

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

А. Н. ЧЕКАНОВ, В. В. МАРКЕЛОВ, Г. Г. КАДЫКОВ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОВЫХ
РЕЖИМОВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ**

Расчет тепловых режимов при естественной
и принудительной конвекции

— • —
Методические указания
по курсовому и дипломному проектированию

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

А. Н. ЧЕКАНОВ, В. В. МАРКЕЛОВ, Г. Г. КАДЫКОВ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОВЫХ
РЕЖИМОВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ**

**Расчет тепловых режимов при естественной
и принудительной конвекции**

**Методические указания
по курсовому и дипломному проектированию**

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

А. Н. ЧЕКАНОВ, В. В. МАРКЕЛОВ, Г. Г. КАДЫКОВ

Утверждены редсоветом МВТУ

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Расчет тепловых режимов при естественной
и принудительной конвекции

Методические указания по
курсовому и дипломному проектированию



Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом.
Рассмотрены и одобрены кафедрой П-8 6.04.81 г., методической комиссией
факультета П и учебно-методическим управлением.

Рецензент д.т.н. проф. МИРЭА Мировицкий Д.И.

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

Оглавление

Введение.....	3
§ 1. Описание структурной схемы алгоритма расчета тепловых режимов	3
§ 2. Описание алгоритма расчета тепловых режимов блоков ЭВА.....	5
2.1. Алгоритм расчета тепловых режимов блоков ЭВА	5
2.2. Общие исходные данные	13
2.3. Исходные данные для расчета температуры ИС	14
2.4. Исходные данные для расчета принудительного охлаждения.....	14
2.5. Перечень параметров, вычисляемых в процессе анализа теплового режима блока ЭВА	15
§ 3. Программа расчета тепловых режимов блоков ЭВА	22
3.1. Основная программа	23
3.2. Подпрограмма расчета температуры корпус-среда и температуры в зазоре	24
3.3. Подпрограмма расчета перегрева микросхем и ПП элементов.....	26
3.4. Подпрограмма расчета принудительного охлаждения.....	29
Литература.....	30
Приложение.....	30

Редактор Л.И. Толстой

Корректор Л.И. Малютина

Заказ 163 Объем 2,25уч.-изд.л Тираж 500 экз.

Бесплатно Подписано в печать 27.12.82 План 1982 г., №79, 80

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

ВВЕДЕНИЕ

Расчеты тепловых режимов блоков ЭВА и РЭА, представленные в данной работе, являются программным обеспечением инженерных методов теплофизического конструирования, изложенных в [2]. Возможные варианты тепловых схем, которые могут быть реализованы в процессе создания блоков электронной аппаратуры, представлены в обобщенном алгоритме. Этот алгоритм позволяет учесть все конструктивные характеристики блоков и дискретных элементов, а также реально встречающиеся условия воздействия на них окружающей среды.

Результаты расчетов представляют в виде температуры критических зон конструкции блоков, и температурного поля для дискретных элементов (ЭРЭ и ИС), установленных на печатной плате.

Данные методические указания предназначаются студентам для использования при выполнении домашних заданий и в ходе работы над курсовым и дипломным проектами.

§ I. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

Структурная схема алгоритма расчета тепловых режимов блоков ЭВА (см. рисунок) показывает основные этапы расчета.

Первый этап заключается в расчете температуры Δt_{uc} перегрева корпус - среда.

Второй этап предусматривает вычисление температуры t_3 нагретой зоны. Результат расчета выводится на печать.

