delta_3 + 0,5(\delta_{\text{п}} + \delta_3),$$

где  $\delta_{\text{ш}}$  — погрешность расположения контактной площадки на фотошаблоне относительно заданных координат;

$\delta_3$ — погрешность расположения печатных элементе при экспонировании и проявлении рисунка на плате;

$\delta_{\text{п}}$ — погрешность расположения базовых отверстий совмещения на фотошаблоне;

$\delta_3$  — погрешность расположения базовых отверстий на заготовке платы.

Формулы для расчета минимально допустимых диаметров контактных площадок  $D_{\text{min}}$  и ширины печатных проводников  $t_{\text{min}}$  при отсутствии слоя металлорезиста и при использовании толстых масок приведены в табл. 2.

Таблица 2

Формулы для расчета минимально допустимых диаметров контактных площадок и ширины печатных проводников ( $D_{\text{min}}, t_{\text{min}}$ )

| Метод изготовления печатной платы | $D_{\text{min}}$   | $t_{\text{min}}$   |
|-----------------------------------|--|--|
| Химический                        | $D_{\text{min}} = D_{1\text{min}} + 1,5h_{\text{ф}}$                   | $t_{\text{min}} = t_{1\text{min}} + 1,5h_{\text{ф}}$                   |
| Комбинированный позитивный        | $D_{\text{min}} = D_{1\text{min}} + 1,5(h_{\text{ф}} + h_{\text{пм}})$ | $t_{\text{min}} = t_{1\text{min}} + 1,5(h_{\text{ф}} + h_{\text{пм}})$ |
| Электрохимический на СТЭК         | $D_{\text{min}} = D_{1\text{min}} + 1,5h_{\text{пм}}$                  | $t_{\text{min}} = t_{1\text{min}} + 1,5h_{\text{пм}}$                  |
| Электрохимический на СТПА-5       | $D_{\text{min}} = D_{1\text{min}} + 1,5(h_{\text{пм}} + 0,005)$        | $t_{\text{min}} = t_{1\text{min}} + 1,5(h_{\text{пм}} + 0,005)$        |
| Аддитивный                        | $D_{\text{min}} = D_{1\text{min}}$                                     | $t_{\text{min}} = t_{1\text{min}}$                                     |
| Фотоаддитивный                    | $D_{\text{min}} = D_{1\text{min}} + h_{\text{ХМ}}$                     | $t_{\text{min}} = t_{1\text{min}} + h_{\text{ХМ}}$                     |

Обозначения в табл. 2:

$h_f$  — толщина фольги;

$h_{пм}$  — толщина слоя предварительной металлизации (0,001...0,002 мм — для комбинированного позитивного и электрохимического на СТПА-5 методов; 0,005...0,007 мм — для электрохимического на СТЭК);

$h_{хм}$  — толщина слоя химически нанесенной меди.

Минимальный диаметр окна фотошаблона, гарантирующий получение диаметра контактной площадки не менее заданного, с учетом возможного уменьшения диаметра за счет подсвета при экспонировании рисунка

$$D_{ш\min} = D_{\min} + \Delta_э,$$

где  $\Delta_э$  — погрешность диаметра контактной площадки на плате при экспонировании рисунка.

Максимальный диаметр окна фотошаблона

$$D_{ш\max} = D_{ш\min} + \Delta D_{ш},$$

где  $\Delta D_{ш}$  — допуск на изготовление окна фотошаблона.

Максимальный диаметр контактной площадки на плате

$$D_{\max} = D_{ш\max} + \Delta_э.$$

Минимальная ширина линии на фотошаблоне

$$l_{ш\min} = l_{\min} + \Delta_э.$$

Максимальная ширина линии на фотошаблоне

$$t_{ш\max} = t_{ш\min} + \Delta t_{ш},$$

Где  $\Delta t_{ш}$  — допуск на ширину линии при изготовлении фотошаблона.

Максимальная ширина проводников

$$t_{\max} = t_{ш\max} + \Delta_{э}.$$

Расстояние между элементами принимают равным одному шагу координатной сетки. Минимальное расстояние между контактной площадкой отверстия и проводником

$$l_{МП} = l_1 - [(0,5D_{\max} + \delta_{ш}) + (0,5t_{\max} + \delta_t)],$$

где  $\delta_t$  — погрешность расположения проводников на фотошаблоне относительно заданных координат.

Минимальное расстояние между двумя проводниками

$$l_{ПП} = l_2 - (t_{\max} + 2\delta_t).$$

При  $l_{mn}, l_{nn} < l_p$  (см. табл. 1) расстояние  $l_1, l_2$  увеличивается на шаг координатной сетки и проводится повторное вычисление  $l_{mn}$  и (или)  $l_{nn}$ .

Число проводников между двумя монтажными отверстиями

$$N = L - 2l_1/l_2 + 1,$$

Где  $l$  — расстояние между двумя монтажными отверстиями.

Узкие места на плате

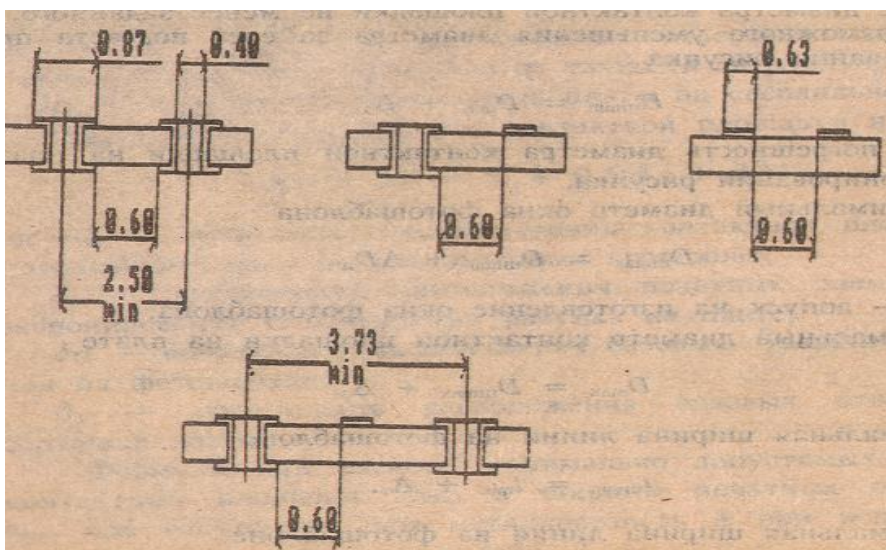


Рис. 1 Графические представления результатов расчета «узких мест» на печатной плате.

По результатам расчета делается вывод о соответствии геометрии рисунка печатной платы классу плотности и точности по техническому заданию.

Результаты расчета «узких мест» для контрольного примера приведены на рис. 1.

## 2. Расчет печатной платы по постоянному току

Цель расчёта — исследовать зависимость минимально допустимой ширины проводников на печатных платах, получаемых различными методами, от значения тока, проходящего по ним.

Данный расчет выполняется после расчета «узких мест» на печатной плате.

Ширину проводника определяют по формуле

$$b_{\text{ПР}} \geq \frac{I}{J_m \cdot t},$$

где  $b_{\text{пр}}$  — ширина проводника, мм;

$I$  — действующее значение тока, А;



$J_m$  — плотность тока в проводнике, А/мм<sup>2</sup>;

$t$  — толщина проводника, мм.

В результате расчета получим зависимость минимальной ширины печатного проводника от действующего значения тока, проходящего по проводнику (рис. 2). Затем по графику (см. рис. 2) необходимо определить ширину проводника  $b_{np}$  по заданному значению тока, протекающего через проводник. Сравнить значения минимальной ширины проводника, полученные после расчета «узких мест»  $t_{max}$  и  $b_{np}$ .

