

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

Э. Н. КАМЫШНАЯ, Е. М. ПАРФЕНОВ, В. В. ШЕРСТНЕВ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ
РАСЧЕТОВ РЭА И ЭВА

Часть I

Методические указания
для курсового и дипломного проектирования

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

Э.Н. Каминная, В.М. Перфилов, В.В. Шерстнев

Утверждены
редсоветом МВТУ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭА И ЭВА

Часть I

Методические указания
для курсового и дипломного проектирования

Под редакцией Б.И. Белова

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом.

Рассмотрены и одобрены кафедрой П-8 02.06.86 г., методической комиссией факультета П 18.06.86 г. и учебно-методическим управлением 22.10.86 г.

Рецензент к.т.н. доц. Овчинников В.А.

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

Редактор В.Т. Карасева

Корректор Л.И.Малютина

Заказ 83 Объем 2,25 п.л. + I вкл. (2,25 уч.-изд.) Тираж 500 экз.
Бесплатно. Подписано к печати 04.12.87 г. План 1987 г., № 62

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

Предисловие

Методические указания предназначены помочь студентам при выполнении курсовой работы по конструированию РЭА и ЭВА, а также курсового и дипломного проекта и представляют собой программное обеспечение инженерных методов расчета теплового режима модулей второго уровня и экранирования РЭА и ЭВА на стадиях технического и рабочего проектирования.

В пособии раскрывается функциональное назначение программ, приводятся входные и выходные данные, дается описание логической структуры и инструкция по эксплуатации программ.

Методика предназначена для проведения расчетов электронной аппаратуры на интегральных микросхемах (ИС) и дискретных электро-радиоэлементах (ЭРЭ), объединенных на печатных платах в модули второго уровня (блоки, приборы). Блоки могут иметь и не иметь индивидуальный кожух. В последнем случае не имеет место экранирование блока.

Особенностью разработанных программ является использование языка Бэйсик. В числе достоинств Бэйсика простота и возможность диалогового режима работы с программой, что позволит в зависимости от полученных результатов принимать решения о конструктивных изменениях и о пересчете по программе при новых исходных данных и тем самым сократить время получения конечного результата. Предлагаемые программы реализованы на ЭВМ типа "Электроника-60", ДБК-1, СМ-4. Результаты работы программ приведены в контрольных примерах.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРОГРАММ В КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТАХ

В данных методических указаниях рассматриваются программы расчета теплового режима при естественном охлаждении и экранирования РЭА и ЭВА.

Анализ предлагаемых программ позволяет дать рекомендации относительно их самостоятельного и совместного применения при проведении конструкторских расчетов.

Программа расчета теплового режима может быть использована: при проверочном расчете максимальной температуры кожуха, нагретой зоны (НЗ), критичного к перегреву компонента блока (прибора);

при исследовании перегрева кожуха, НЗ, компонента блока (прибора);

при определении мощности, рассеиваемой каждой платой блока (прибора), если заданы размеры блока (прибора);

при исследовании оптимального размещения плат в блоке (приборе) по рассеиваемой мощности;

при исследовании влияния характера поверхности кожуха блока (прибора) на эффективность теплообмена лучеиспусканием;

при исследовании перегрева компонента в зависимости от коэффициента перфорации кожуха блока (прибора).

Программа расчета экранирования может быть использована:

при проверочном расчете ослабления внешнего поля внутри экранируемого блока (прибора);

при выборе материала, толщины и формы экрана для обеспечения заданного ослабления;

при расчете максимально возможных размеров перфорированных отверстий в блоках (приборах);

при исследовании эффективности экранирования в зависимости от направления магнитного поля вдоль различных сторон кожуха блока (прибора);

при исследовании эффективности экранирования в диапазоне частот помехи.

При выборе конструкции блока (прибора) проводится комплекс конструкторских расчетов по взаимосвязанным программам. Например, при наличии в кожухе перфорированных отверстий (ПО) экранирование ослабляется за счет проникновения внешнего поля через ПО. В этом случае должна быть обеспечена совместная работа программ. В целом совместное использование программ может быть рекомендовано при исследовании:

влияния особенностей конструкции экрана на эффективность экранирования;

материала и окраски кожуха, а также их влияния на эффективность экранирования и перегрев кожуха блока (прибора);

эффективности экранирования и перегрева блока в зависимости от размеров экрана;

перегрева источника помехи при его экранировании.

Расчеты по предлагаемым программам необходимо проводить при наличии технического задания (ТЗ), сборочного (сб.) чертежа, рабочих чертежей отдельных деталей.

2. ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ЭРА И ЭВА

2.1. Функциональное назначение

Программа предназначена для расчета теплового режима блоков (приборов) в условиях естественного охлаждения РЭА и ЭВА. Для проведения расчета должна быть составлена тепловая модель (рис. 1) блока (прибора), внутри которой выделяется область, называемая нагретой зоной.

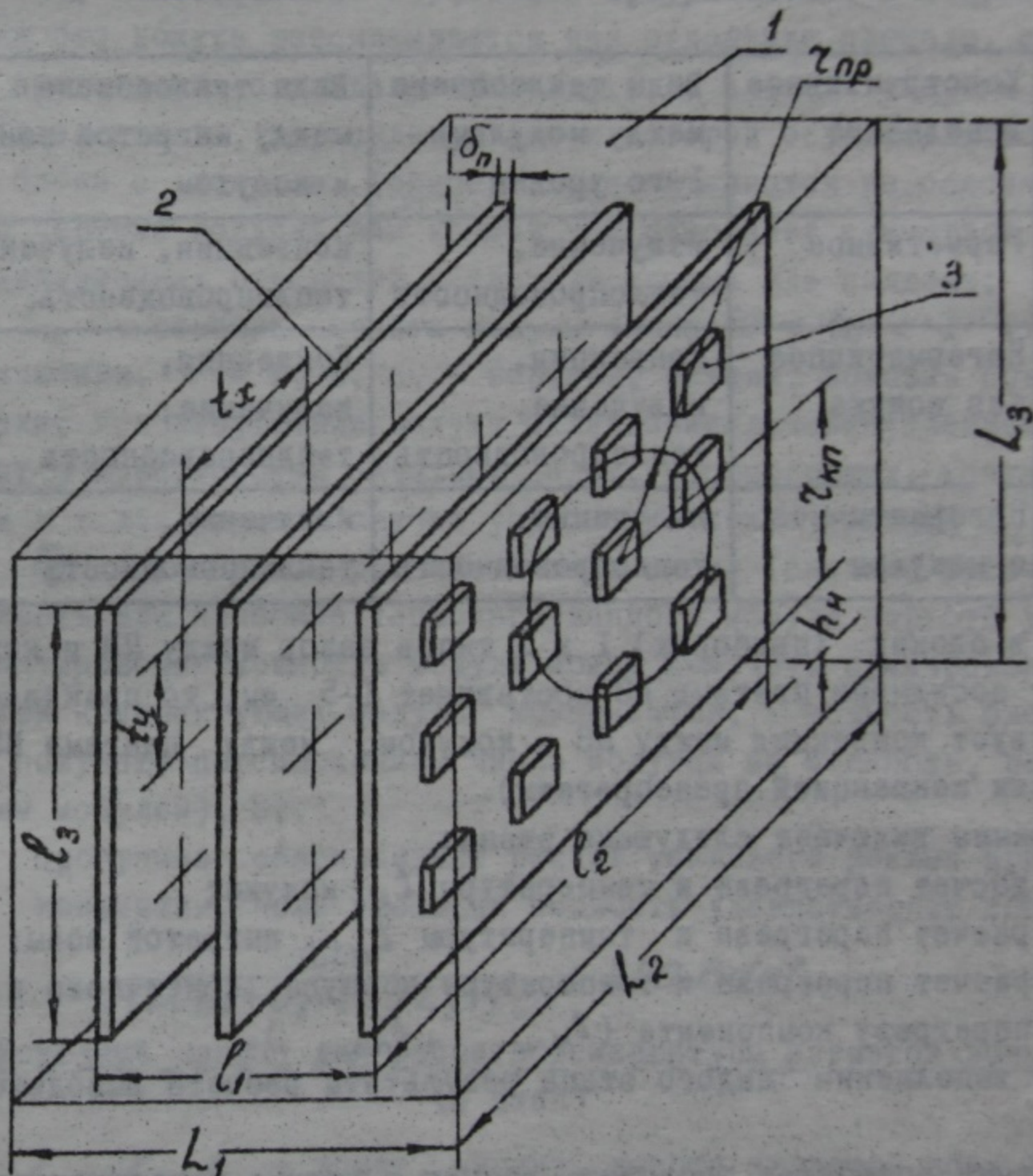


Рис. 1. Тепловая модель:

- 1 - кожух; 2 - модуль первого уровня;
- 3 - микросхема (микросборка, дискретный ЭРЭ)

В зависимости от конструктивных особенностей в блоке (приборе) выделяются одна или несколько НЗ, для которых и проводится

расчет теплового режима. Нагретая зона блока, выполненного в виде набора печатных плат, представляет собой параллелепипед с размерами, несколько меньшими размеров набора печатных плат. В НЗ не входят поверхности на платах, служащие для установки лицевых панелей, соединителей, а также поверхности у краев плат, предназначенные для установки по направляющим.

Классификация конструкций блоков РЭА и ЭВА представлена в таблице. Различают три типа конструкции блоков в зависимости от конструктивного исполнения [2].

Условное обозначение (тип)	Конструктивное исполнение	Виды теплообмена между модулями I-го уровня	Виды теплообмена между нагретой зоной и кожухом
1	Герметичное	Излучение, теплопроводность	Конвекция, излучение, теплопроводность
2	Негерметичное без кожуха	Конвекция, излучение, теплопроводность	Конвекция, излучение, теплопроводность
3	Негерметичное с кожухом	Излучение, теплопроводность	Излучение, теплопроводность

Если в блоках (приборах) I и 3 типов зазор между НЗ и кожухом, между соседними платами НЗ составляет 1-5 мм, то практически отсутствует конвекция между НЗ и кожухом, между платами НЗ (охлаждением конвекцией пренебрегаем).

Программа включает следующие этапы:

- I - расчет перегрева и температуры t_k кожуха;
- II - расчет перегрева и температуры $t_{НЗ}$ нагретой зоны;
- III - расчет перегрева и температуры корпуса, критичного к перегреву компонента ($t_{кмс}$, $t_{кэрэ}$).

После выполнения каждого этапа результаты расчета выводятся на печать.

Программа позволяет проводить расчет в режиме естественного охлаждения. Если в результате расчета окажется, что температура поверхности корпуса компонента больше допустимой ($t_{мс(эрэ)} \geq t_{доп}$), то естественное охлаждение не обеспечивается нормальным тепловым режимом блока (прибора) и в этом случае необходимо применить принудительное охлаждение блока (прибора).

2.2. Входные данные

Исходные данные для расчета температуры кожуха блока (I этап, рис. 2)

- t - максимальная температура окружающей среды (из ТЗ);
- H_1 - давление окружающей среды (из ТЗ, при отсутствии данных в ТЗ берется нормальное атмосферное давление $1,013 \cdot 10^5$ Па), Па;
- L_1, L_2, L_3 - длина, ширина, высота блока (из сб. чертежа), м;
- K_n - коэффициент перфорации кожуха блока, $0 \leq K_n \leq 1$; для блока без кожуха рассчитывается как отношение площади, свободной для прохождения охлаждающего воздуха, к площади стороны условного параллелепипеда, перпендикулярно к которой осуществляется обдув; для блока с кожухом (прибора) рассчитывается на основании рабочего чертежа поддона или крышки как отношение суммарной площади вентиляционных отверстий к площади крышки или поддона;
- ϵ_i - степень черноты кожуха блока, $0 < \epsilon_i < 1$ (табл. I приложения, $i = в, н, б$ - верхняя, нижняя, боковая поверхности кожуха; при отсутствии кожуха охлаждение лучеиспусканием происходит с поверхностей печатных плат, направляющих, монтажной панели и т.д., в этом случае усредненно можно принять $\epsilon_i = 0,5$);
- P_0 - мощность, рассеиваемая в блоке (сначала рассчитывают мощность для наиболее теплонегруженного модуля первого уровня; ориентировочно мощность модуля можно получить суммированием мощностей комплектующих модуль компонентов; мощность блока (прибора) получают перемножением числа модулей на мощность, рассеиваемую одним модулем), Вт.