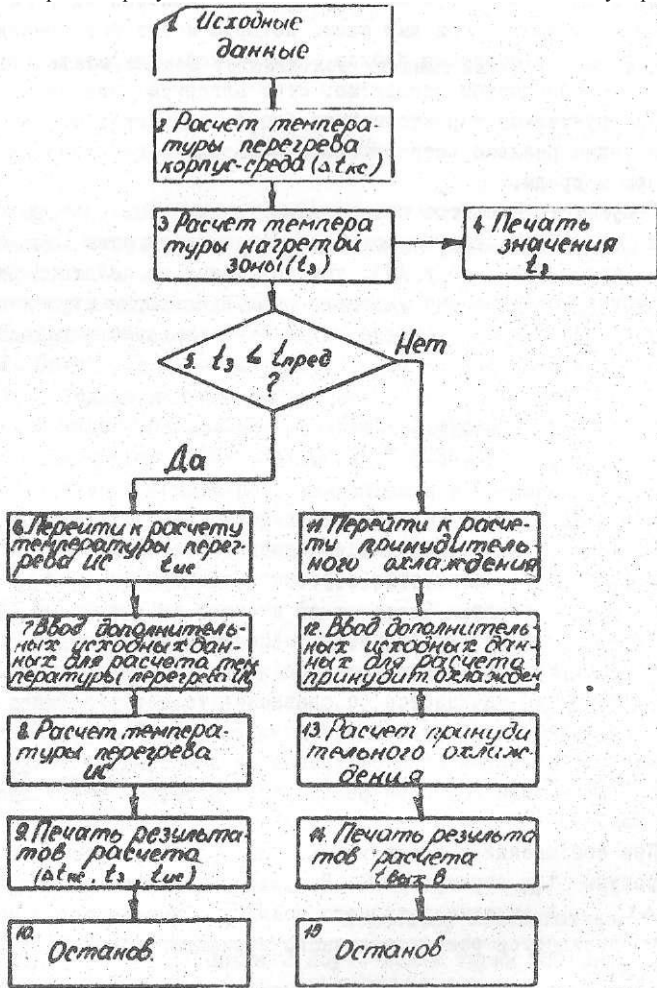
Третий этап начинается со сравнения температуры нагретой зоны с допустимой предельной температурой ИС. В зависимости от результатов сравнения предусматривается либо расчет температуры t_{uc} перегрева ИС, либо расчет принудительного охлаждения блока ЭВА.

При соблюдении неравенства $t_3 \leq t_{yon}$ выполняется расчет температуры t_{uc} перегрева ИС. Результаты расчета в виде значений Δt_{uc} , t_3 и температурного поля выводятся на печать.

Этим заканчивается расчет заданного варианта теплового режима блока ЭВА.

Если неравенство $t_3 \leq t_{yon}$ не выполняется, то производится

расчет принудительного охлаждения. Результаты данного расчета в виде значений $G, t_{\text{вых}}, t_{\text{вх}}$ выводятся на печать. Здесь $t_{\text{вых}}$ - температура воздуха на выходе из канала; G - расход воздуха, обеспечивающего значение $t_{\text{вых}}$. На этом заканчивается расчет принудительного охлаждения блока ЭВА по заданному варианту.