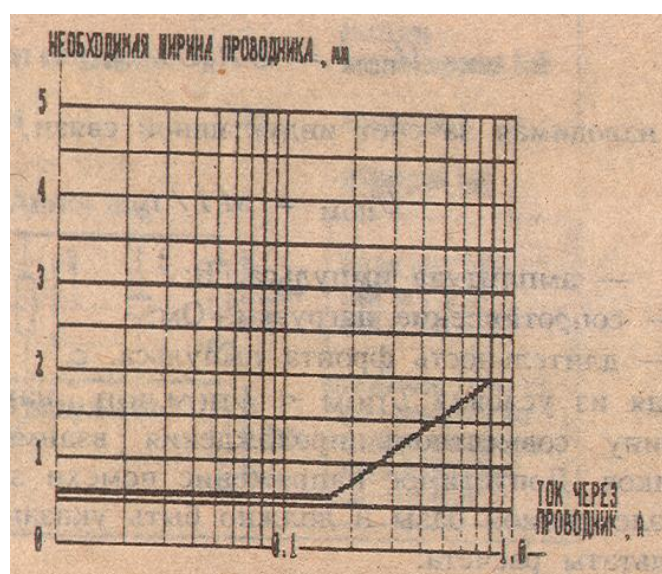


Рис. 2 результаты расчета платы по постоянному току.

Если  $t_{max} < b_{np}$ , то следует изменить класс плотности и точности рисунка, увеличив ширину проводника.

### 3. Расчет печатной платы по переменному току

Цель расчета — исследовать зависимость уровня взаимных помех между печатными проводниками от размеров, взаимного расположения проводников и используемой элементной базы.

Данный расчет проводится после расчета по постоянному току. Взаимная емкость между проводниками, пФ,

$$C = 0,12\varepsilon_r = l_c / \lg(2a / (b_{\text{ПР}} + t));$$

взаимная индуктивность между проводниками, мкГн,

$$M = 0,002l_c \ln\left(\frac{2l_c}{a + b_{\text{ПР}}}\right),$$

где  $\varepsilon_2$  — относительная диэлектрическая проницаемость материала печатной платы;

$l_c$  — длина совместного прохождения взаимно параллельных проводников, мм;

$a$  — расстояние между проводниками, мм;

$b_{\text{ПР}}$  — ширина проводников, мм;

$t$  — толщина проводников, мм; Помеха, наводимая за счет емкостной связи, В,

$$U_{\text{ПОМ}}^C = E R_{\text{Н}} C / t_{\phi};$$

помеха, наводимая за счет индуктивной связи, В,

$$U_{\text{ПОМ}}^L = M I / t_{\phi},$$

где  $E$  — амплитуда импульса, В;

$R_{\text{Н}}$  — сопротивление нагрузки, Ом;

$t_{\phi}$  — длительность фронта импульса, с,

Исходя из условия  $U_{\text{ПОМ}} < U_{\text{ПОМ.доп.}}$ , находим максимальную длину совместного прохождения взаимно параллельных проводников. Допустимое

напряжение помехи зависит от применяемой элементной базы и должно быть указано в ТЗ. Результаты расчета:

максимальная длина совместного прохождения двух печатных проводников, при которой при прохождении по одному из проводников одиночного импульса помеха, наводимая на другой проводник, не превышает допустимую;

зависимость значения взаимной емкости и индуктивности от расстояния между проводниками;

зависимость значения напряжения наводимой помехи от частоты сигналов, проходящих по активной линии при заданной длине совместного прохождения.

По полученным данным определяют:

длину совместного прохождения двух проводников, которая является максимальной для рассчитываемой печатной платы. В случае превышения этого значения следует, изменить конструкцию печатной платы;

значение взаимной емкости между печатными проводниками; значение взаимной индуктивности между печатными проводниками. В результате расчета для контрольного примера получена следующая информация (рис. 3, *а, б, в*):

максимальная длина совместного прохождения двух печатных проводников (рис. 3, *а*);

зависимость взаимной емкости и взаимной индуктивности между печатными проводниками от расстояния между проводниками (рис. 3,б);

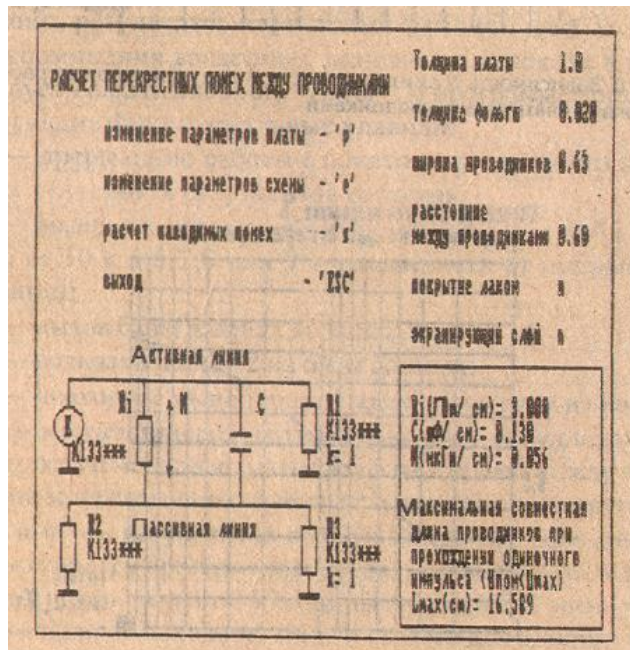


Рис. 3, а. Результаты расчета печатной платы по переменному току  
 зависимость значения напряжения наводимой помехи от частоты  
 сигналов, проходящих по активной при заданной длине совместного  
 прохождения проводников (рис. 3, в).

По полученным графикам необходимо определить значение длины  
 совместного прохождения проводников в зависимости от частоты. Это  
 значение должно удовлетворять требованиям помехоустойчивости. Если в  
 конструкции печатной платы имеются взаимно параллельные

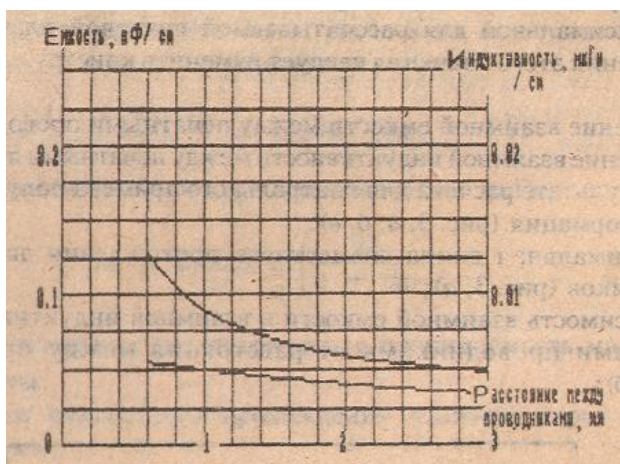




Рис. 3, б. Зависимость взаимных емкости и индуктивности от расстояния между печатными проводниками

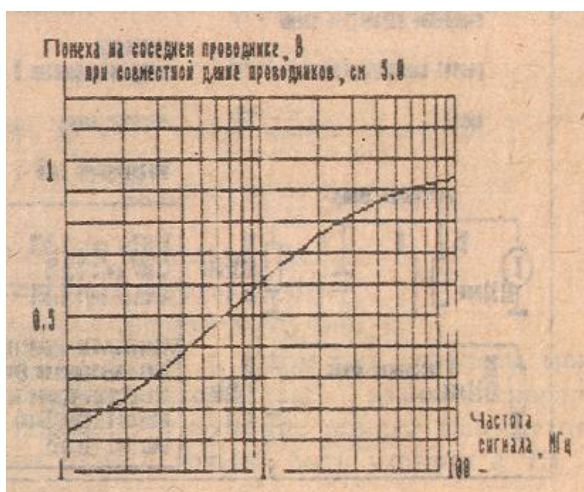


Рис. 3, в. Зависимость уровне помехи от частоты сигнала и длины совместного прохождения взаимно параллельных проводников  
проводники с длиной совместного прохождения большей, чем рассчитанная, то необходимо изменить конструкцию печатной платы.