Программа обеспечивает расчет теплового режима при естественной конвекции, если удельная мощность удовлетворяет соотношению

$$\frac{P_0}{[L_1 \cdot L_2 + L_3 \cdot (L_1 + L_2)]} \leq 600 \text{ Вт/м}^2.$$

Исходные данные для расчета температуры нагретой зоны блока (II этап)

- l_1, l_2, l_3 - длина, ширина, высота нагретой зоны (рис. I), м;
- h_n - воздушный зазор между нагретой зоной и нижней поверхностью кожуха (из сб. чертежа, при отсутствии кожуха $h_n = 0$), м;
- H_2 - давление внутри блока (из ТЗ, при отсутствии данных в ТЗ берется нормальное атмосферное давление $1,013 \cdot 10^5$ Па), Па;
- $\epsilon_{пр i}$ - приведенная степень черноты, $0 < \epsilon_{пр i} < 1$ (для большинства конструкций $\epsilon_{пр i} \approx 0,5$; $i = в, н, б$ - верхняя, нижняя и

боковая поверхности нагретой зоны);

S_A - площадь контакта рамки модуля платы (при отсутствии рамки теплоотводом может служить каркас), $S_A \geq 0$ (из сб. чертежа), м^2 ;

P - усилие прижима модуля к несущей конструкции, Па,

$P \geq 0$; если $P \neq 0$, то вводится признак материала рамки модуля (1 - сплав алюминия, 2 - сплав меди);

$P_{ок}$ - мощность, рассеиваемая элементами, установленными на несущую конструкцию; при отсутствии таких элементов $P_{ок} = 0$ Вт;

G_B - производительность вентилятора при внутреннем перемешивании воздуха, кг/с; если вентилятора нет, то $G_B = 0$;

$N2$ - тип конструктивного исполнения блока (1, 2 или 3, таблица на с. 6).

Исходные данные для расчета температуры МС или ЭРЭ (III этап)

Q_3 - мощность компонента [3], Вт;

S_3 - суммарная площадь поверхности компонента и радиатора (из раб. чертежа, при отсутствии радиатора учитывается площадь компонента), м^2 ;

S_{30} - площадь основания компонента [3], м^2 ;

δ_3 - зазор между основанием компонента и печатной платой (из сб. чертежа), м;

λ_3 - коэффициент теплопроводности материала, заполняющего зазор между основанием компонента и печатной платой (табл. 2 приложения), Вт/(м·К);

$\chi_{кп}$ - расстояние от центра анализируемого компонента до ближайшего края печатной платы (рис. 1), м;

δ_n - толщина печатной платы (рис. 1 и раб. чертеж платы), м;

λ - коэффициент теплопроводности платы (табл. 2 приложения), Вт/(м·К);

t_x, t_y - шаг установки компонентов (рис. 1 и сб. чертеж), м;

N - число компонентов, влияющих на тепловой режим анализируемого компонента (при расчете учитывать только соседние компоненты, т.е. расположенные не далее $\chi_{лр}$ от рассчитываемого);

$\chi_{лр}$ берется на основании рис. 1 и сб. чертежа); для каждого i -го компонента ($i = 1, N$), влияющего на тепловой режим анализируемого компонента ($i = 0$), вводятся следующие данные:

χ_i - расстояние между геометрическими центрами анализируемо-

го и i -го компонентов ($r_i < r_{пр}$), м;

$Q_{эi}$ - мощность, рассеиваемая i -м компонентом, Вт;

$r_{кпi}$ - расстояние от центра i -го компонента до ближайшего края печатной платы (из раб. чертежа), м.

Если способ установки или размеры i -го компонента отличаются от способа или размеров ($i - 1$)-го компонента, то вводятся дополнительно переменные $S_{эi}$, $S_{э0i}$, $\delta_{зi}$, $\lambda_{зi}$, где из [3]:

$S_{эi}$ - площадь всей поверхности i -го компонента и радиатора (из раб. чертежа), м²;

$S_{э0i}$ - площадь основания i -го компонента, м²;

$\delta_{зi}$ - зазор между основанием i -го компонента и печатной платой (из сб. чертежа), м;

$\lambda_{зi}$ - коэффициент теплопроводности материала, заполняющего зазор между основанием i -го компонента и печатной платой (табл. 2 приложения), Вт/(м·К).

2.3. Описание логической структуры

Алгоритм расчета теплового режима блока (прибора) показан на рис. 2. Логическая структура программы может быть представлена следующим образом (в скобках указаны номера строк, соответствующих проводимым расчетам).

Печать заголовка (10 - 30).

I. Ввод исходных данных для расчета I этапа (40 - 540):

- расчет перегрева и температуры кожуха блока - I этап (550 - 1160);

- печать результатов расчета I этапа (1170 - 1200).

II. Ввод исходных данных для расчета II этапа (1210 - 1640):

- расчет перегрева и температуры нагретой зоны - 2-й этап, (1650 - 2230);

- печать результатов расчета II этапа (2240 - 2290).

III. Ввод исходных данных для расчета III этапа (2300 - 2550), (3140 - 3270):

- расчет перегрева и температуры корпуса компонента - III этап (2560 - 3080), (3280 - 3670);

- печать результатов расчета III этапа (3090 - 3130).

Алгоритм реализован программой, текст которой представлен в приложении.

2.4. Контрольный пример

Однорядовый, электронный блок имеет негерметичное исполнение с кожухом (3-й тип). Кожух блока перфорирован в крышке и поддоне. Конструкционный материал кожуха - листовой дюралюминий Д16

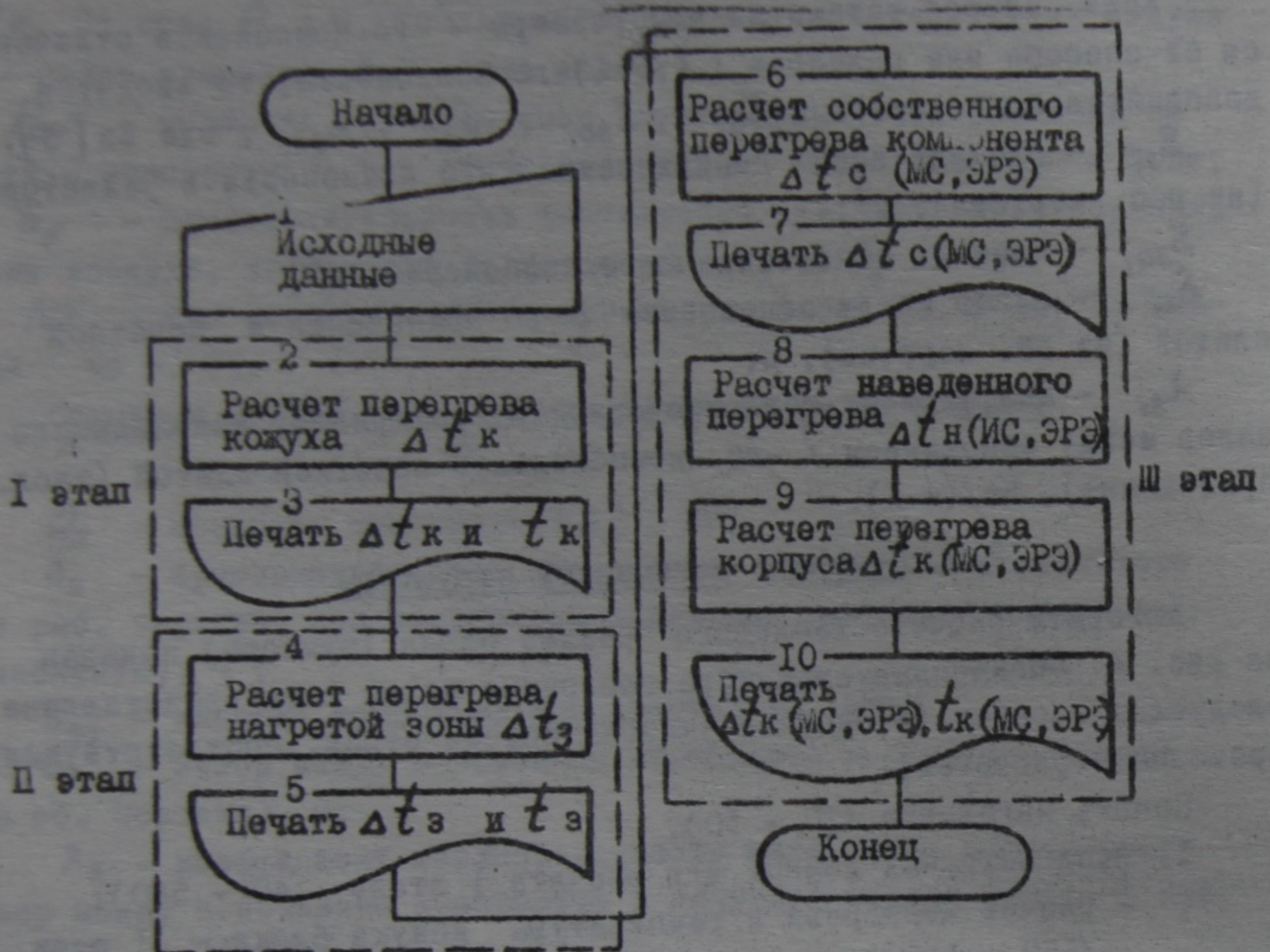


Рис. 2. Схема алгоритма расчета теплового режима толщиной 1 мм, окраска эмалевая. Расположение компонентов на плате - одностороннее.

О₁ - сделать температуру кожуха блока (прибора), НЗ, поверхности МС в центре платы.

Исходные значения параметров для расчета теплового режима вводятся с клавиатур. дисплея в диалоговом режиме и для данного конструктивного исполнения блока указаны в распечатке результатов работы программы на ЭВМ.