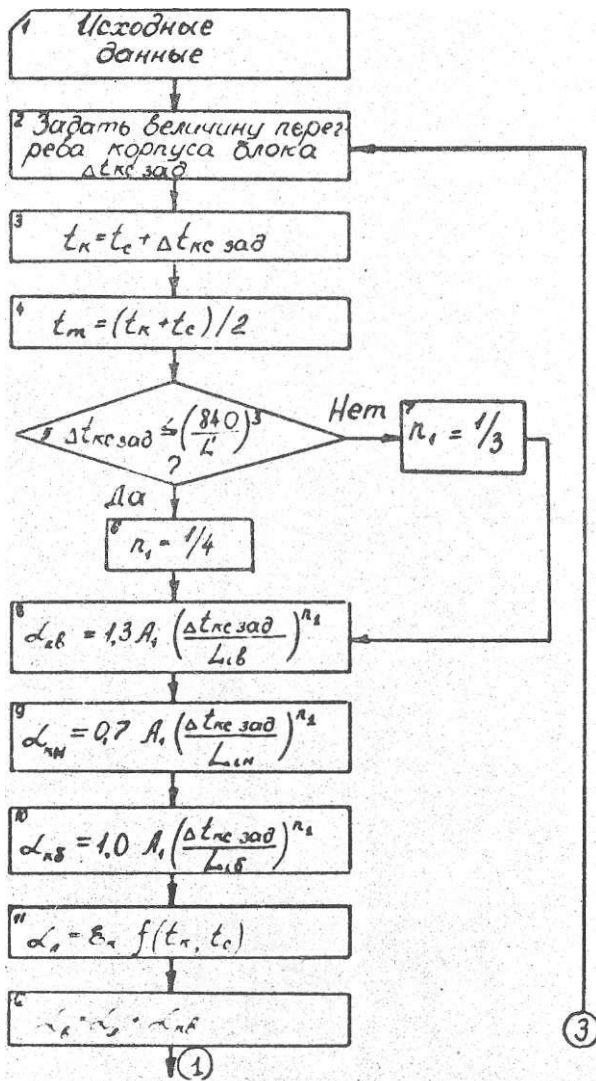


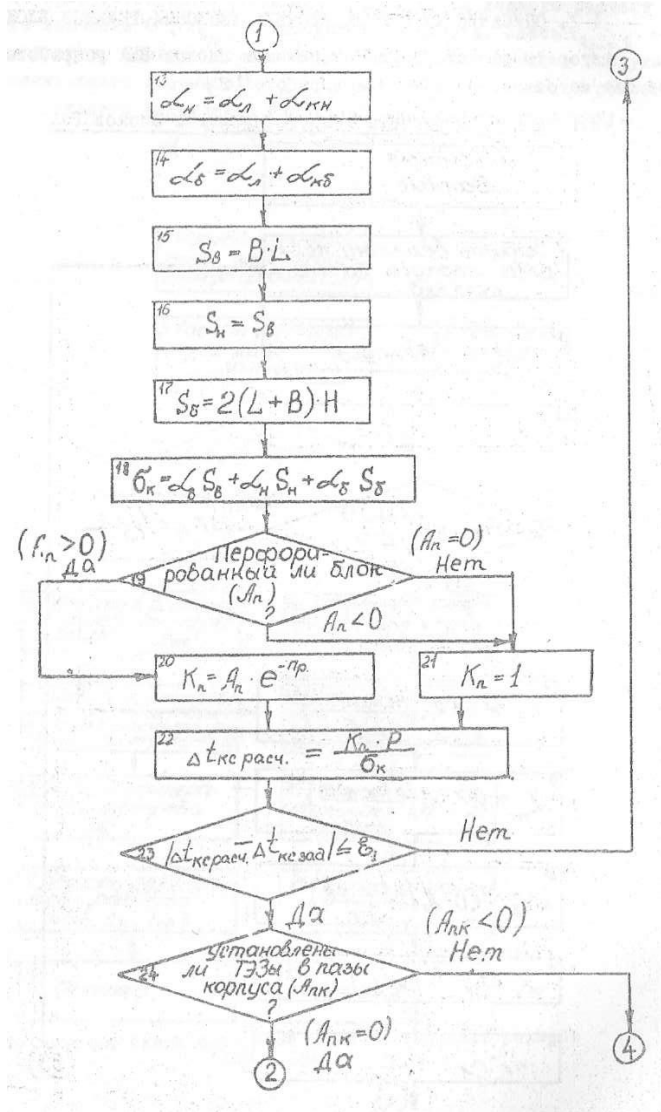
Структурная схема алгоритма расчета тепловых режимов блоков ЭВА