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программное обеспечение состоит из следующих программ: ko.exe; plcga.exe; si.exe; as.exe. Для работы с пакетом программ необходимо вызвать программу ko.exe. В программе используется индикация красным цветом вводимой цифры или слова. Позиция вводимой цифры или слова может быть изменена с помощью клавиши со стрелками. Программа ko.exe содержит 11 кадров:

1. Выбор класса плотности монтажа.
2. Назначение допусков и погрешностей, ввод значений диаметра металлизированного отверстия и шага координатной сетки.
3. База данных (справочная информация по 2-му кадру).
4. Выбор метода изготовления печатной платы.

5—9. Ввод толщины слоев многослойной печатной платы для различных методов изготовления.

10. Результаты расчетов.

11. Запись результатов в текстовый файл (см. рис. 1).

Для запоминания введенных значений и перехода к следующему кадру следует нажать клавишу <Enter>. В программе ko.exe используются следующие функциональные клавиши:

<F1> — прерывание работы с пакетом программ без запоминания введенных значений и результатов расчетов;

<F2> — возврат к предыдущему кадру (от 2 к 1; от 4 к 2; от 5,6,7,8 или 9 к 4; от 10 к 5,6,7,8 или 9 в зависимости от выбранного метода изготовления);

<F3> — вызов базы данных из кадра 2;

<F4> — возврат к кадру 2 из базы данных;

<F5> — повторное выполнение пакета программ из кадра 10.

Знак «—» в таблице результатов означает, что при данном расстоянии между осями монтажных отверстий расстояние между контактными площадками меньше минимального для данного класса плотности.

После выдачи результатов расчета (кадр 10) нажатием клавиши <Enter> вызывается программа plcga.exe. после чего на экране появляются чертежи «узких мест». Указанные на чертеже минимальные расстояния вычисляются исходя из минимального для данного класса плотностей расстояния между двумя проводящими элементами. Нажатием клавиш <Enter> вызывается программа sl.exe, которая рассчитывает значение минимальной ширины проводника от действующего значения тока в проводнике. На экран выдается график данной зависимости (см. рис. 2).

Нажатием клавиши <Enter> вызывается программа as.exe. После запуска программы в правом нижнем углу экрана отображаются промежуточные результаты расчета по переменному току: погонная емкость линии связи; погонная взаимная индуктивность; сопротивление изоляции между проводниками; максимальная совместная длина проводников, при которой

помеха, наводимая на соседний проводник, не превысит допустимый уровень (см. рис. 3, а).

При нажатии клавиши <s> на экран выдаются зависимости емкости и индуктивности между проводниками от расстояния между ними, а также зависимость напряжения помехи на соседнем проводнике от частоты сигнала (см. рис. 3, б).

Если результаты расчетов не удовлетворяют требованиям ТЗ, то проводится редактирование исходных данных. Клавишей <e> вводят новые параметры эквивалентной электрической принципиальной схемы (см. рис. 3, а). Выбор элементов выполняют с помощью клавиш: <PgUp>, <PgDn>, <Enter>.

Клавиша <p> служит для редактирования конструкторско-технологических параметров печатной платы (толщина платы, толщина фольги, ширина проводников, расстояние между проводниками, наличие экранирующего слоя и покрытия лаком). После нажатия клавиши <p> необходимо последовательно вводить требуемые значения.

При нажатии <Enter> без ввода нового значения сохраняет старое.

После окончания редактирования программа возвращается в исходное состояние с новыми параметрам. Для окончания работы следует нажать клавишу <Esc>. После нажатия происходит возврат в программу ko.exe к кадру 11. Вводится имя текстового файла (не более 8 знаков) с расширением (не более 3 знаков). После нажатия клавиши <Enter> производится запись в текстовый файл на диск исходных данных и результатов.

Завершение работы с пакетом осуществляется нажатием любой клавиши.

## Литература

1. Технология ЭВА, оборудование и автоматизация : Учеб. пособие для студентов вузов специальности «Конструирование и производство ЭВА» / Алексеев В.Г.;, Гриднев В Н., Нестеров Ю.И. и др.—М.:8ыш. шк.,1984,— 392 с.

2. Шерстнев В.В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА: Учебник для вузов.—М.: Радио и связь, 1984.—272 с.

3. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А. Конструирование ЭВМ и систем: .Учеб. пособие для вузов —М.: Высш. шк.,1986.—512 с.

4. Парфенов ЕМ., Камышная Э. Я., Усачев Б.П. Проектирование конструкций ЭВА и РЭА: Учеб. пособие для вузов.—М.:Радио и связь, 1989.— 272 с.

## КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Рассчитать конструкторско-технологические параметры печатной платы.

### Исходные данные

|   |       |
|---|-------|
| Класс плотности и точности рисунка печатной платы   | 1     |
| Диаметр металлизированного отверстия, мм, (определяют из рабочего чертежа печатной платы)                                 | 0.400 |
| Погрешность расположения отверстия относительно заданных координат, зависящая от точности сверлильного станками           | 0.020 |
| Погрешность базирования платы на сверлильном станке, мм   | 0.010 |
| Погрешность расположения контактной площадки на фотошаблоне относительно заданных координат, мм                           | 0.020 |
| Погрешность расположения печатных элементов при экспонировании и проявлении рисунка на плате, мм                          | 0.010 |
| Погрешность расположения базовых отверстий на фотошаблоне, мм   | 0.010 |
| Погрешность расположения базовых отверстий на заготовке платы, мм0  | 0.010 |
| Погрешность экспонирования, мм  | 0.010 |
| Допуск на изготовление окна фотошаблона, мм   | 0.010 |
| Допуск на ширину линии при изготовлении фотошаблона, мм   | 0.010 |
| Погрешность расположения проводников на фотошаблоне относительно заданных координат, мм, (определяют по приложению 4)     | 0.010 |
| Шаг координатной сетки, мм  | 0.030 |
| Толщина фольги мм, (определяют из рабочего чертежа печатной платы)  | 2.500 |
| Ток, протекающий через проводник, А   | 0.1   |
| Допустимый уровень напряжения помехи, В   | 0.5   |
| Частота следования входных сигналов, МГц, (определяют применяемой элементной базой и схемой электрической принципиальной) | 2     |

## Результаты расчета:

### 1. Расчет «узких мест»

| Расстояние между контактными площадками, мм | Число проводников между контактными площадками |
|---|--|
| 2.500                                       | —  |
| 5.000                                       | 1  |
| 7.500                                       | 2  |
| 10.000                                      | 3  |
| 12.500                                      | 4  |
| 15.000                                      | 5  |
| 17.500                                      | 6  |
| 20.000                                      | 7  |
| 22.500                                      | 8  |
| 25.000                                      | 9  |
| 27.500                                      | 10   |
| 30.000                                      | 11   |
| 32.500                                      | 12   |
| 35.000                                      | 13   |

Ширина проводников, мм 0.630

Диаметр контактной площадки, мм 0.870

Результаты расчет приведены на рис. 1. Сравнивая полученные результаты с данными табл. 1, определяем, что требования ТЗ удовлетворяются.