>>>> РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА <<<<<
ВВЕДИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ [ГРАД. С] ?24
ДАВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ [ПА]
(ОТ 0.1 ПА ДО 1.013E5 ПА)?100000
ДЛИНУ, ШИРИНУ, ВЫСОТУ БЛОКА [М]

? .194, .094, .319
ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРФОРАЦИИ КОЖУХА БЛОКА ? .25
ЕСЛИ СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ КОЖУХА БЛОКА ОДИНАКОВА У ВСЕХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЖУХА, ТО ВВЕДИТЕ ЕЕ, А ЕСЛИ ОНА РАЗЛИЧНА,
ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ ? .92
ЗАДАЙТЕ МОЩНОСТЬ, ВЫДЕЛЯЮЩУЮСЯ В БЛОКЕ [ВТ] ?45

***** РАСЧЕТ ПЕРЕГРЕВА КОЖУХА*****

РЕЖИМ ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЛОКА -
-ЛАМИНАРНЫЙ (1/4 СТЕПЕНИ)
РЕЖИМ ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЛОКА -
-ТУРБУЛЕНТНЫЙ (1/3 СТЕПЕНИ)
ПЕРЕГРЕВ КОЖУХА БЛОКА = 16.20731 ГРАД. С
ТЕМПЕРАТУРА КОЖУХА БЛОКА = 40.20731 ГРАД. С

ВВЕДИТЕ ДЛИНУ, ШИРИНУ И ВЫСОТУ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ БЛОКА [М]
? .17, .068, .205
ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА МЕЖДУ НАГРЕТОЙ ЗОНОЙ И
НИЖНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КОЖУХА [М] ? .057
ВВЕДИТЕ ДАВЛЕНИЕ ВНУТРИ БЛОКА [ПА]
(ОТ 0.1 ПА ДО 1.013E5 ПА)?100000

ЕСЛИ ПРИВЕДЕННАЯ СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ ОДИНАКОВА У ВСЕХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ, ТО ВВЕДИТЕ ЕЕ, А ЕСЛИ ОНА РАЗЛИЧНА,
ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ ? .5
ВВЕДИТЕ ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА РАМКИ МОДУЛЯ С КОЖУХОМ [М*М]
?0
ВВЕДИТЕ УСИЛИЕ ПРИЖИМА МОДУЛЯ К КОЖУХУ [ПА] ?0
ВВЕДИТЕ МОЩНОСТЬ РАССЕИВАЕМУЮ КОМПОНЕНТАМИ, УСТАНОВЛЕННЫМИ
НЕПОСРЕДСТВЕННО НА КОЖУХ [ВТ], ЕСЛИ ТАКИХ НЕТ,
ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ ?0
ВВЕДИТЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЕНТИЛЯТОРА ПРИ ВНУТРЕННЕМ
ПЕРЕМЕШИВАНИИ ВОЗДУХА [КГ/С], ЕСЛИ ВЕНТИЛЯТОРА НЕТ,
ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ

?0
ВВЕДИТЕ НОМЕР КОНСТРУКЦИИ БЛОКА (1, 2 ИЛИ 3) ?1
ВВЕДИТЕ 0-ЕСЛИ ВСЕ ДАННЫЕ 2-ГО ЭТАПА ВВЕДЕНА БЕЗ ОШИБОК ИЛИ
1-ЕСЛИ ТРЕБУЕТСЯ ПОВТОРИТЬ ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ?0

***** РАСЧЕТ ПЕРЕГРЕВА НАГРЕТОЙ ЗОНЫ БЛОКА *****
ПЕРЕГРЕВ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ БЛОКА = 42.22387 ГРАД.
ТЕМПЕРАТУРА НАГРЕТОЙ ЗОНЫ = 66.22387 ГРАД. С
СРЕДНЕОБЪЕМНЫЙ ПЕРЕГРЕВ ВОЗДУХА = 29.21559 ГРАД.

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПОНЕНТА
0-ДЛЯ ОКОНЧАНИЯ РАСЧЕТА

?1

ВВЕДИТЕ МОЩНОСТЬ КОМПОНЕНТА [ВТ] ?1.25

ВВЕДИТЕ СУММАРНУЮ ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ КОМПОНЕНТА И
ЕГО РАДИАТОРА [М*М] ?.0022

ВВЕДИТЕ ПЛОЩАДЬ ОСНОВАНИЯ КОМПОНЕНТА [М*М] ?.000864
ТОЛЩИНУ ЗАЗОРА МЕЖДУ ОСНОВАНИЕМ КОМПОНЕНТ И
ПЕЧАТНОЙ ПЛАТОЙ [М] ?.0001

ВВЕДИТЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МАТЕРИАЛА, ЗАПОЛНЯЮЩЕГО
ЭТОТ ЗАЗОР [ВТ/(М*К)] ?.01

ВВЕДИТЕ РАССТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА КОМПОНЕНТА ДО
КРАЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [М]? .02

ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [М]? .0015

КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПЛАТЫ [ВТ/(М*К)] ? .3

ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ РАСПОЛОЖЕНИИ КОМПОНЕНТОВ В МОДУЛЕ
2-ПРИ ДВУСТОРОННЕМ РАСПОЛОЖЕНИИ КОМПОНЕНТОВ ?1

ВВЕДИТЕ ШАГ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ ПО ОСИ X И Y [М]
?.039, .047

ВВЕДИТЕ 0-ЕСЛИ ВСЕ ДАННЫЕ 3-ГО ЭТАПА ВВЕДЕНЫ БЕЗ ОШИБОК ИЛИ
1-ЕСЛИ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ТРЕБУЕТСЯ ВВЕСТИ ЗАНОВО ?0

ПРЕДЕЛЬНЫЙ РАДИУС ВЗАИМНОГО ТЕПЛОВОГО ВЛИЯНИЯ = .3084357E-1 М

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ
РАСПОЛОЖЕННЫХ НЕ ДАЛЕЕ ЧЕМ .3084357E-1 М ОТ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМ-
ПОНЕНТА, Т.Е. ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ЕГО ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ?1
ВВЕДИТЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА
И 1 ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИМ КОМПОНЕНТОМ [М] ? .03

СЛЕДУЮЩИЕ ЗАПРОСЫ ОТНОСЯТСЯ К ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕМУ
КОМПОНЕНТУ, ВЛИЯЮЩЕМУ НА ТЕПЛ. РЕЖИМ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА

ВВЕДИТЕ МОЩНОСТЬ, РАССЕИВАЕМУЮ КОМПОНЕНТОМ [ВТ] ?1.25

ВВЕДИТЕ РАССТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА КОМПОНЕНТА ДО
КРАЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [М]

? .02

ОТЛИЧАЮТСЯ ЛИ РАЗМЕРЫ ИЛИ СПОСОБ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТА N 1
ОТ РАЗМЕРОВ ИЛИ СПОСОБА УСТАНОВКИ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА N 0
(1-ДА / 0-НЕТ) ?0

ТРЕБУЕТСЯ ЛИ ПОВТОРИТЬ ВВОД ПОСЛЕДНЕЙ ГРУППЫ ИСХОДНЫХ
ДАННЫХ (0-НЕТ / 1-ДА) ?0

***** РАСЧЕТ ПЕРЕГРЕВА КОРПУСА КОМПОНЕНТА *****

ПЕРЕГРЕВ КОРПУСА РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА = 73.21056 ГРАД.
ТЕМПЕРАТУРА КОРПУСА КОМПОНЕНТА = 97.21056 ГРАД. С

Анализ результатов расчета. Температура корпуса микросхемы $94,5^{\circ}\text{C}$. Аппаратура разрабатывается с использованием 155-й серии. По ТУ допустимая температура корпуса этой серии 70°C .

Вывод. Необходимо использовать принудительную систему охлаждения. Если допустимая температура корпуса микросхемы окажется выше 70°C на 20% (погрешность методики расчета), то можно рекомендовать естественную систему охлаждения.

5. ПРОГРАММА РАСЧЕТА ЭКРАНИРОВАНИЯ РЭА И ЭВА

3.1. Функциональное назначение

Программа предназначена для расчета защищенности от воздействий магнитостатического, электромагнитного, электростатического полей при решении задач АНАЛИЗА и СИНТЕЗА [4].

При решении задачи АНАЛИЗА на практике обычно пользуются эффективностью экранирования \mathcal{E} , представляющей собой коэффициент экранного затухания в логарифмических единицах - децибеллах (дБ). Задача СИНТЕЗА непосредственно связана с расчетом толщины стенок экрана и определением экранирующего эффекта.

Существуют расчетные формулы для определения эффективности магнитостатического, электромагнитного экранирования экранов цилиндрической (рис. 3), сферической (рис. 4), в форме параллелепипеда - прямоугольный экран (рис. 5) из различных материалов (табл. 3 приложения), а также электростатического экранирования.

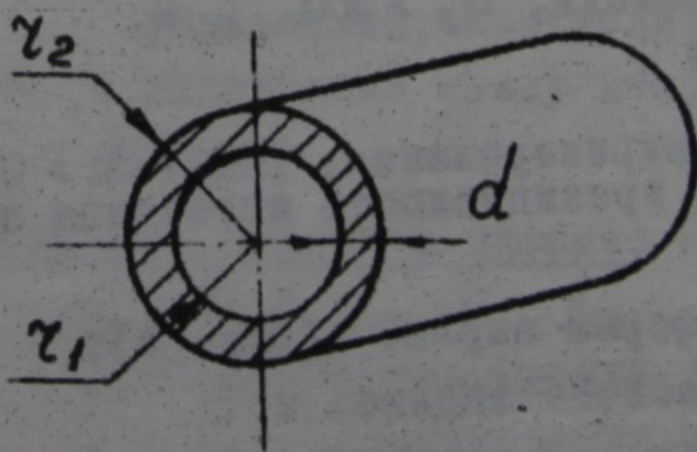


Рис. 3 Цилиндрический экран

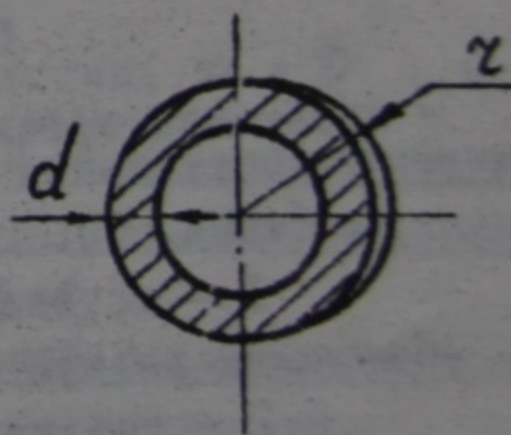


Рис. 4. Сферический экран

Расчет электромагнитного экранирования проводится в дальней ($r > \lambda/2\pi$) и ближней ($r < \lambda/2\pi$) зоне, где r - расстояние между источником и приемником помехи; λ - минимальная длина волны помехи. Исходными данными при расчете экранов от

воздействий электромагнитных помех являются:

конструкция экранируемого изделия;
 спектр частот помехи f_i и соответствующие значения напряженности электрического $E(f_i)$ или магнитного $H(f_i)$ полей;
 эффективность экранирования (ослабление) электрического \mathcal{E}_i и магнитного \mathcal{E}_H полей.

Программа позволяет оценить ослабление внешнего поля (подпрограмма АНАЛИЗ), либо определить толщину и материал экрана (подпрограмма СИНТЕЗ).

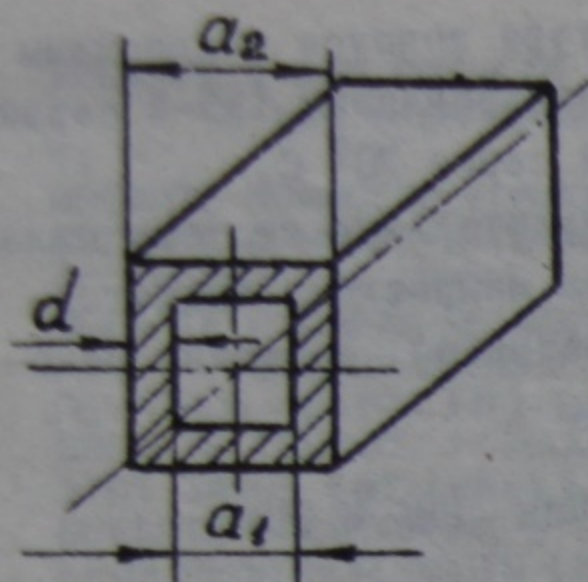


Рис. 5. Прямоугольный экран

3.2. Входные данные

Исходные данные для расчета МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО экранирования

I - АНАЛИЗ

μ_2 - относительная магнитная проницаемость материала экрана (табл. 3).

d - толщина стенки экрана (рабочий чертеж экрана), м.

1 - цилиндрическая форма экрана (рис. 3);

r_2 - внешний радиус цилиндрического экрана, м.

2 - сферическая форма экрана (рис. 4);

r - внешний радиус сферического экрана, м.

3 - прямоугольная форма экрана (рис. 5);

a_2 - внешний размер экрана в направлении распространения электромагнитной волны помехи, $a_2 > 2d$, м.