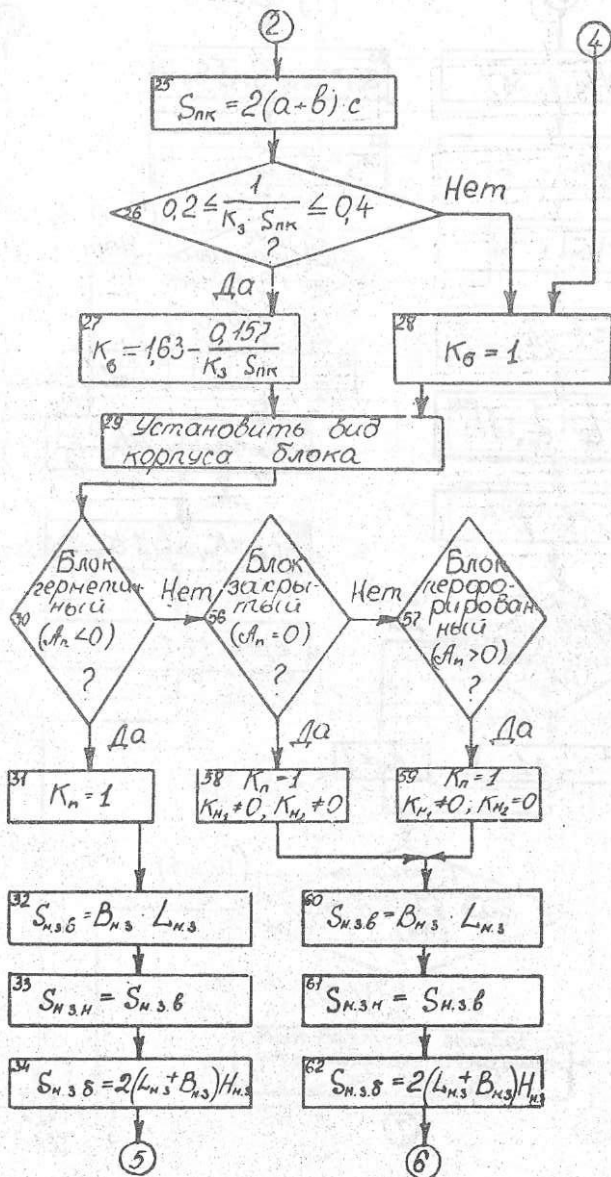
§ 2. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ БЛОКОВ ЭВА

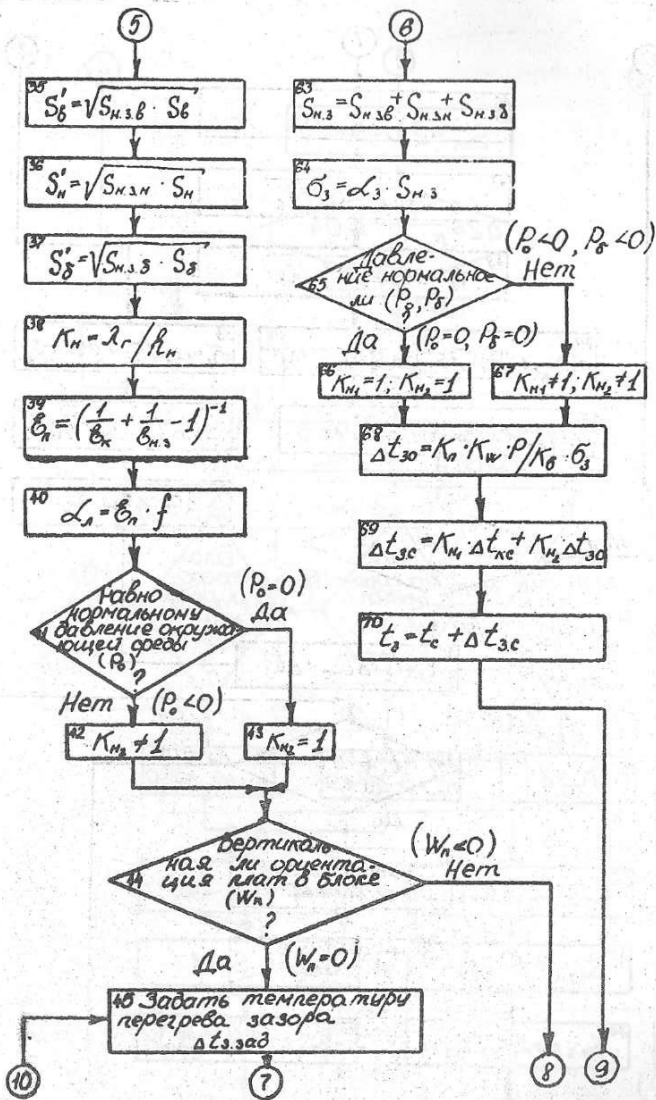
Алгоритм расчета тепловых режимов блоков ЭВА разработан на основе методики, приведенной в работе [2].