### 2. Расчет по постоянному току.

По графику (см. рис. 2) определяем, что при токе, проходящем через проводник, равном 0.1 А,  $t_{\max} > b_{\text{пр}}$ . Требования ТЗ удовлетворяются.

### 3. Расчет по переменному току.

По графику (см. рис. 3, в) определяем, что при длине совместного прохождения проводников, равной 5 см, при частоте 2 МГц, напряжение помехи на соседнем проводнике составляет 0.3 В. Условие помехоустойчивости выполняется, требования ТЗ удовлетворяются.

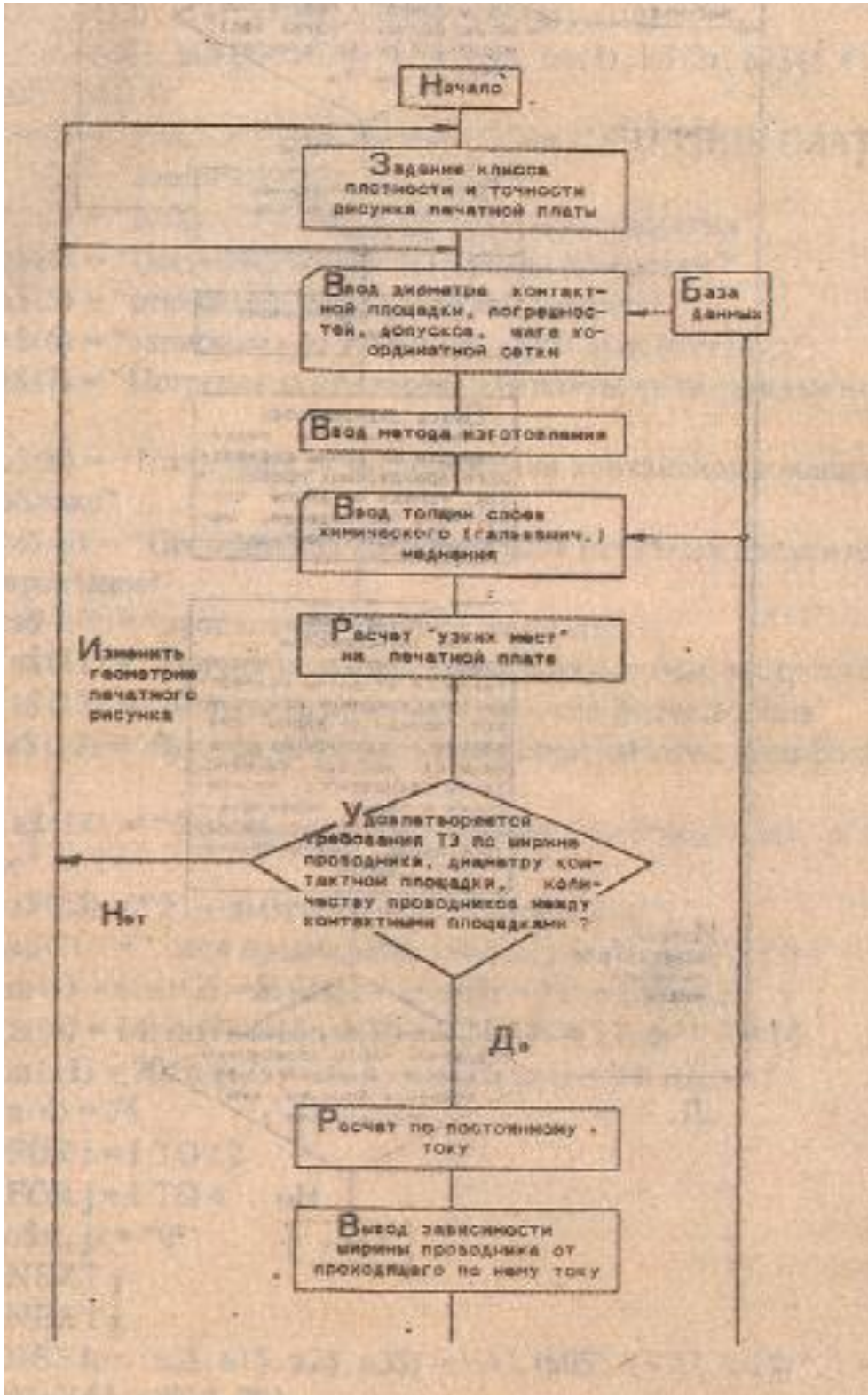
Данные о параметрах эквивалентной схемы электрической принципиальной, а также конструктивно-технологические параметры печатной платы

(толщина платы, толщина фольги, ширина проводников, расстояние между проводниками, наличие экранирующего слоя и покрытия лаком) приведены на рис. 3, а. При необходимости они могут быть изменены согласно инструкции по эксплуатации.