II - СИНТЕЗ

\mathcal{E}_T - требуемая эффективность экранирования, $1000 > \mathcal{E}_T > 0$ дБ;

μ_2 - относительная магнитная проницаемость материала экрана (табл. 3).

1 - цилиндрическая форма экрана (рис. 3);

r_2 - внешний радиус цилиндрического экрана, м.

2 - сферическая форма экрана (рис. 4);

r - внешний радиус сферического экрана, м.

3 - прямоугольная форма экрана (рис. 5);

a_2 - внешний размер экрана в направлении распространения электромагнитной волны помехи, $a_2 > 2d$, м;

Исходные данные для расчета ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО экранирования

I - АНАЛИЗ

μ_r, d, σ

II - СИНТЕЗ

$\varepsilon_r, \mu_r, \sigma$

Исходные данные для расчета ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО экранирования

I - АНАЛИЗ

- μ_r - относительная магнитная проницаемость материала экрана (табл. 3);
- d - толщина стенки экрана (рабочий чертеж), м;
- l - расстояние между источником и приемником помехи (ТЗ), м;
- λ - длина волны помехи ($\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f}$, где f - максимальная частота экранируемой помехи), м;
- $f_{\text{ф}}$ - фиксированная частота электромагнитного поля помехи, $0 < f_{\text{ф}} < 10^9$, Гц;
- f_1, f_2 - нижняя и верхняя границы диапазона частот помехи, Гц.

I - расчет в дальней зоне

I - при сплошном экране; 2 - при перфорированном экране

σ - удельная проводимость материала экрана (табл. 3), См/м (I - при сплошном экране; 2 - при перфорированном экране);

D - диаметр перфорированного отверстия либо максимальный размер перфорированного отверстия прямоугольной формы или типа "жалюзи", $0 < D_m < \lambda/2$ (D_m - максимальный размер отверстия в экране под элементы индикации, управления, контроля), м;

a - расстояние между центрами отверстий, $a > D$, м;

2 - расчет в ближней зоне

I - при сплошном экране; 2 - при перфорированном экране

$\sigma, D, D_m, a, f_{\text{ф}}$ (f_1 или f_2)

I - при экранировании электрической составляющей;

2 - при экранировании магнитной составляющей.

I - цилиндрическая форма экрана - τ_2 ,

2 - сферическая форма экрана - τ ,

3 - прямоугольная форма экрана - a_1 .

II - СИНТЕЗ

$\varepsilon_r, \mu_r, l, \lambda$

1 - расчет в дальней зоне

$B, D, D_m, a, f_{\varphi} (f_1 \text{ или } f_2)$

2 - расчет в ближней зоне

1 - при сплошном экране; 2 - при перфорированном экране

$B, D, D_m, a, f_{\varphi} (f_1 \text{ или } f_2)$

1 - при экранировании электрической составляющей;

2 - при экранировании магнитной составляющей.

1 - цилиндрическая форма экрана - χ_2 ,

2 - сферическая форма экрана - χ ,

3 - прямоугольная форма экрана - a_1 .

3.3. Описание логической структуры

Алгоритм расчета экранирования РЭА и ЭВА представлен на рис. 6. В зависимости от задачи анализ-синтез, вида экранирования, конструкции экрана (с учетом формы, сплошной, перфорированной), расстояния до экрана (дальняя, ближняя зона) возможен расчет 36 различных вариантов. Логическая структура программы может быть представлена следующим образом (в скобках указаны номера строк, соответствующих расчетам):

- Печать заголовка (10 - 30).
- Ввод вида экранирования (40 - 70).
- Ввод кода требуемой функции анализ-синтез экрана (80 - 100).
- Переход к I20 или I40 в зависимости от решения задачи анализ-синтез экрана (110).
- Ввод исходных данных для решения задачи анализа (140 - 190).
- Расчет магнитоэлектростатического экранирования (204 - 570).
- Печать результатов расчета:
 - а) анализ (520); б) синтез (550).
- Расчет электростатического экранирования (574 - 690).
- Печать результатов расчета:
 - а) анализ (640); б) синтез (670).
- Расчет электромагнитного экранирования (696 - 1980).
- Печать результатов расчета:
 - а) анализ (1480, 1530); б) синтез (1840, 1980).

3.4. Контрольные примеры

1. Пример расчета магнитоэлектростатического экранирования

Определить эффективность экранирования прибора с размерами кожуха 100x200x300 мм и толщиной стенки кожуха $d = 0,8$ мм.

Материал кожуха - пермаллой с $\mu_r = 5000$ (при проведении расчета берется размер кожуха экрана в направлении поля помехи).

Исходными данными для расчета являются:

- вид экранирования - магнитоэлектростатический - код 1 (имеется три вида экранирования: магнитоэлектростатический - код 1, электростатический - код 2, электромагнитный - код 3);
- тип решаемой задачи АНАЛИЗ - код 1 (при решении задачи СИНТЕЗА - код 2);
- относительная магнитная проницаемость $\mu_r = 5000$;
- толщина стенки экрана $d = 0,0008$ м;
- форма экрана прямоугольная - код 3 (имеется три формы экрана: цилиндрическая - код 1, сферическая - код 2, прямоугольная - код 3);
- внешний размер кожуха экрана 0,1 м, направление магнитного поля вдоль стороны 100 мм.

Результаты расчета выводятся на печать в виде эффективности экранирования \mathcal{E} в децибеллах.

Анализ расчетных данных. Помеха в наибольшей степени влияет на входные цепи схемы. Для линейной схемы величина помехи не должна превышать ее чувствительности, для импульсной схемы - порога срабатывания. Прежде чем решать вопрос о введении в конструкцию блока (прибора) экрана, необходимо оценить реальную помеху. Если ее величина окажется больше допустимой, то принимается решение об ослаблении в 10, ... 100, ... 1000 и т.д. раз, т.е. соответственно на 20, ... 40, ... 60 дБ и т.д. Например, если величина помехи 100 мкВ, то ослабление в 38,1 дБ снизит ее величину до 1 мкВ, что вполне достаточно для РЭА I-го класса.

Вывод. Чтобы судить о правильности выполненного экранирования, необходимы дополнительные данные - величина помехи на входных проводах и чувствительность экранируемого блока (прибора).

>>>>> РАСЧЕТ ЭКРАНИРОВАНИЯ <<<<<<

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

2-ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

3-ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

?1

ВВЕДИТЕ КОД ТРЕБУЕМОЙ ФУНКЦИИ: 1-АНАЛИЗ ЭКРАНА

2-СИНТЕЗ ЭКРАНА

?1

ВВЕДИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ МАГНИТНУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

МАТЕРИАЛА ЭКРАНА $\mu_r = ?5000$

ВВЕДИТЕ

ТОЛЩИНУ СТЕНКИ ЭКРАНА [м]

?0.0008

***** РАСЧЕТ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****
ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА
2-ПРИ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА
3-ПРИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА

?3

ЗАДАЙТЕ ВНЕШНИЙ РАЗМЕР ЭКРАНА [М]

?0.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 38.13189 ДБ

2. Пример расчета электростатического экранирования

Определить толщину стенки кожуха-экрана с заданной эффективностью экранирования... $\mathcal{E}_T = 120$ дБ. Материал кожуха - сталь с $\mu_z = 150$ и $\sigma = 0,66 \cdot 10^{-7}$ См/м.

Исходными данными для расчета являются:

- вид экранирования электростатический - код 2;
- тип решаемой задачи СИНТЕЗ - код 2;
- требуемая эффективность экранирования $\mathcal{E}_T = 120$ дБ;
- относительная магнитная проницаемость $\mu_z = 150$;
- удельная проводимость материала экрана $\sigma = 0,66 \cdot 10^{-7}$ См/м.

Результаты расчета выводятся на печать в виде толщины стенки экрана в метрах.

>>>>> РАСЧЕТ ЭКРАНИРОВАНИЯ <<<<<<

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
2-ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
3-ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

?2

ВВЕДИТЕ КОД ТРЕБУЕМОЙ ФУНКЦИИ: 1-АНАЛИЗ ЭКРАНА
2-СИНТЕЗ ЭКРАНА

?2

ЗАДАЙТЕ ТРЕБУЕМУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ [ДБ]

?120

ВВЕДИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ МАГНИТНУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ
МАТЕРИАЛА ЭКРАНА $\mu_0 \mu_r = ?150$

***** РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****
ЗАДАЙТЕ УДЕЛЬНУЮ ПРОВОДИМОСТЬ ЭКРАНА [(СИМ/М)*1Е-7]

?0.66

ТОЛЩИНА СТЕНКИ ЭКРАНА НЕ МЕНЕЕ .803811Е-3 М

3. Пример расчета электромагнитного экранирования (для дальней зоны)

Определить эффективность экранирования медного перфорированного экрана цилиндрической формы с толщиной стенки $d = 1$ мм, диаметром перфорированных отверстий $D = 10$ мм, расстоянием между центрами отверстий $a = 32$ мм, в диапазоне частот поля помехи ($f_1 = 100$ Гц, $f_2 = 10000$ Гц).

Исходными данными для расчета являются :

- вид экранирования электромагнитный - код 3;
- тип решаемой задачи АНАЛИЗ - код 1;
- относительная магнитная проницаемость $\mu_r = 1$;
- толщина стенки экрана $d = 0,001$ м.

Определяем зону, в которой выполняется расчет экрана:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{10000} = 30000 \text{ м.}$$

Расчет производится в дальней зоне, так как $l > \lambda/2\pi$:

- расчет экранирования в дальней зоне - код 1 (в ближней зоне - код 2);
- проводимость материала экрана $\sigma = 5,8 \cdot 10^{-7}$ См/м;
- конструктивные особенности экрана - перфорированный - код 2 (сплошной - код 1);
- диаметр перфорированных отверстий $D = 0,01$ м;
- расстояние между центрами отверстий $a = 0,032$ м;
- максимальный размер отверстия в кожухе прибора под элементы контроля $D_m = 0,05$ м;
- частотная характеристика помехи - расчет в диапазоне частот поля помехи - код 2 (на одной частоте - код 1);
- нижняя граница диапазона частот $f_1 = 100$ Гц;
- верхняя граница диапазона частот $f_2 = 10000$ Гц.

Результаты расчета выводятся на печать в виде эффективности экранирования \mathcal{E} в децибеллах на разных частотах. Анализ расчетных данных позволяет судить об эффективности экранирования в заданном частотном диапазоне.

>>>>> РАСЧЕТ ЭКРАНИРОВАНИЯ <<<<<<

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
2-ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
3-ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

?3

ВВЕДИТЕ КОД ТРЕБУЕМОЙ ФУНКЦИИ: 1-АНАЛИЗ ЭКРАНА
2-СИНТЕЗ ЭКРАНА

?1

ВВЕДИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ МАГНИТНУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ
МАТЕРИАЛА ЭКРАНА $\mu_r = ?1$

ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ СТЕНКИ ЭКРАНА [М]

?0.001

***** РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****

ВВЕДИТЕ 1-ПРИ РАСЧЕТЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ В ДАЛЬНОЙ ЗОНЕ
2-ПРИ РАСЧЕТЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

?1

ВВЕДИТЕ ПРОВОДИМОСТЬ МАТЕРИАЛА ЭКРАНА [(СИМ/М)*1Е-7]

?5.8

ВВЕДИТЕ 1-ПРИ СПЛОШНОМ ЭКРАНЕ
2-ПРИ ПЕРФОРИРОВАННОМ ЭКРАНЕ

?2
ЗАДАЙТЕ ДИАМЕТР ПЕРФОРИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ [М]

?0.01
ЗАДАЙТЕ РАСТОЯНИЕ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ ОТВЕРСТИЙ [М]

?0.22
ЕСЛИ В ЭКРАНЕ ЕСТЬ ОТВЕРСТИЕ, ТО ВВЕДИТЕ
МАКСИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР [М]

ЕСЛИ ОТВЕРСТИЯ НЕТ, ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ
?0

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ОДНОЙ ЧАСТОТЕ
2-ДЛЯ РАСЧЕТА В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ПОЛЯ ПОМЕХИ

?2
ВВЕДИТЕ НИЖНЮЮ ГРАНИЦУ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПОМЕХИ [ГЦ]

?100
ВВЕДИТЕ ВЕРХНЮЮ ГРАНИЦУ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПОМЕХИ [ГЦ]

?10000
НА ЧАСТОТЕ 100 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 139.9665 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 1090 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 139.9694 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 2080 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 139.9774 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 3070 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 139.9902 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 4060 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.008 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 5050 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.0306 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 6040 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.0579 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 7030 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.09 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 8020 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.1266 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 9010 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.1678 ДБ
НА ЧАСТОТЕ 10000 ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ 140.2133 ДБ

4. Расчет электромагнитного экранирования (для ближней зоны)

Используются исходные данные примера 3, за исключением частотного диапазона поля помехи ($f_1 = 100$ Гц, $f_2 = 100000$ Гц).