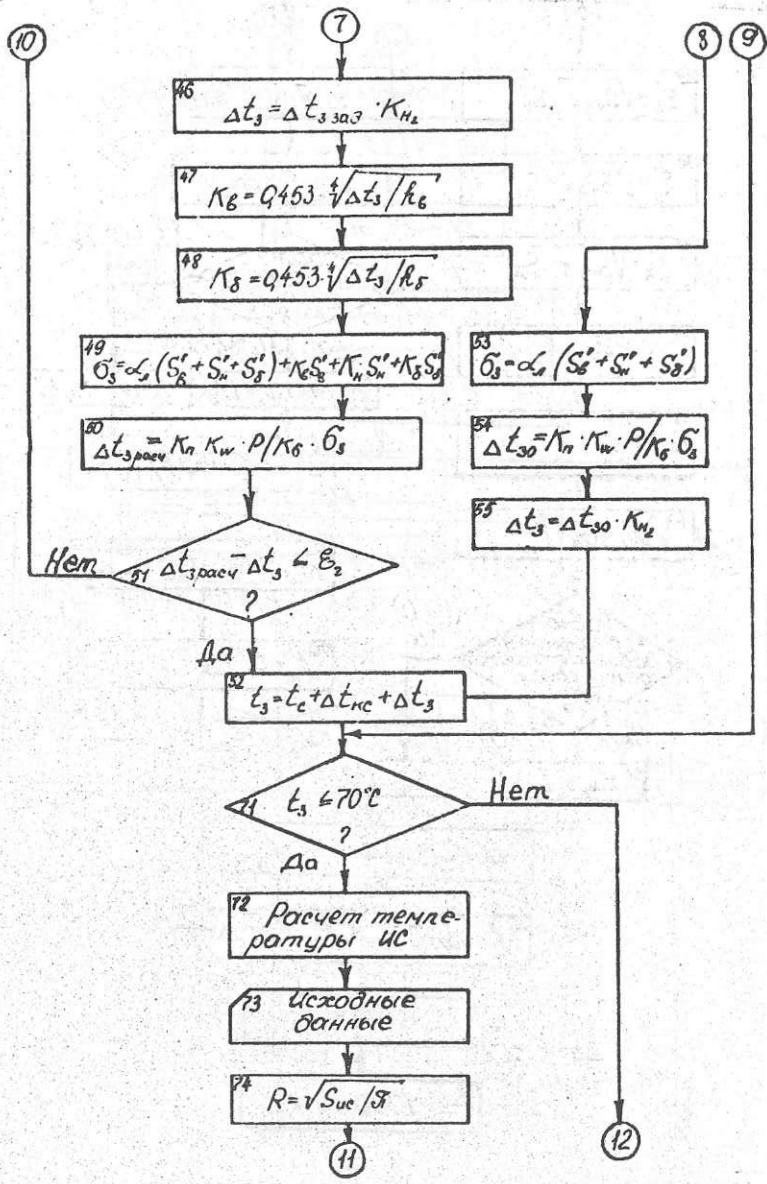
2.1. Алгоритм расчета тепловых режимов блоков ЭВА