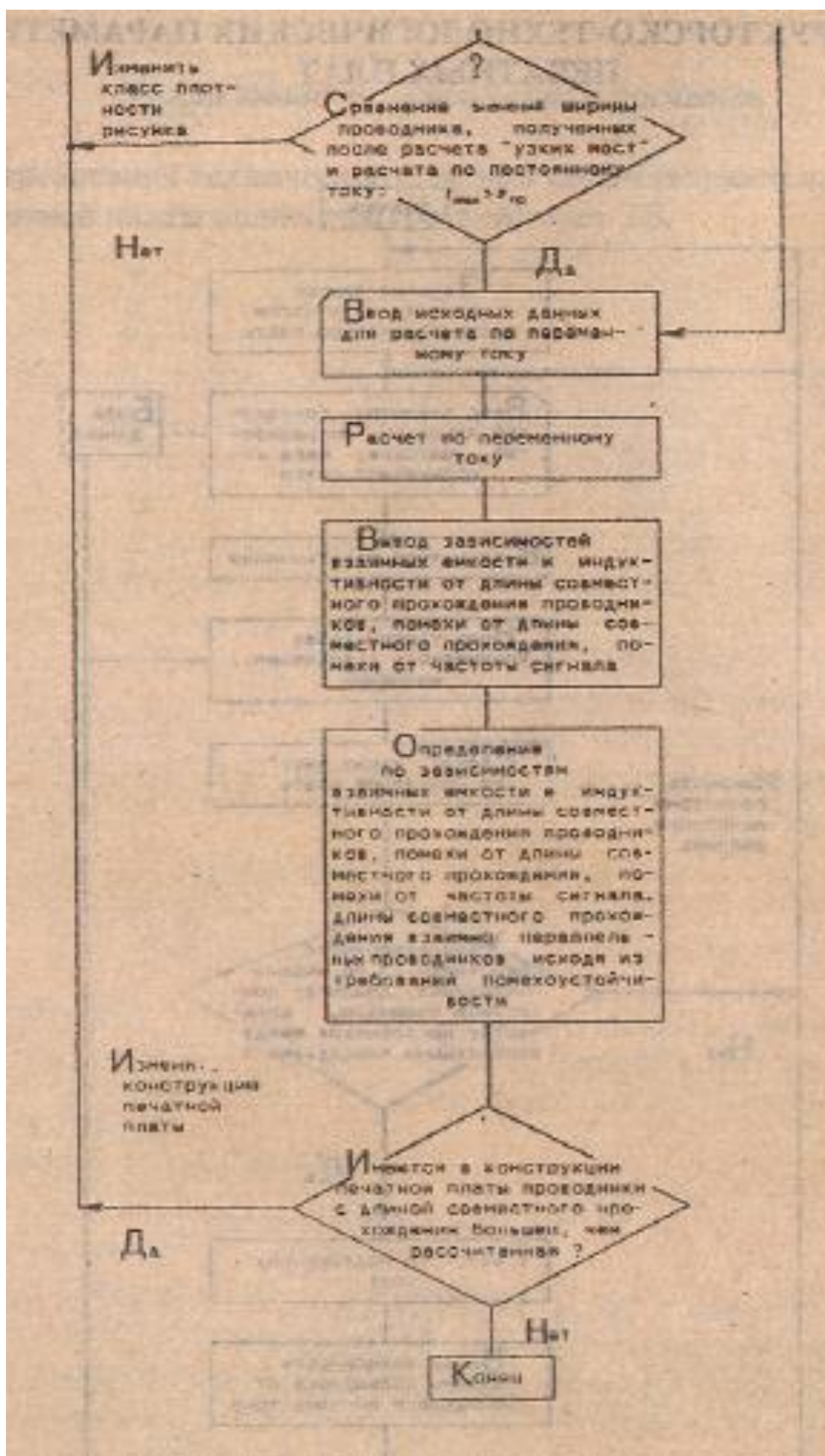
Общий вывод по результатам расчетов

Все требования технического задания удовлетворяются, конструкция печатной платы полностью соответствует ТЗ.

Обобщенный алгоритм расчетов конструкторско-технологических параметров печатных плат







## Исходные тексты программ

```

5 REM Текст программы KO.BAS
10 DIM a$(16), b(4), h(12,4) m(12), n(4), o$(12,4)
12 DIM r(12), s(4), v(12), b8$(4), b9$(4), c0(4)
15 DIM a6(6), b0$(4), b1(4), b3$(2,4), b4(4), b5(2), b7$(1,4)
16 DIM e6(14)
20 a$(1) = "РАСЧЕТ УЗКИХ МЕСТ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ"
30 a$(2) = "Введите исходные данные:"
40 a$(3) = "Диаметр металлизированного отверстия"
50 a$(4) = "Погрешность расположения отверстий "
60 a$(5) = "относительно заданных координат"
70 a$(6) = "зависящая от точности сверлильного станка"
80 a$(7) = "Погрешность базирования платы на сверлильном стан-
ке"
90 a$(8) = "Погрешность расположения контактной площадки на
фотошаблоне"
100 a$(9) = "Погрешность расположения печатных элементов при
экспонировании"
110 a$(10) = "проявлении рисунка на плате"
120 a$(11) = "Погрешность расположения базовых отверстий"
130 a$(12) = "Допуск на изготовление окна фотошаблона"
140 a$(13) = "Допуск на ширину линии при изготовлении фотошаб-
лона"
150 a$(14) = "Погрешность расположения проводников на фото-
шаблоне"
160 a$(15) = "F1—выход F2—редактирование"
170 a$(16) = "слоя предварительной металлизации": c = 1
171 m(1) = 6: m(2) = 8: m(3) = 9: m(4) = 11: m(5) = 13
172 m(6) = 14: m(7) = 15: m(8) = 16: m(9) = 17: m(10) = 18
173 m(11) = 20: m(12) = 21: n(1) = 72: n(2) = 74: n(3) = 75
174 n(4) = 76
175 FOR i = 1 TO 12
176 FOR j = 1 TO 4
177 o$(i, j) = "0"
178 NEXT j
179 NEXT i
180 DEF fnx (a0$, a1$, a2$, a3$) = VAL (a0$) + VAL (a1$)*. 1 + VAL
(a2$)*. 01+VAL(a3$)*. 001
181 a5 = 1: b1(1) = 19: b1(2) = 21: b1(3) = 22: b1(4) = 23: b4(1) = 46
182 b4(2) = 48: b4(3) = 49: b4(4) = 50: b5(1) = 13: b5(2) = 14

```



```

183 FOR i = 1 TO 4
184 b0$(i) = "0": b7$(1, i) = "0": b8$(i) = "0": b9$(i) = "0"
185 NEXT i
186 FOR i = 1 TO 2
187 FOR j = 1 TO 4
188 b3$(i, j) = "0"
189 NEXT j
190 NEXT i
191 c0(1) = 43: c0(2) = 45: c0(3) = 46: c0(4) = 47
198 SCREEN 9
199 CLS : COLOR 7
220 LINE (0, 136)-(640, 136)
230 LINE (415, 184)-(640, 184)
231 LINE (0, 230)-(640, 230)
232 LINE (0, 340)-(640, 340)
240 LOCATE 4, 23
250 PRINT a$(1)
260 LOCATE 5, 1
270 PRINT "Выберите класс плотности печатного монтажа"
280 LOCATE 8, 3
290 PRINT "Граничные значения основных параметров печатного
монтажа"
300 LOCATE 11, 57
310 PRINT "Размеры элементов для класса плотности печатного
монтажа"
340 LOCATE 19, 1
350 PRINT "Ширина проводников, мм 0.6 0.45 0.25 0.1"
360 PRINT "Расстояние между проводниками, контактными пло-
щадками, проводником"
370 PRINT "и контактной площадкой, мм 0.6 0.45 0.25 0.15"
380 PRINT "Ширина пояска контактной площадки, мм 0.15 0.1
0.05 0.03"
390 LINE (415, 110)-(415, 310)
400 LINE (470, 160)-(470, 310)
410 LINE (530, 160)-(530, 310)
420 LINE (580, 160)-(580, 310)
430 COLOR 9
440 LOCATE 25, 1
450 PRINT "F1—выход"
460 FOR i = 1 TO 4
470 b(i) = 7
480 NEXT i
490 b(c) = 4

```

```

500 FOR i=1 TO 4
510 COLOR b(i)
520 LOCATE 13, 48 + 7 * i
530 PRINT i
560 NEXT i
570 d$ = ""
580 d$ = INKEY$
590 IF d$ = "" THEN 570
595 IF ASC(d$) = 13 THEN 690
600 IF ASC(d$) <> 0 THEN 570
605 e0 = ASC(RIGHT$(d$, 1))
606 IF e0 = 59 THEN 40000
610 IF ASC(RIGHT$(d$, 1)) <> 75 THEN 650
620 c = c - 1
630 IF c = 0 THEN c = 1
640 GOTO 460
650 IF ASC(RIGHT$(d$, 1)) <> 77 THEN 570
660 c = c + 1
670 IF c = 5 THEN c = 4
680 GOTO 460
690 IF c <> 1 THEN 730
700 c = .6
710 f = .6
720 g = .15
730 IF c <> 2 THEN 770
740 c = .45
750 f = .45
760 g = .1
770 IF c <> 3 THEN 810
780 c = .25
790 f = .25
800 g = .05
810 IF c <> 4 THEN 841
820 c = .15
830 f = .15
840 g = .03
841 FOR i=1 TO 12
842 FOR j=1 TO 4
843 q$(i, j) = o$(i, j)
844 NEXT j
845 NEXT i
847 FOR i=1 TO 4
848 s(i) = n(i)