>>>> РАСЧЕТ ЭКРАНИРОВАНИЯ <<<<<

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
2-ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ
3-ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

?3
ВВЕДИТЕ КОД ТРЕБУЕМОЙ ФУНКЦИИ: 1-АНАЛИЗ ЭКРАНА
2-СИНТЕЗ ЭКРАНА

?1
ВВЕДИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ МАГНИТНУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ
МАТЕРИАЛА ЭКРАНА $\mu_0 \mu_r = ?1$
ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ СТЕНКИ ЭКРАНА [М]

?0.001
***** РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****
ВВЕДИТЕ 1-ПРИ РАСЧЕТЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ В ДАЛЬНОЙ ЗОНЕ
2-ПРИ РАСЧЕТЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

?2
ВВЕДИТЕ ПРОВОДИМОСТЬ МАТЕРИАЛА ЭКРАНА [(СИМ/М)*1Е-7]
?5.8

ВВЕДИТЕ 1-ПРИ СПЛОШНОМ ЭКРАНЕ
2-ПРИ ПЕРФОРИРОВАННОМ ЭКРАНЕ

?2

ЗАДАЙТЕ ДИАМЕТР ПЕРФОРИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ [М]

?0

ЗАДАЙТЕ РАСТОЯНИЕ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ ОТВЕРСТИЙ [М]

ЕСТЬ ОТВЕРСТИЕ, ТО ВВЕДИТЕ
МАКСИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР [М]

ЕСЛИ ОТВЕРСТИЯ НЕТ, ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ

?0

ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ОДНОЙ ЧАСТОТЕ
2-ДЛЯ РАСЧЕТА В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ПОЛЯ ПОМЕХИ

?2

ВВЕДИТЕ НИЖНЮЮ ГРАНИЦУ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПОМЕХИ [ГЦ]

?100

ВВЕДИТЕ ВЕРХНЮЮ ГРАНИЦУ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПОМЕХИ [ГЦ]

?100000

ВВЕДИТЕ 1-П И ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА
2-ПРИ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА
3-ПРИ ПЛОСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА

?1

ВВЕДИТЕ ВНЕШНИЙ РАДИУС ЭКРАНА [М]

?0.05

ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
2-ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ МАГНИТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

?1

НА ЧАСТОТЕ	100	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	280.374	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	10090	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	240.5474	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	20080	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	235.2489	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	30070	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	232.7055	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	40060	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	231.3262	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	50050	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	230.5602	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	60040	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	230.1518	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	70030	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	229.9668	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	80020	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	229.9298	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	90010	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	229.9957	ДБ
НА ЧАСТОТЕ	100000	ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ	230.1363	ДБ

4. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОГРАММ

Ввод программ в ЭВМ осуществляется в соответствии с инструкциями по использованию "Электроники-60", ДСК-1, СМ-3.

После ввода программы в ЭВМ проведение расчета начинается по команде **RUN** **[BK]**, после которой появляются соответствующие запросы. В случае прерывания расчета по каким-либо причинам необходимо нажать клавишу **[API]**, после чего можно снова начать расчет.

Программы организованы таким образом, что при загрузке в ЭВМ позволяют проведение расчетов необходимое число раз.

Для ввода исходных данных в программе предусмотрены соответствующие запросы (ВВЕДИТЕ ...).

К особенностям программы расчета теплового режима в РЗА и

ЭВА следует отнести ввод исходных данных на каждом из трех основных этапов и вывод результатов на печать. В случае ошибок при вводе исходных данных на 2-м и 3-м этапах, ввод исходных данных по рассматриваемому этапу необходимо довести до конца (набирая любые цифры), после чего предусмотрен возврат к началу расчета 2-го или 3-го этапа.

Примечание. Ввод исходных данных необходимо проводить в соответствии с указанными на них ограничениями.

Литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. - М.: Высшая школа, 1964. - 247 с.
2. Парфенов Е.М., Фролов А.В. Расчеты тепловых режимов блоков РЭА и ЭВА на микросхемах и дискретных элементах. - М.: МВТУ, 1980. - 32 с.
3. Справочник по интегральным микросхемам / Тарабрина В.В., Якубовский С.В., Барканов Н.А. и др.; Под ред. В.В. Тарабрина. - М.: Энергия, 1981. - 816 с.
4. Усачов В.П., Парфенов Е.М., Шерстнев В.В. Экранирование в ЭВА и РЭА: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. - М.: МВТУ, 1986. - 34 с.

П.І. Текст программы расчета теплового режима

```

10 PRINT ">>>> РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА <<<<<"
20 REM "АВТОР МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УСАЧЕВ В.П."
30 REM "ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ БАРИЕВ И.К."
40 PRINT "ВВЕДИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ [ГРАД. С]";
50 INPUT T0
60 PRINT "          ДАВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ[ПА]"
70 PRINT "          (ОТ 0.1 ПА ДО 1.013E5 ПА)";
80 INPUT H1
90 PRINT "          ДЛИНУ, ШИРИНУ, ВЫСОТУ БЛОКА [М]"
100 INPUT L1,L2,L3
110 LET S1=L1*L2
120 LET S2=S1
130 LET S3=2*L3*(L1+L2)
140 LET S0=S1+S2+S3
150 PRINT "ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРФОРАЦИИ КОЖУХА БЛОКА ";
160 INPUT P1
170 IF P1<=1 GO TO 200
180 PRINT " КОЭФ. ПЕРФОРАЦИИ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ БОЛЬШИМ ЕДИНИЦЫ "
190 GOTO 150
200 PRINT "ЕСЛИ СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ КОЖУХА БЛОКА ОДИНАКОВА У ВСЕХ"
210 PRINT "ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЖУХА, ТО ВВЕДИТЕ ЕЕ, А ЕСЛИ ОНА РАЗЛИЧНА,"
220 PRINT "ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ";
230 INPUT E1
240 LET E2=E1
250 LET E3=E1
260 IF E1<>0 GO TO 300
270 PRINT "ВВЕДИТЕ СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ ВЕРХНЕЙ, НИЖНЕЙ И БОКОВОЙ"
280 PRINT "ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЖУХА БЛОКА";
290 INPUT E1,E2,E3
300 PRINT "ЗАДАЙТЕ МОЩНОСТЬ, ВЫДЕЛЯЮЩУЮСЯ В БЛОКЕ [ВТ]";
310 INPUT P0
540 PRINT
550 PRINT "***** РАСЧЕТ ПЕРЕГРЕВА КОЖУХА*****"
560 LET Q1=P0/S0
570 LET U1=((3.12700E-07*Q1-2.96200E-04)*Q1+.1472)*Q1
580 IF 0<P1 THEN IF P1<=.125 THEN LET K3=.06^P1
590 IF .125<P1 THEN IF P1<=.3 THEN LET K3=.82*(.32^P1)
600 IF .3<P1 THEN IF P1<=.6 THEN LET K3=.74*(.49^P1)
610 IF .6<P1 THEN IF P1<=1 THEN LET K3=.6*(.7^P1)
620 IF P1=0 THEN LET K3=1
630 IF 1<H1 THEN IF H1<=1333 THEN LET K1=1.85-3.75000E-05*H1
640 IF 1333<H1 THEN IF H1<=23330 THEN LET K1=3.12/(H1^.1)
650 IF 23330<H1 THEN IF H1<=101300 THEN LET K1=11.2/(H1^.21)
660 IF H1<=101300 THEN IF H1>=100000 THEN LET K1=1
670 LET L0=L1
680 IF L2<L1 THEN LET L0=L2
690 LET R1=(T0+273)/100
700 LET R2=5.67*((R1+U1/100)^4-(R1^4))/U1
710 LET A1=E1*R2
720 LET A2=E2*R2
730 LET A3=E3*R2
740 LET C5=R2
750 LET T1=T0+.5*U1
760 LET B1=1/(T1+273)
770 GOSUB 2170
780 LET R2=B1*9.81*U1/(H1*H1)

```



```

790 LET G1=L0*L0*L0*R2
800 LET G3=L3*L3*L3*R2
810 LET X1=G1*P2
820 IF X1<=500 GO TO 860
830 IF X1<=2.00000E+07 GO TO 880
840 LET R2=.135*L4*(X1-.333333)/L0
850 GOTO 890
860 LET R2=1.18*L4*(X1-.125)/L0
870 GOTO 890
880 LET R2=.54*L4*(X1-.25)/L0
890 LET A1=A1+1.3*R2
900 LET A2=A2+.7*R2
910 LET C6=R2
920 LET X2=G3*P2
930 IF X2<=500 GO TO 970
940 IF X2<=2.00000E+07 GO TO 990
950 LET R2=.135*L4*(X1-.333333)/L3
960 GOTO 1000
970 LET R2=1.18*L4*(X1-.125)/L3
980 GOTO 1000
990 LET R2=.54*L4*(X1-.25)/L3
1000 LET A3=A3+R2
1010 LET C7=R2
1020 LET S4=A1*S1+A2*S2+A3*S3
1030 IF W4<>0 THEN LET S4=S4+W5
1040 LET U2=P0*K3*K1/S4
1050 IF ABS(U2-U1)/U2<.01 GO TO 1120
1060 LET U1=U2
1070 GOTO 700
1080 IF X1<=500 THEN PRINT "-- ПЕРЕХОДНЫЙ К ЛАМИНАРНОМУ (1/8 СТЕПЕНИ)"
1090 IF X1>500 THEN IF X1<=2.00000E+07 THEN PRINT "--ЛАМИНАРНЫЙ (1/4 СТЕПЕНИ)"
1100 IF X1>2.00000E+07 THEN PRINT "--ТУРБУЛЕНТНЫЙ (1/3 СТЕПЕНИ)"
1110 RETURN
1120 PRINT "РЕЖИМ ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЛОКА--"
1130 GOSUB 1080
1140 PRINT "РЕЖИМ ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЛОКА --"
1150 LET X1=X2
1160 GOSUB 1080
1170 PRINT "ПЕРЕГРЕВ КОЖУХА БЛОКА =" ; U2 ; "ГРАД. С "
1180 LET T2=T1-U2
1190 PRINT "ТЕМПЕРАТУРА КОЖУХА БЛОКА =" ; T2 ; "ГРАД. С"
1200 PRINT
1210 PRINT "ВВЕДИТЕ ДЛИНУ, ШИРИНУ И ВЫСОТУ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ БЛОКА [М]"
1220 INPUT Z1,Z2,Z3
1230 PRINT "ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА МЕЖДУ НАГРЕТОЙ ЗОНОЙ И"
1240 PRINT "НИЖНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КОЖУХА[М]";
1250 INPUT H4
1260 LET H3=L3-Z3-H4
1270 LET H5=((L1-Z1)+(L2-Z2))/4
1280 PRINT "ВВЕДИТЕ ДАВЛЕНИЕ ВНУТРИ БЛОКА [ПА]"
1290 PRINT " (ОТ 0.1 ПА ДО 1.013E5 ПА)";
1300 INPUT H2
1310 PRINT "ЕСЛИ ПРИВЕДЕННАЯ СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ ОДИНАКОВА У ВСЕХ"
1320 PRINT "ПОВЕРХНОСТЕЙ, ТО ВВЕДИТЕ ЕЕ, А ЕСЛИ ОНА РАЗЛИЧНА,"
1330 PRINT "ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ ";
1340 INPUT E1
1350 LET E2=E1
1360 LET E3=E1