11

$$m = \sqrt{17/\delta \cdot \lambda_n}$$

$$\chi = m R_i, m \lambda_i$$

$$K_{ij}(x) = \sqrt{\frac{\delta}{2\lambda}} \cdot e^{-x} \cdot x \left\{ 1 + \frac{4\lambda^2 - 1^2}{1! \delta x} + \frac{(4\lambda^2 - 1^2)(4\lambda^2 - 3^2)}{2! (\delta x)^2} \right\}$$

78

$$\Delta t_{uc} = \Delta t_3 + K \left[\frac{P_3}{K_{i3}(S_{i3} - S_{ue}) + \frac{1}{\frac{\delta_3}{\lambda_3 \beta R^2} + \frac{1}{B_i + \beta MR \cdot \lambda_n \cdot \delta \cdot m \cdot \frac{K_i(mR)}{K_0(mR)}}}} \right]$$

$$+ \sum_{i=1}^{m_i} \frac{P_{3i}}{K_{oi}(S_{oi} - S_{uei})} \left\{ 1 + \left[\frac{\delta_{oi}}{\lambda_{oi} \beta R^2} + \frac{1}{K_{oi}(S_{oi} - S_{oi})} \right] \left[B_i + \beta MR \cdot \lambda_n \cdot \delta \cdot m \cdot \frac{K_i(mR)}{K_0(mR)} \right] \right\}$$

$$\times \frac{K_0(mR_i)}{K_2(mR_i)}$$

$$t_{uc} = t_c + \Delta t_{uc} + \Delta t_{nc}$$

Печатаем t_{nc}, t_3, t_{uc}

STOP

END

12

83 Расчет принудительно-го охлаждения

84 Исходные данные

$$85 f_{жс} = l_n \cdot \delta_1 - \sum_{i=1}^{n_2} l_{2n_i} \cdot l_{2в_i}$$

$$86 d_3 = \frac{2 f_{жс}}{l_n + \delta_1 + \sum_{i=1}^{n_2} l_{2в_i}}$$

87 Задать расход воздуха G

88 Вид вентиляции

89 Вытяжная вентиляция?

Да

Нет

$$90 \Delta t_6 = \frac{(N_{ис} + 1) \sum P_{3j}}{1000 G}$$

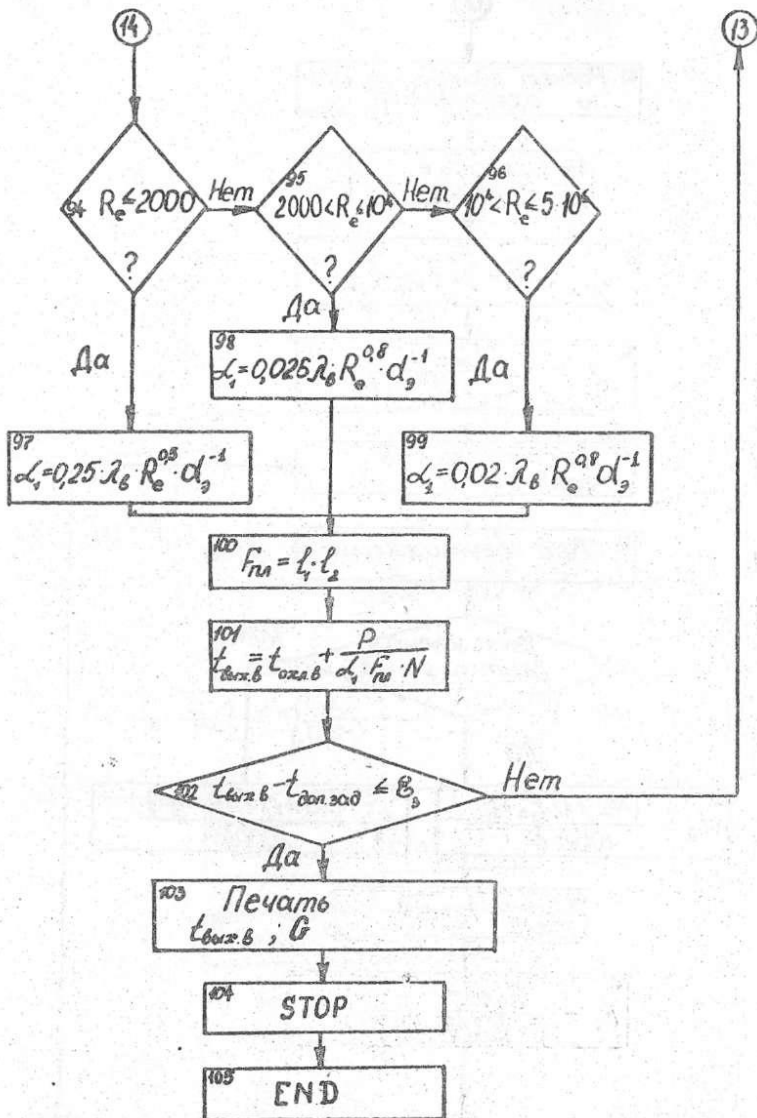
$$91 \Delta t_6 = \frac{(N_{ис} + 1) (\sum P_{3j} + \eta P_6)}{1000 G}$$