```



```

849 NEXT i
851 FOR i = 1 TO 12
852 r(i) = m(i)
853 NEXT i
854 k = 1: l = 1
855 CLS
860 SCREEN 0
870 COLOR 7
880 LOCATE 3, 1
890 PRINT a$(2)
900 LOCATE 7, 1
910 PRINT a$(3); ",mm"
920 PRINT a$(4); a$(5); ", "
930 PRINT a$(6); ",mm"
940 PRINT a$(7); ",mm"
950 PRINT a$(8)
960 PRINT a$(5); ",mm"
970 PRINT a$(9)
980 PRINT a$(10); ",mm"
990 PRINT a$(11); "совмещения на фотошаблоне,mm"
1000 PRINT a$(11); "на заготовке платы,mm"
1010 PRINT "Погрешность экспонирования,mm"
1020 PRINT a$(12); ",mm"
1030 PRINT a$(13); ",mm"
1040 PRINT a$(14)
1050 PRINT "заданных координат,mm"
1060 PRINT "Шаг координатной сетки,mm"
1070 COLOR 9
1080 LOCATE 25, 1
1090 PRINT a$(15); "F3—помощь"
1170 t = 12
1180 GOSUB 10000
1190 IF u = 1 THEN 40000
1200 IF u = 2 THEN 198
1210 IF u = 3 THEN 1340
1220 FOR i = 1 TO 12
1230 FOR j = 1 TO 4
1240 o$(i, j) = q$(i, j)
1250 NEXT j
1260 NEXT i
1270 FOR i = 1 TO 12
1280 v(i) = fnx(o$(i, 1), o$(i, 2), o$(i, 3), o$(i, 4))
1290 NEXT i

```

```

1300 z = v(2) + v(3)
1310 w = v(4) + v(5) + .5 * (v(6) + v(7))
1320 y = 2 * (g + .5 * v(1) + z + w)
1330 GOTO 1650
1340 CLS
1350 SCREEN 0
1360 COLOR 7
1370 LOCATE 3, 38
1380 PRINT "ПОМОЩЬ"
1390 LOCATE 6, 1
1400 PRINT a$(3); " 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.3, 1.5, 1.8, 2.0 mm"
1410 PRINT a$(4); a$(5); ", "
1420 PRINT a$(6); " _____ 0.02-0.10mm"
1430 PRINT a$(7); " _____ 0.01-0.03mm"
1440 PRINT a$(8)
1450 PRINT a$(5); " _____ 0.02-0.06mm"
1460 PRINT a$(9)
1470 PRINT a$(10); " _____ 0.01-0.03mm"
1480 PRINT a$(11); "совмещения на фотошабл. 0.01-0.05mm"
1490 PRINT a$(11); "на заготовке платы _____ 0.01-0.03mm"
1500 PRINT "Погрешность экспонирования _____ 0.01-0.03mm"
1510 PRINT a$(12); " _____ 0.01-0.03mm"
1520 PRINT a$(13); " _____ 0.03-0.06mm"
1530 PRINT a$(14)
1540 PRINT "заданных координат _____ 0.03-0.06mm"
1550 PRINT "Шаг координатной сетки 2.500, 1.250, 0.625, 0.500
mm"
1560 COLOR 9
1570 LOCATE 25, 47
1580 PRINT "F4—возврат"
1590 a4$ = ""
1600 a4$ = INKEY$
1610 IF a4$ = "" THEN 1590
1620 IF ASC(a4$) < 0 THEN 1590
1630 IF ASC(RIGHT$(a4$, 1)) < 62 THEN 1590
1640 GOTO 855
1650 CLS
1660 SCREEN 0
1670 COLOR 7
1680 LOCATE 5, 1
1690 PRINT "Выберите метод изготовления платы:"
1700 COLOR 9
1710 LOCATE 25, 1

```



```

1720 PRINT a$(15)
1740 FOR i = 1 TO 6
1750 a6(i) = 7
1760 NEXT i
1770 a6(a5) = 4
1780 COLOR a6(1)
1790 LOCATE 10, 27
1800 PRINT "Химический"
1810 COLOR a6(2)
1820 LOCATE 12, 27
1830 PRINT "Комбинированный позитивный"
1840 COLOR a6(3)
1850 LOCATE 14, 27
1860 PRINT "Электрохимический на СТЭК"
1870 COLOR a6(4)
1880 LOCATE 16, 27
1890 PRINT "Электрохимический на СТПА-5"
1900 COLOR a6(5)
1910 LOCATE 18, 27
1920 PRINT "Аддитивный"
1930 COLOR a6(6)
1940 LOCATE 20, 27
1950 PRINT "Фотоаддитивный"
1960 a7$ = ""
1970 a7$ = INKEY$
1980 IF a7$ = "" THEN 1960
1985 IF ASC(a7$) = 13 THEN 2110
1990 IF ASC(a7$) <> 0 THEN 1960
2000 IF ASC(RIGHT$(a7$, 1)) <> 72 THEN 2040
2010 a5 = a5 - 1
2020 IF a5 = 0 THEN a5 = 1
2030 GOTO 1740
2040 IF ASC(RIGHT$(a7$, 1)) <> 80 THEN 2080
2050 a5 = a5 + 1
2060 IF a5 = 7 THEN a5 = 6
2070 GOTO 1740
2080 IF ASC(RIGHT$(a7$, 1)) = 59 THEN 40000
2090 IF ASC(RIGHT$(a7$, 1)) <> 60 THEN 1960
2100 GOTO 841
2110 IF a5 <> 5 THEN 2150
2120 a8 = y
2130 a9 = c
2135 td=.03

```

```

2140 GOTO 2160
2150 GOSUB 11000
2160 IF a5 <> 1 THEN 2420
2170 COLOR 7
2180 LOCATE 5, 23
2190 PRINT "ПРИ ХИМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ"
2200 LOCATE 13, 9
2210 PRINT "фольги, мм ."
2220 LOCATE 18, 16
2230 PRINT "фольги 0.020, 0.035, 0.050 мм"
2240 FOR j = 1 TO 4
2250 d7$(j) = b0$(j)
2251 NEXT j
2255 FOR i = 1 TO 4
2260 d6(i) = b1(i)
2270 NEXT i
2300 d5 = 1
2310 GOSUB 12000
2320 IF d9 = 1 THEN 40000
2330 IF d9 = 2 THEN 1650
2350 FOR j = 1 TO 4
2360 b0$(j) = d7$(j)
2370 NEXT j
2390 b2 = fnx(b0$(1), b0$(2), b0$(3), b0$(4))
2400 a8 = y + 1.5 * b2
2410 a9 = c + 1.5 * b2
2415 id = b2
2420 IF a5 <> 2 THEN 2720
2430 COLOR 7
2440 LOCATE 5, 16
2450 PRINT "ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ПОЗИТИВНОМ МЕТОДЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ"
2460 LOCATE 13, 8
2470 PRINT a$(16); ", мм ."
2480 PRINT "Толщина фольги, мм ."
2490 LOCATE 18, 15
2500 PRINT a$(16); " 0.001-0.002 мм"
2510 PRINT "толщина фольги 0.020, 0.035, 0.050 мм"
2520 FOR i = 1 TO 2
2530 FOR j = 1 TO 4
2540 q$(i, j) = b3$(i, j)
2550 NEXT j