```



```

1370 IF E1<>0 GO TO 1410
1380 PRINT "ВВЕДИТЕ ПРИВЕДЕННЫЕ СТЕПЕНИ ЧЕРНОТЫ ВЕРХНИХ, НИЖНИХ И"
1390 PRINT "БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЖУХА БЛОКА И НАГРЕТОЙ ЗОНЫ"
1400 INPUT E1,E2,E3
1410 PRINT "ВВЕДИТЕ ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА РАМКИ МОДУЛЯ С КОЖУХОМ [М^2]"
1420 INPUT S5
1430 PRINT "ВВЕДИТЕ УСИЛИЕ ПРИЖИМА МОДУЛЯ К КОЖУХУ [ПА] ";
1440 INPUT P5
1450 LET M1=1
1460 IF P5=0 GO TO 1500
1470 PRINT "ВВЕДИТЕ 1 - ЕСЛИ МАТЕРИАЛ РАМКИ МОДУЛЯ - АЛЮМИНИЙ"
1480 PRINT "      2 - МЕДЬ"
1490 INPUT M1
1500 PRINT "ВВЕДИТЕ МОЩНОСТЬ РАССЕИВАЕМУЮ КОМПОНЕНТАМИ, УСТАНОВЛЕННЫМИ"
1510 PRINT "НЕПОСРЕДСТВЕННО НА КОЖУХ [ВТ], ЕСЛИ ТАКИХ НЕТ,"
1520 PRINT "ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ";
1530 INPUT P4
1540 PRINT "ВВЕДИТЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЕНТИЛЯТОРА ПРИ ВНУТРЕННЕМ"
1550 PRINT "ПЕРЕМЕШИВАНИИ ВОЗДУХА [КГ/С], ЕСЛИ ВЕНТИЛЯТОРА НЕТ,"
1560 PRINT "ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ"
1570 INPUT G4
1580 PRINT "ВВЕДИТЕ НОМЕР КОНСТРУКЦИИ БЛОКА ( 1, 2 ИЛИ 3 )" ;
1590 INPUT N2
1600 PRINT "ВВЕДИТЕ 0-ЕСЛИ ВСЕ ДАННЫЕ 2-ГО ЭТАПА ВВЕДЕНЫ БЕЗ ОШИБОК ИЛИ"
1610 PRINT "      1-ЕСЛИ ТРЕБУЕТСЯ ПОВТОРИТЬ ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ";
1620 INPUT Y9
1630 IF Y9=1 GO TO 1200
1640 PRINT
1650 PRINT "***** РАСЧЕТ ПЕРЕГРЕВА НАГРЕТОЙ ЗОНЫ БЛОКА *****"
1660 LET P3=P0-P4
1670 LET Q3=P3/(1.82*(Z1*Z2+(Z1+Z2)*Z3))
1680 LET U3=((6.98000E-08*Q3-1.22300E-04)*Q3+.139)*Q3
1690 IF .1<H2 THEN IF H2<=1333 THEN LET K2=1.6-2.25000E-05*H2
1700 IF 1333<H2 THEN IF H2<=13330 THEN LET K2=2.24/(H2^.05)
1710 IF 13330<H2 THEN IF H2<=101300 THEN LET K2=6.34/(H2^.16)
1720 IF H2<=101300 THEN IF H2>=100000 THEN LET K2=1
1730 LET R2=G4/(L1*L2*L3-Z1*Z2*Z3)
1740 LET K5=.08+1/(1.09+.162*R2)
1750 IF G4=0 THEN LET K5=1
1760 IF M1=1 THEN LET S6=2.80000E-03*P5+270
1770 IF M1=2 THEN LET S6=3.94000E-03*P5+270
1780 LET K6=1
1790 IF S5=0 GO TO 1830
1800 LET R2=1/(S6*S5)
1810 IF R2>4 GO TO 1830
1820 LET K6=1.63-.157*R2
1830 LET F1=Z1*Z2
1840 LET F2=F1
1850 LET F3=2*(Z1+Z2)*Z3
1860 LET R1=((T2+273)/100)^4
1870 IF U3=U2 THEN LET U2=U2+1.00000E-03
1880 LET R2=5.67*((((T0+U3+273)/100)^4-R1)/(U3-U2)
1890 LET C8=R2
1900 LET A1=E1*R2
1910 LET A2=E2*R2
1920 LET A3=E3*R2
1930 IF N2=3 GO TO 2120
1940 LET T1=(T2+T0+U3)/2
1950 LET B1=1/(T1+273)

```



```

1960 GOSUB 2170
1970 LET R2=B1*9.81*U3/(N1*N1)
1980 LET G1=H3*H3*H3*R2
1990 LET G2=H4*H4*H4*R2
2000 LET G3=H5*H5*H5*R2
2010 LET R2=G1*P2
2020 IF R2<=1000 THEN LET A1=A1+L4/H3
2030 IF R2<=1000 GO TO 2060
2040 LET R2=.234*L4*(R2^.25)/H3
2050 LET A1=A1+R2*(6.25-5.25/((1+H3/SQR(F1))^1.66667))
2060 LET A2=A2+L4/H4
2070 LET R2=G3*P2
2080 IF R2<=1000 THEN LET A3=A3+L4/H5
2090 IF R2<=1000 GO TO 2120
2100 LET R2=.18*L4*(R2^.25)/H5
2110 LET A3=A3+R2*(6.25-5.25/((1+H5/SQR(F3))^1.66667))
2120 LET S7=K6*(A1*F1+A2*F2+A3*F3)
2130 LET U4=U2+P3*K3*K5*K2/S7
2140 IF ABS(U4-U3)/U4<.01 GO TO 2240
2150 LET U3=U4
2160 GOTO 1880
2170 LET N1=(1.32557E-08*T1-3.33835E-06)*T1+3.73294E-04
2180 LET N1=((N1*T1+.0815959)*T1+13.2928)*1.00000E-06
2190 LET P2=(2.17317E-10*T1-4.86477E-08)*T1+3.45599E-06
2200 LET P2=(P2*T1-2.66250E-04)*T1+.707139
2210 LET L4=(-1.48352E-10*T1+4.17218E-08)*T1-3.99035E-06
2220 LET L4=((L4*T1+1.44380E-04)*T1+6.30778E-03)*T1+2.43907)*.01
2230 RETURN
2240 PRINT "ПЕРЕГРЕВ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ БЛОКА =",U4;"ГРАД."
2250 LET T3=T0+U4
2260 PRINT "ТЕМПЕРАТУРА НАГРЕТОЙ ЗОНЫ =",T3;"ГРАД. С"
2270 LET U5=(U4+U2)/2
2280 PRINT "СРЕДНЕОБ'ЕМНЫЙ ПЕРЕГРЕВ ВОЗДУХА =",U5;"ГРАД."
2290 PRINT
2300 LET I2=1
2310 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПОНЕНТА"
2320 PRINT "      0-ДЛЯ ОКОНЧАНИЯ РАСЧЕТА"
2330 INPUT U1
2340 IF U1=0 THEN STOP
2350 LET R4=SQR(H2/100000)
2360 PRINT "ВВЕДИТЕ МОЩНОСТЬ КОМПОНЕНТА [BT] ";
2370 INPUT Q4
2380 GOSUB 3140
2390 PRINT "ВВЕДИТЕ РАССТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА КОМПОНЕНТА ДО"
2400 PRINT "КРАЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [М]";
2410 INPUT Y1
2420 IF I2=2 GO TO 2530
2430 LET I2=2
2440 PRINT "ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [М]";
2450 INPUT D2
2460 PRINT "      КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПЛАТЫ [BT/(M*K)]";
2470 INPUT L5
2480 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ РАСПОЛОЖЕНИИ КОМПОНЕНТОВ В МОДУЛ
2490 PRINT "      2-ПРИ ДВУСТОРОННЕМ РАСПОЛОЖЕНИИ КОМПОНЕНТОВ";
2500 INPUT R3
2510 PRINT "ВВЕДИТЕ ШАГ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ ПО ОСИ X И Y [М]"
2520 INPUT T4,T5
2530 PRINT "ВВЕДИТЕ 0-ЕСЛИ ВСЕ ДАННЫЕ 3-ГО ЭТАПА ВВЕДЕНЫ БЕЗ ОШИБОК ИЛИ"
2540 PRINT "      1-ЕСЛИ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ТРЕБУЕТСЯ ВВЕСТИ ЗАНОВО ";

```



```

2550 INPUT Y9
2560 IF Y9=1 GO TO 2290
2570 LET M2=SQR((9*R4+8)/(D2*L5))
2580 GOSUB 3280
2590 LET U6=Y2*Q4/(W1+1/(W2+1/W3))
2600 LET Y3=J0
2610 LET Y=2.7*Y
2620 GOSUB 3440
2630 LET Y3=.105*(Y3+4*J0)*M2
2640 LET Y3=1/(M2*(Y3/(1/T4+1/T5)+.155))
2650 PRINT
2660 PRINT "ПРЕДЕЛЬНЫЙ РАДИУС ВЗАИМНОГО ТЕПЛОВОГО ВЛИЯНИЯ =" ; Y3 ; " М"
2670 PRINT
2680 PRINT "ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ"
2690 PRINT "РАСПОЛОЖЕННЫХ НЕ ДАЛЕЕ ЧЕМ" ; Y3 ; " М ОТ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМ"
2700 PRINT "ПОНЕНТА, Т.Е. ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ЕГО ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ";
2710 INPUT N3
2720 LET U7=0
2730 IF N3=0 GO TO 3080
2740 FOR I=1 TO N3
2750 PRINT "ВВЕДИТЕ РАСТОЯНИЕ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА
2760 PRINT "И" ; I ; " ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИМ КОМПОНЕНТОМ [М]";
2770 INPUT R7
2780 IF R7<Y3 GO TO 2820
2790 PRINT I ; " КОМПОНЕНТ НЕ ОКАЗЫВАЕТ ВЛИЯНИЯ НА ТЕПЛОВОЙ"
2800 PRINT "РЕЖИМ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА"
2810 GOTO 3070
2820 IF I<>1 GO TO 2850
2830 PRINT "СЛЕДУЮЩИЕ ЗАПРОСЫ ОТНОСЯТСЯ К ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩЕМУ"
2840 PRINT "КОМПОНЕНТУ, ВЛИЯЮЩЕМУ НА ТЕПЛ. РЕЖИМ РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПО
2850 PRINT "ВВЕДИТЕ МОЩНОСТЬ, РАССЕИВАЕМУЮ КОМПОНЕНТОМ [ВТ]";
2860 INPUT Q4
2870 PRINT "ВВЕДИТЕ РАСТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА КОМПОНЕНТА ДО"
2880 PRINT "КРАЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ [М]"
2890 INPUT Y1
2900 PRINT "ОТЛИЧАЮТСЯ ЛИ РАЗМЕРЫ ИЛИ СПОСОБ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТА N" ; I
2910 PRINT "ОТ РАЗМЕРОВ ИЛИ СПОСОБА УСТАНОВКИ ";
2920 IF I=1 THEN PRINT "РАССЧИТЫВАЕМОГО ";
2930 PRINT "КОМПОНЕНТА N" ; I-1
2940 PRINT "(1-ДА / 0-НЕТ)";
2950 INPUT I3
2960 IF I3=1 THEN GOSUB 3140
2970 PRINT "ТРЕБУЕТСЯ ЛИ ПОВТОРИТЬ ВВОД ПОСЛЕДНЕЙ ГРУППЫ ИСХОДНЫХ"
2980 PRINT "ДАННЫХ. (0-НЕТ / 1-ДА) ";
2990 INPUT Y9
3000 IF Y9=1 GO TO 2750
3005 PRINT
3006 PRINT "***** РАСЧЕТ ПЕРЕГРЕВА КОРПУСА КОМПОНЕНТА *****"
3010 GOSUB 3280
3020 LET R2=J0
3030 LET Y=M2*R7
3040 GOSUB 3440
3050 LET R5=Q4*(J0/R2)/(W1*(1+(W2+1/W1)*W3))
3060 LET U7=U7+R5
3070 NEXT I
3080 LET U8=U5+U6+U7
3090 PRINT "ПЕРЕГРЕВ КОРПУСА РАССЧИТЫВАЕМОГО КОМПОНЕНТА =" ; U8 ; " ГРАД."
3100 LET T6=T0+U8
3110 PRINT "ТЕМПЕРАТУРА КОРПУСА КОМПОНЕНТА =" ; T6 ; " ГРАД. С"
3120 PRINT

```



```

3100 GOTO 2310
3110 PRINT "ВВЕДИТЕ СУММАРНУЮ ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ КОМПОНЕНТА И"
3120 PRINT "ЕГО РАДИАТОРА [М*М] ";
3130 INPUT F4
3140 PRINT "ВВЕДИТЕ ПЛОЩАДЬ ОСНОВАНИЯ КОМПОНЕНТА [М*М] ";
3150 INPUT F5
3160 PRINT "          ТОЛЩИНУ ЗАЗОРА МЕЖДУ ОСНОВАНИЕМ КОМПОНЕНТА И"
3170 PRINT "ПЕЧАТНОЙ ПЛАТой [М] ";
3180 INPUT D3
3190 LET L6=1
3200 IF D3=0 GO TO 3270
3210 PRINT "ВВЕДИТЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МАТЕРИАЛА, ЗАПОЛНЯЮЩЕГО"
3220 PRINT "ЭТОТ ЗАЗОР [Вт/(М*К)] ";
3230 INPUT L6
3240 RETURN
3250 LET K7=23.54/(4.317+.434294*LOG(F4))
3260 LET R6=SQR(F5/3.14159)
3270 LET Y2=1
3280 IF Y1<3*R6 THEN LET Y2=1.14
3290 LET B2=0
3300 LET M3=1
3310 IF R3=2 GO TO 3370
3320 LET B2=(4.5*R4+4)*3.14159*R6*R6
3330 LET M3=2
3340 LET Y=M2*R6
3350 GOSUB 3440
3360 GOSUB 3560
3370 LET W1=((K7-4)*R4+4)*(F4-F5)
3380 LET W2=D3/(L6*3.14159*R6*R6)
3390 LET W3=B2+M3*3.14159*R6*L5*D2*M2*J1/J0
3400 RETURN
3410 IF Y>2 GO TO 3520
3420 LET T=Y*Y/14.0625
3430 LET A=(((4.58130E-03*T+.0360768)*T+.265973)*T+1.20675)*T
3440 LET A=((A+3.08994)*T+3.51562)*T+1
3450 LET B=Y*Y/4
3460 LET J0=(((7.40000E-06*B+1.07500E-04)*B+2.62698E-03)*B+.0348859)*B
3470 LET J0=((J0+.230698)*B+.422784)*B-.577216-A*LOG(Y/2)
3480 RETURN
3490 LET C=2/Y
3500 LET J0=(((5.32080E-04*C-2.51540E-03)*C+5.87872E-03)*C-.0106245)*C
3510 LET J0=(((J0+.0218957)*C-.0783236)*C+1.25331)/(SQR(Y)*EXP(Y))
3520 RETURN
3530 IF Y>2 GO TO 3640
3540 LET T=Y*Y/14.0625
3550 LET A=(((3.24110E-04*T+3.01532E-03)*T+.0265873)*T+.150849)*T
3560 LET A=((A+.514989)*T+.878906)*T+.5)*Y
3570 LET B=Y*Y/4
3580 LET J1=(((4.68600E-05*B-1.10404E-03)*B-.019194)*B-.31569)*B
3590 LET J1=(((J1-.672786)*B+.154431)*B+1+A*Y*LOG(Y/2))/Y
3600 RETURN
3610 LET C=2/Y
3620 LET J1=(((6.82450E-04*C+3.25614E-04)*C-7.80353E-03)*C+.0150427)*C
3630 LET J1=(((J1-.0365562)*C+.234986)*C+1.25331)/(SQR(Y)*EXP(Y))
3640 RETURN
4440 PRINT "ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ[М]";
5510 PRINT "ВВЕДИТЕ ШАГ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ ПО ОСИ X И Y [М]"

```


П.2. Текст программы расчета экранирования

```

10 PRINT
20 PRINT ">>>> РАСЧЕТ ЭКРАНИРОВАНИЯ <<<<<"
30 REM "ПРОГРАММУ СОСТАВИЛИ УСАЧОВ В.П., БАРИЕВ И.К."
40 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ"
50 PRINT "      2-ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ"
60 PRINT "      3-ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ"
70 INPUT P
80 PRINT "ВВЕДИТЕ КОД ТРЕБУЕМОЙ ФУНКЦИИ: 1-АНАЛИЗ ЭКРАНА"
90 PRINT "      2-СИНТЕЗ ЭКРАНА"
100 INPUT A5
110 IF A5<>2 GOTO 140
120 PRINT "ЗАДАЙТЕ ТРЕБУЕМУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ [ДБ]"
130 INPUT E
140 PRINT "ВВЕДИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ МАГНИТНУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ"
150 PRINT "МАТЕРИАЛА ЭКРАНА МЮ P=")
160 INPUT M2
170 IF A5<>1 GOTO 200
180 PRINT "ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ СТЕНКИ ЭКРАНА [М]"
190 INPUT D
200 IF P<>1 GOTO 570
204 REM
205 REM *****
210 PRINT "***** РАСЧЕТ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****"
215 REM *****
220 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА"
230 PRINT "      2-ПРИ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА"
240 PRINT "      3-ПРИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА"
250 INPUT F0
260 IF F0<>1 GOTO 370
264 REM =====
266 REM ===== ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ФОРМА ЭКРАНА =====
270 PRINT "ВВЕДИТЕ ВНЕШНИЙ РАДИУС ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЭКРАНА [М]"
280 INPUT R2
290 IF A5=2 GOTO 340
295 REM ***** АНАЛИЗ ЭКРАНА *****
300 LET R1=R2-D
310 LET E=8.6589*LOG(1+.25*(1-(R1/R2)^2)*(M2+1/M2-2))
320 PRINT "ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ =":E:"ДБ"
330 GOTO 10
335 REM ***** СИНТЕЗ ЭКРАНА *****
340 LET D=R2*(1-SQR(1-4*(10^(E/20)-1)/(M2+1/M2-2)))
350 PRINT "ТОЛЩИНА ЭКРАНА НЕ МЕНЕЕ":D:"М"
360 GOTO 10
370 IF F0<>2 GOTO 470
374 REM =====
376 REM ===== СФЕРИЧЕСКАЯ ФОРМА ЭКРАНА =====
380 PRINT "ВВЕДИТЕ ВНЕШНИЙ РАДИУС СФЕРИЧЕСКОГО ЭКРАНА [М]"
390 INPUT R
400 IF A5=2 GOTO 440
405 REM ***** АНАЛИЗ ЭКРАНА *****
410 LET E=8.68589*LOG(1+.222222*(1-((R-D)/R)^3)*(M2+1/M2-2))
420 PRINT "ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ":E:"ДБ"
430 GOTO 10
435 REM ***** СИНТЕЗ ЭКРАНА *****
440 LET D=R*(1-(1-4.5*(10^(E/20)-1)/(M2+1/M2-2))^0.333333)
450 PRINT "ТОЛЩИНА ЭКРАНА НЕ МЕНЕЕ":D:"М"
460 GOTO 10
470 IF F0<>3 GOTO 220

```



```

474 REM =====
476 REM ===== ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ФОРМА ЭКРАНА =====
480 PRINT "ЗАДАЙТЕ ВНЕШНИЙ РАЗМЕР ЭКРАНА [М]"
490 INPUT A2
500 IF A5=2 GOTO 540
505 REM ***** АНАЛИЗ ЭКРАНА *****

510 LET E=8.68589*LOG(1+(1-((A2-D)/A2)^2)*(M2+1/M2-2))
520 PRINT "ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ":E;"ДБ"
530 GOTO 10
535 REM ***** СИНТЕЗ ЭКРАНА *****
540 LET D=0.5*A2*(1-SQR(1-(10^(E/20))-1)/(M2+1/M2-2))
550 PRINT "ТОЛЩИНА ЭКРАНА НЕ МЕНЕЕ":D;"М"
560 GOTO 10
570 IF P<>2 GOTO 690
574 REM
576 REM *****
580 PRINT "***** РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****"
585 REM *****
590 PRINT "ЗАДАЙТЕ УДЕЛЬНУЮ ПРОВОДИМОСТЬ ЭКРАНА [(СИМ/М)*1E-7]"
600 INPUT S1
610 LET S1=1E7*S1
620 IF A5=2 GO TO 660
625 REM ***** АНАЛИЗ ЭКРАНА *****
630 LET E=8.68589*LOG(188.496*S1*D)
640 PRINT "ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ":E;"ДБ"
650 GOTO 10
655 REM ***** СИНТЕЗ ЭКРАНА *****
660 LET D=(10^(E/20))/(188.496*S1)
670 PRINT "ТОЛЩИНА ЭКРАНА НЕ МЕНЕЕ":D;"М"
680 GOTO 10
690 IF P<>3 GOTO 40
694 REM
696 REM *****
700 PRINT "***** РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ *****"
705 REM *****
710 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ПРИ РАСЧЕТЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ В ДАЛЬНЕЙ ЗОНЕ"
720 PRINT "                2-ПРИ РАСЧЕТЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ"
730 INPUT K
740 PRINT "ВВЕДИТЕ ПРОВОДИМОСТЬ МАТЕРИАЛА ЭКРАНА [(СИМ/М)*1E-7]"
750 INPUT S1
760 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ПРИ СПЛОШНОМ ЭКРАНЕ"
770 PRINT "                2-ПРИ ПЕРФОРИРОВАННОМ ЭКРАНЕ"
780 INPUT T3
790 LET E0=0
800 IF T3=1 GOTO 860
810 PRINT "ЗАДАЙТЕ ДИАМЕТР ПЕРФОРИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ [М]"
820 INPUT D0
830 PRINT "ЗАДАЙТЕ РАСТОЯНИЕ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ ОТВЕРСТИЙ [М]"
840 INPUT A0
850 LET E0=17.37178*LOG((A0-D0)/A0)
860 PRINT "ЕСЛИ В ЭКРАНЕ ЕСТЬ ОТВЕРСТИЕ, ТО ВВЕДИТЕ ЕГО ДИАМЕТР [М]"
870 PRINT "ЕСЛИ ОТВЕРСТИЯ НЕТ, ТО ВВЕДИТЕ НОЛЬ"
880 INPUT M
890 IF A5<>1 GOTO 940
900 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ОДНОЙ ЧАСТОТЕ"
910 PRINT "                2-ДЛЯ РАСЧЕТА В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ПОЛЯ ПОМЕХИ"
920 INPUT P4