```



```

2560 NEXT i
2561 FOR i = 1 TO 4
2562 s(i) = b4(i)
2563 NEXT i
2564 FOR i = 1 TO 2
2570 r(i) = b5(i)
2580 NEXT i
2590 i = 2
2591 k = 1
2592 l = 1
2600 GOSUB 10000
2610 IF u = 1 THEN 40000
2620 IF u = 2 THEN 1650
2630 FOR i = 1 TO 2
2640 FOR j = 1 TO 4
2650 b3$(i, j) = q$(i, j)
2660 NEXT j
2670 NEXT i
2680 b6 = fnx(b3$(1, 1), b3$(1, 2), b3$(1, 3), b3$(1, 4))
2690 b2 = fnx(b3$(2, 1), b3$(2, 2), b3$(2, 3), b3$(2, 4))
2700 a8 = y + 1.5 * (b2 + b6)
2710 a9 = e + 1.5 * (b2 + b6)
2715 id = b2 + b6 + .02
2720 IF a.5 <> 3 THEN 2990
2730 COLOR 7
2740 LOCATE 5, 16
2750 PRINT "ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ИЗГО-
ТОВАЛЕНИЯ НА СТЭК"
2760 LOCATE 13, 8
2770 PRINT a$(16); ",mm."
2780 LOCATE 18, 15
2790 PRINT a$(16); " 0.005-0.007 mm"
2800 FOR i = 1 TO 1
2810 FOR j = 1 TO 4
2820 q$(i, j) = b7$(i, j)
2821 NEXT j
2822 NEXT i
2825 FOR i = 1 TO 4
2830 s(i) = b4(i)
2840 NEXT i
2850 r(1) = 13
2860 k = 1
2865 l = 1

```

```

2870 t=1
2880 GOSUB 10000
2890 IF u=1 THEN 40000
2900 IF u=2 THEN 1650
2910 FOR i=1 TO 1
2920 FOR j=1 TO 4
2930 b7$(i, j) = q$(i, j)
2940 NEXT j
2950 NEXT i
2960 b6 = fnx(b7$(1, 1), b7$(1, 2), b7$(1, 3), b7$(1, 4))
2970 a8 = y + 1.5 * b6
2980 a9 = c + 1.5 * b6
2985 td=b6+.025
2990 IF a5 <> 4 THEN 3260
3000 COLOR 7
3010 LOCATE 5, 15
3020 PRINT "ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ИЗГО-
ТОВЛЕНИЯ НА СТПА-5"
3030 LOCATE 13, 8
3040 PRINT a$(16); ",mm."
3050 LOCATE 18, 15
3060 PRINT a$(16); " 0.001-0.002 mm"
3080 FOR j=1 TO 4
3090 d7$(j) = b8$(j)
3091 NEXT j
3094 FOR i=1 TO 4
3100 d6(i) = b4(i)
3110 NEXT i
3135 d5=1
3150 GOSUB 12000
3160 IF d9=1 THEN 40000
3170 IF d9=2 THEN 1650
3190 FOR j=1 TO 4
3200 b8$(j) = d7$(j)
3210 NEXT j
3230 b6 = fnx(b8$(1), b8$(2), b8$(3), b8$(4))
3240 a8 = y + 1.5 * (b6 + .005)
3250 a9 = c + 1.5 * (b6 + .005)
3255 td=b6+.03
3260 IF a5 <> 6 THEN 3530
3270 COLOR 7
3280 LOCATE 5, 22

```



3290 PRINT "ПРИ ФОТОАДДИТИВНОМ МЕТОДЕ ИЗГОТОВ-  
ЛЕНИЯ"

3300 LOCATE 13, 9

3310 PRINT "слоя химически нанесенной меди, мм ."

3320 LOCATE 18, 16

3330 PRINT "слоя химически нанесенной меди 0.020-0.025 мм"

3350 FOR j= 1 TO 4

3360 d7\$(j) = b9\$(j)

3361 NEXT j

3365 FOR i= 1 TO 4

3370 d6(i) = c0(i)

3380 NEXT i

3400 d5 = 1

3420 GOSUB 12000

3430 IF d9= 1 THEN 40000

3440 IF d9= 2 THEN 1650

3460 FOR j= 1 TO 4

3470 b9\$(j) = d7\$(j)

3480 NEXT j

3500 c1 = fnx(b9\$( 1), b9\$( 2), b9\$(3), b9\$( 4))

3510 a8 = y + c1

3520 a9 = e

3525 id=c1

3530 c2 = a8 + v(8)

3540 c3 = c2 + v(9)

3550 c4 = c3 + v(8)

3560 c5 = a9 + v(8)

3570 c6 = c5 + v(10)

3580 c7 = c6 + v(8)

3590 c8 = v(12)

3600 c9 = v(12)

3610 d0 = c8 - (.5 \* c4 + v(4)) + (.5 \* c7 + v(11))

3620 IF d0 >= f THEN 3650

3630 c8 = c8 + v(12)

3640 GOTO 3610

3650 d1 = c9 - (c7 + 2 \* v(11))

3660 IF d1 >= f THEN 3690

3670 c9 = c9 + v(12)

3680 GOTO 3650

3690 cls

3700 SCREEN 9

3710 COLOR 7

3720 PRINT

```

3730 PRINT "Расстояние между контактными площадками"
3735 PRINT "Количество проводников между"
3740 PRINT "контактными площадками"
3750 LINE (0, 60)-(640, 60)
3760 LOCATE 6, 1
3761 c5=0
3770 FOR i = 1 TO 14
3780 d2 = INT(((v(12) * i - 2 * c8) / c9) +.5) + 1
3790 PRINT USING "##.###"; v(12) * i;
3800 IF v(12) * i - 2 * a8 < f THEN PRINT " -":c6(i)=1:goto 3820
3804 IF d2 > 0 THEN 3810
3805 PRINT " 0":c6(i)=0
3806 if c5=1 then 3820
3807 c5=1
3808 lm=v(12)*i
3809 goto 3820
3810 if c5=1 then 3819
3811 c5=1
3812 lm=v(12)*i
3819 PRINT USING "##"; d2:c6(i)=d2
3820 NEXT i
3830 LINE (0, 270)-(640, 270)
3840 LOCATE 21, 1
3850 PRINT "Ширина проводников,мм";
3851 print using "##.###"; a9
3860 PRINT "Диаметр контактной площадки,мм";
3861 print using "##.###"; a8
3870 LINE (0, 330)-(640, 330)
3880 COLOR 9
3890 LOCATE 25, 1
3900 PRINT a$(15); " F5--начало"
3910 COLOR 7
3920 LINE (400, 0)-(400, 315)
3930 d3$ = ""
3940 d3$ = INKEY$
3950 IF d3$ = "" THEN 3930
3951 if asc(d3$)=13 then 4020
3960 IF ASC(d3$) <> 0 THEN 3930
3970 IF ASC(RIGHT$(d3$, 1)) = 9 THEN 4000
3980 IF ASC(RIGHT$(d3$, 1)) = 63 THEN 10
3990 IF ASC(RIGHT$(d3$, 1)) <> 60 THEN 3930
4000 IF a5 <> 5 THEN 2150
4010 GOTO 1650

```



```

4020 if a5<>1 then 4050
4030 im=20
4040 if a5<>2 then 4110
4050 if b2<>.02 then 4070
4060 im=75
4070 if b2<>.035 then 4090
4080 im=48
4085 goto 4120
4090 im=38
4100 goto 4120
4110 im=25
4120 open "o",#1,"pl.ddd"
4130 print #1,v(1);a8;f;f;a9;v(12);td;lm;im
4140 close #1
4150 shell "plcga"
4160 shell "sl"
4170 shell "as"
4180 goto 30000
10000 REM Π/n sbona
10030 FOR i=1 TO t
10040 FOR j=1 TO 4
10050 h(i, j) = 7
10060 NEXT j
10070 NEXT i
10080 h(k, l) = 4
10090 FOR i=1 TO t
10100 FOR j=1 TO 4
10110 COLOR h(i, j)
10120 LOCATE r(i), s(j)
10130 PRINT q$(i, j)
10140 NEXT j
10150 NEXT i
10160 p$ = ""
10170 p$ = INKEY$
10180 IF p$ = "" THEN 10160
10190 IF ASC(p$) <> 13 THEN 10240
10200 k = k + 1
10210 IF k > l THEN 10525
10220 l = l + 1
10230 GOTO 10030
10240 IF ASC(p$) < 48 THEN 10340
10250 IF ASC(p$) > 57 THEN 10340
10260 q$(k, l) = p$