```



```

930 IF P4=2 GOTO 970
940 PRINT "ВВЕДИТЕ ЧАСТОТУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОМЕХИ [Гц]"
950 INPUT F
960 GOTO 1030
970 PRINT "ВВЕДИТЕ НИЖНЮЮ ГРАНИЦУ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПОМЕХИ [Гц]"
980 INPUT F1
990 PRINT "ВВЕДИТЕ ВЕРХНЮЮ ГРАНИЦУ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПОМЕХИ [Гц]"
1000 INPUT F2
1010 LET H=(F2-F1)/10
1020 LET F=F1
1030 IF K3=2 GOTO 1080
1040 LET U1=376.991
1050 LET U2=0
1060 LET R=10 : REM ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ЭКРАНА
1070 GOTO 1340
1080 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА"
1090 PRINT "                2-ПРИ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА"
1100 PRINT "                3-ПРИ ПЛОСКОЙ ФОРМЕ ЭКРАНА"
1110 INPUT F0
1120 IF F0=3 GOTO 1160
1130 PRINT "ВВЕДИТЕ РАДИУС ЭКРАНА [М]"
1140 INPUT R
1150 GOTO 1200
1160 PRINT "ЗАДАЙТЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ СТЕНКАМИ ЭКРАНА,"
1170 PRINT "ОБРАЩЕННЫМИ К ИСТОЧНИКУ ПОМЕХ [М]"
1180 INPUT R
1190 LET R=0.5*R
1200 PRINT "ВВЕДИТЕ 1-ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ"
1210 PRINT "                2-ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ МАГНИТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ"
1220 INPUT K5
1230 LET U1=0
1240 IF K3=1 GOTO 1340
1245 REM ЭКРАНИРОВАНИЕ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ -----+
1250 IF K5<>1 GOTO 1300 : REM !
1255 REM ЭКРАНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ----+ !
1260 IF F0=1 THEN LET U2=-1.8E10/(F*R) : REM !
1270 IF F0=2 THEN LET U2=-1.27279E10/(F*R) : REM !
1280 IF F0=3 THEN LET U2=-3.60000E10/(F*R) : REM !
1285 REM -----+
1290 GOTO 1340 : REM !
1300 IF K5<>2 GOTO 1200 : REM !
1305 REM ЭКРАНИРОВАНИЕ МАГНИТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ----+
1310 IF F0=1 THEN LET U2=7.90000E-6*F*R : REM !
1320 IF F0=2 THEN LET U2=5.58614E-6*F*R : REM !
1330 IF F0=3 THEN LET U2=1.58000E-5*F*R : REM !
1334 REM -----+
1336 REM -----+
1340 LET K=SQR(39.4784*F*M2*S1)
1350 LET Z=1E-6*SQR(0.394784*F*M2/S1)
1360 LET O1=(U1+U2)/Z
1370 LET O2=(U2-U1)/Z
1380 LET O3=Z*(U1+U2)/(U1*U1+U2*U2)
1390 LET O4=Z*(U1-U2)/(U1*U1+U2*U2)
1400 LET R3=0.353553*(O1+O3)
1410 LET R4=0.353553*(O2+O4)
1420 IF A5=2 GOTO 1710
1425 REM ***** АНАЛИЗ ЭКРАНА *****
1430 GOSUB 1550
1440 LET E=E+E0

```



```

1450 IF M=0 GOTO 1470
1460 LET E=E+52.11534*LOG(1-1.047198E-8*M*F)
1470 IF E<=0 GOTO 1530
1480 PRINT "НА ЧАСТОТЕ":F:"ГЦ-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ":E:"ДБ"
1490 IF P4=1 GOTO 10
1500 IF F>=F2 GOTO 10
1510 LET F=F+H
1520 GOTO 1240
1530 PRINT "НА ЧАСТОТЕ":F:"ГЦ ЭКРАНИРОВАНИЯ НЕТ"
1540 GOTO 1490
1545 REM П/П-МА ВМЧИСЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ Э/М ЭКРАНИРОВАНИЯ
1550 LET K4=0.707107*K*D
1555 REM ОГРАНИЧЕНИЕ K4 ВО ИЗБЕЖАНИИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ В EXP(K4)
1560 IF K4>1000 THEN LET K4=1000
1570 LET G1=0.5*(EXP(K4)+EXP(-K4))
1580 LET G2=0.5*(EXP(K4)-EXP(-K4))
1590 LET C1=G1*COS(K4)
1600 LET C2=G2*SIN(K4)
1610 LET E1=3.68589*LOG(SQR(C1*C1+C2*C2))
1620 LET S3=G2*COS(K4)
1630 LET S2=G1*SIN(K4)
1640 LET T1=(S3*C1+S2*C2)/(C1*C1+C2*C2)
1650 LET T2=(S2*C1-S3*C2)/(C1*C1+C2*C2)
1660 LET R5=R3*T1-R4*T2+1
1670 LET R6=R3*T2+T1*R4
1680 LET E2=0.68589*LOG(SQR(R5*R5+R6*R6))
1690 LET E=E1+E2
1700 RETURN
1705 REM ***** РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ЭКРАНА *****
1710 LET E3=E
1720 LET E3=E3-E0
1730 IF M=0 GOTO 1750
1740 LET E3=E3-52.11534*LOG(1-1.047198E-8*M*F)
1745 REM [D1,D2] - ИНТЕРВАЛ ПОИСКА КОРНЯ
1750 LET D1=1E-7
1760 LET D2=2*R
1770 LET D=D1
1780 GOSUB 1550
1790 LET U=E-E3
1800 LET D=D2
1810 GOSUB 1550
1820 LET U=E-E3
1830 IF U*U<=0 GOTO 1860
1840 PRINT "ТОЛЩИНА ЭКРАНА НЕ МЕНЕЕ .000000"
1850 GOTO 10
1860 LET D3=0.5*(D1+D2)
1870 LET D=D3
1880 GOSUB 1550
1890 LET U=E-E3
1900 IF U*U>0 GOTO 1930
1910 LET D2=D3
1920 GOTO 1950
1930 LET D1=D3
1940 LET U=U
1950 PRINT "*"
1960 IF ABS(D2-D1)/D1>0.001 GOTO 1860
1970 PRINT
1980 PRINT "ТОЛЩИНА ЭКРАНА":D3:"М"
1990 GOTO 10
2000 END

```


П.3. Справочные данные

Таблица 1

Степень черноты материалов

Материал	Степень черноты	Материал	Степень черноты
Дюралюминий (Д16)	0,39	Лаки	0,88
Краски эмалевые	0,92	Муар черный	0,9
Ковар	0,82	Масляные краски	0,92
Стальное литье	0,54	Цинк	0,25

Таблица 2

Теплофизические свойства материалов

Материал	ρ , кг/м ³	λ , Вт/(м·К)
Пенопласт	100-230	0,05 - 0,06
Стеклотекстолит	1800	0,23 - 0,34
Гетинакс	1500	0,28 - 0,38
Воздух	1293	0,0001-0,0005

Таблица 3

Характеристики материалов экранов

Материал	δ , см/м·10 ⁻⁷	μ_z	Материал	δ , см/м·10 ⁻⁷	μ_z
Алюминий	3,54	1	Железо	1,0	1100-22000
Латунь	1,25	1	Никель	1,38	12 ⁻⁸⁰
Медь	5,8	1	Сталь	0,66	150
Магний	2,24	1	Пермаллой	0,42	800-8000

Оглавление

Предисловие	3
I. Общие сведения по применению программ в конструкторских расчетах	3
2. Программа расчета теплового режима РЭА и ЭЛЛ	5
2.1. Функциональное назначение	5
2.2. Входные данные	7
2.3. Описание логической структуры	9
2.4. Контрольный пример	10
3. Программа расчета экранирования РЭА и ЭВА	13
3.1. Функциональное назначение	13
3.2. Входные данные	14
3.3. Описание логической структуры	16
3.4. Контрольные примеры	16
4. Инструкция по эксплуатации программ	21
Литература	22
Приложение	23

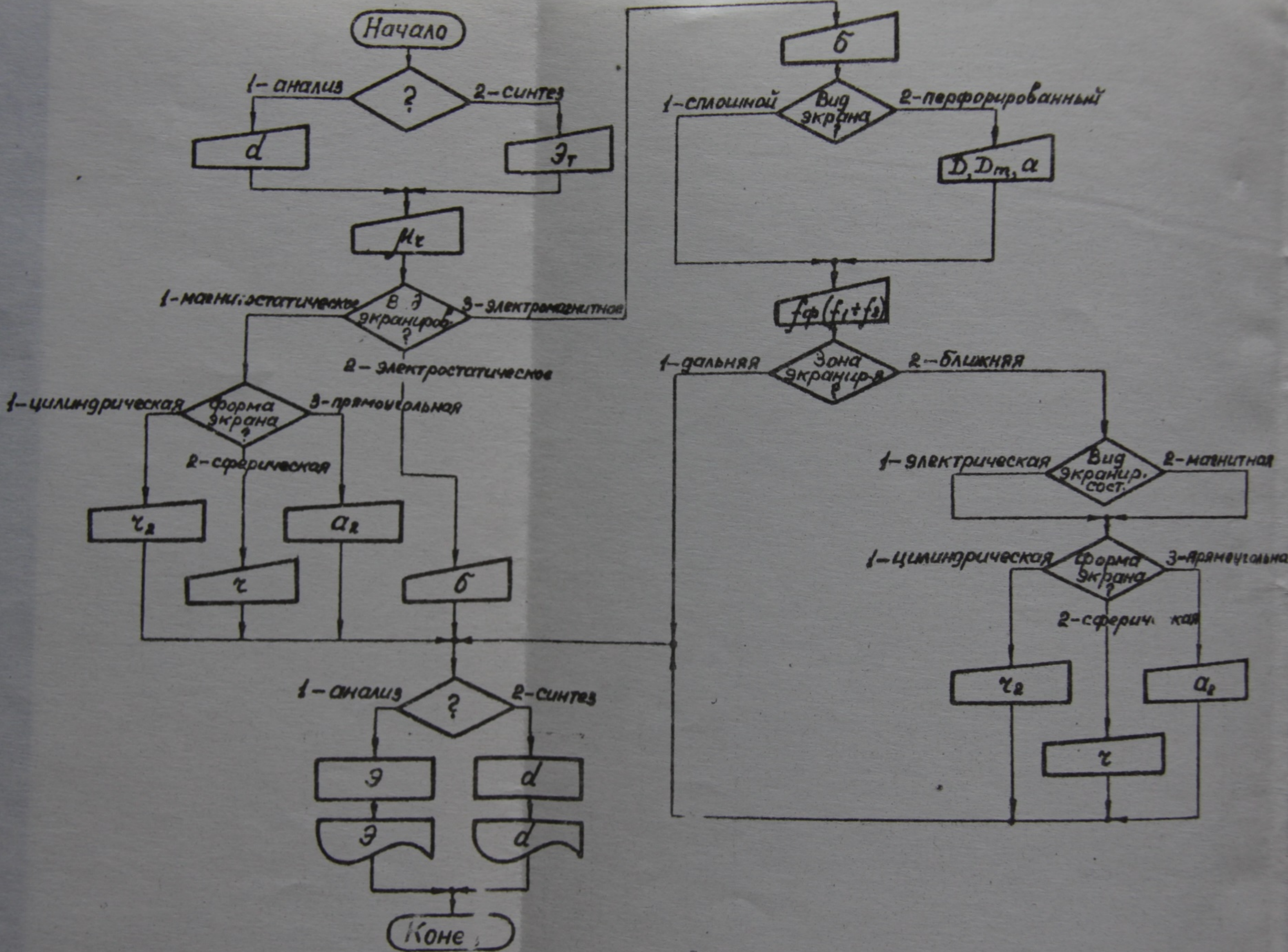


Рис.6. Схема алгоритма расчета экранирования в РЭА и ЭВА