```

```

10270 I=I+1
10280 IF I <> 5 THEN 10030
10290 k = k + 1: I = 1
10300 IF k <= t THEN 10030
10310 k = 1
10320 I = 4
10330 GOTO 10030
10340 IF ASC(p$) < 0 THEN 10160
10350 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) < 72 THEN 10390
10355 IF k = 1 THEN 10160
10360 k = k - 1
10370 I = 1
10380 GOTO 10030
10390 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) < 75 THEN 10430
10400 IF I = 1 THEN 10160
10410 I = I - 1
10420 GOTO 10030
10430 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) < 77 THEN 10480
10450 IF I = 4 THEN 10160
10460 I = I + 1
10470 GOTO 10030
10480 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) < 80 THEN 10530
10490 IF k = t THEN 10160
10500 k = k + 1
10510 I = 1
10520 GOTO 10030
10525 u = 0
10530 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) = 59 THEN u = 1
10560 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) = 60 THEN u = 2
10570 IF ASC(RIGHT$(p$, 1)) = 61 THEN u = 3
10580 RETURN
11000 REM П/п кадр const
11010 CLS
11020 SCREEN 0
11030 COLOR 7
11040 LOCATE 4, 23
11050 PRINT a$(1)
11060 LOCATE 9, 1
11070 PRINT a$(2)
11080 LOCATE 14, 1
11090 PRINT "Толщина "
11100 LOCATE 19, 1
11110 PRINT "Помощь:толщина "

```



```

11120 COLOR 9
11130 LOCATE 25, 1
11140 PRINT a$(15)
11150 RETURN
12000 REM П/п 1 строка
12010 FOR j= 1 TO 4
12020 d4(j) = 7
12030 NEXT j
12040 d4(d5) = 4
12050 FOR j= 1 TO 4
12060 COLOR d4(j)
12070 LOCATE 13, d6(j)
12080 PRINT d7$(j)
12090 NEXT j
12100 d8$ = ""
12110 d8$ = INKEY$
12120 IF d8$ = "" THEN 12100
12130 IF ASC(d8$) <> 13 THEN 12160
12140 d9 = 0
12150 GOTO 12430
12160 IF ASC(d8$) < 48 THEN 12240
12170 IF ASC(d8$) > 57 THEN 12240
12180 d7$(d5) = d8$
12190 d5 = d5 + 1
12200 IF d5 <> 5 THEN 12010
12210 d5 = 4
12220 GOTO 12010
12230 IF ASC(d8$) <> 0 THEN 12100
12240 IF ASC(RIGHT$(d8$, 1)) <> 75 THEN 12280
12250 IF d5 = 1 THEN 12100
12260 d5 = d5 - 1
12270 GOTO 12010
12280 IF ASC(RIGHT$(d8$, 1)) <> 77 THEN 12410
12290 IF d5 = 4 THEN 12100
12300 d5 = d5 + 1
12400 GOTO 12010
12410 IF ASC(RIGHT$(d8$, 1)) = 59 THEN d9 = 1
12420 IF ASC(RIGHT$(d8$, 1)) <> 60 THEN 12100
12430 d9 = 2
12440 RETURN
10000 cls
10010 print "Для записи исходных данных и результатов вычисле-

```

ний в"

```

30020 line input"текстовый файл введите имя файла ";e5$
30060 open "o",#1,e5$
30070 print #1," ";a$(1)
30080 if a5=1 then print #1," ПРИ ХИМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ИЗ-
ГОТОВЛЕНИЯ"
30090 if a5=2 then print #1," ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ПОЗИ-
ТИВНОМ"
30100 if a5=3 then print #1," ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ НА
СТЭК"
30110 if a5=4 then print #1," ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ НА
СТПА-5"
30120 if a5=5 then print #1," ПРИ АДДИТИВНОМ МЕТОДЕ ИЗ-
ГОТОВЛЕНИЯ"
30130 if a5=6 then print #1," ПРИ ФОТОАДДИТИВНОМ МЕТОДЕ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ"
30310 if a5=1 then 30320
30315 if a5<>2 then 30330
30330 if a5=3 then 30340
30335 if a5<>4 then 30350
30340 print #1,"Толщина";a$(16);",mm";
30345 print #1,using"###";b6
30350 if a5=5 then 30380
30360 if a5<>6 then 30380
30430 for i=1 to 14
30435 e7=v(12)*i
30450 if e6(i)<0 then print #1,"-";goto 30470
30470 next i
31000 e8$=""
31010 e8$=inkey$
31020 if e8$="" then 31000
31030 e9=0
40000 end
01010D0n0 10Q0u0i0t0 0 030345 priZ&:,using"###";b6
30350 if a5=5 then 30380
30360 if a5=6 then 30380
30430 for i=1 to 14
30435 e7=v(12)*i
30450 if e6(i) then print #1,"-";goto 30470
30470 next i
31000 e8$=""
31010 e8$=inkey$
31020 if e8$="" then 31000
31030 e9=0
40000 end

```



ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ.

|   |                |
|---|----------------|
| Погрешность расположения базовых отверстий совмещения на фотошаблоне  |                |
| Погрешность расположения базовых отверстий на заготовке платы   |                |
| Погрешность экспонирования  |                |
| Допуск на изготовление окна фотошаблона   |                |
| Допуск на ширину линии при изготовлении фотошаблона   |                |
| Погрешность расположения проводников на фотошаблоне относительно заданных координат                           |                |
| Погрешность расположения отверстий относительно заданных координат. зависящая от точности сверлильного станка | 0.02 – 0.10 мм |
| Погрешность базирования платы на сверлильном станке   | 0.01 – 0.03 мм |
| Погрешность расположения контактной площадки на фотошаблоне относительно заданных координат                   | 0.02 – 0.06 мм |
| Погрешность расположения печатных элементов при экспонировании и проявлении рисунка на плате                  | 0.01 – 0.03 мм |
| Погрешность расположения базовых отверстий совмещения на фотошаблоне  | 0.01 – 0.05 мм |
| Погрешность расположения базовых отверстий на заготовке платы   | 0.01 – 0.03 мм |
| Погрешность экспонирования  | 0.01 – 0.03 мм |
| Допуск на изготовление окна фотошаблона   | 0.01 – 0.03 мм |
| Допуск на ширину линии при изготовлении фотошаблона   | 0.03 – 0.06 мм |
| Погрешность расположения проводников на фотошаблоне относительно заданных координат                           | 0.03 – 0.06 мм |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Предисловие   | 4  |
| Общие сведения по применению программного обеспечения конструкторско-технологических расчетов печатных плат | 5  |
| Расчеты конструкторско-технологических параметров печатных плат   | 7  |
| Расчет «узких мест» на печатной   | 7  |
| Расчет печатной платы по постоянному току   | 11 |
| Расчет печатной платы по переменному току.  | 12 |
| Инструкция по эксплуатации программного обеспечения   | 16 |
| Литература  | 18 |
| Приложение 1. Контрольный пример  | 20 |
| Приложение 2. Обобщенный алгоритм расчетов конструкторско-технологических параметров печатных плат          | 23 |
| Приложение 3. Исходные тексты программ  | 25 |
| Приложение 4. Параметры технологического оборудования и технологические погрешности.                        | 40 |