$$92 t_{охл.в} = t_c + \Delta t_6$$

$$93 R_e = \frac{G \cdot d_3}{\nu \cdot f_n (N+1) \cdot T}$$

14

13



2.2. Общие исходные данные

Исходными данными, которые вводятся согласно блоку 1, являются следующие геометрические и физические параметры:

- P - суммарная мощность, выделяющаяся в блоке, Вт;
- t_0 - температура окружающей среды, °С;
- P_0 - давление окружающей среды, Па;
- P_δ - давление воздуха внутри корпуса блока, Па;
- A_n - вид корпуса блока. Геометрические размеры блока:
 - H - высота корпуса, мм;
 - B - ширина корпуса, мм;
 - L - длина корпуса, мм;
- W_n - условия ориентации ТЭЗов в блоке;
- α, β, γ - соответственно длина, ширина, глубина паза, мм;
- A_1 - коэффициент, зависящий от t_m ;
- ϵ_k - степень черноты поверхности корпусе;
- ϵ_1 - точность вычисления Δt_{kc} ;
- k_3 - удельная теплопроводность зазора между ячейками и корпусом блока, Вт.м².град⁻¹;
- λ_g - коэффициент теплопроводности газа, Вт/м.град;
- h_n - расстояние между нижней поверхностью нагретой зоны и дном корпуса блока;
- π - коэффициент перфорации - отношение площади перфорации к площади соответствующей поверхности, где находятся перфорация;
- $\epsilon_{нз}$ - степень черноты нагретой зоны;
- $t_{3\text{max}}$ - температура перегрева зазора, °С;
- ϵ_2 - точность вычисления Δt_3 ;
- $H_{нз}$ - высота нагретой зоны, мм;
- $B_{нз}$ - ширина нагретой зоны, мм;
- $L_{нз}$ - длина нагретой зоны, мм;
- n_3 - обозначение параметров, характеризующих нагретую зону.

После блока 71 происходит остановка ЭВМ. При условии выполнения неравенства $t_3 \leq 70^\circ\text{C}$ делается вывод о целесообразности проведения расчета принудительного охлаждения. Как следует из алгоритма, возможны два варианта решения задачи: при выпол-

нении неравенства определяется температура перегрева микросхемы $\Delta t_{\text{ис}}$; если неравенство не выполняется, то производится расчет принудительного охлаждения.

Для каждого из рассматриваемых вариантов вводятся дополнительно исходные данные.

2.3. Исходные данные для расчета температуры ИС

Исходными данными, которые должны вводиться при расчете температуры ИС применительно к блоку 73, являются следующие параметры:

- S_{Σ} - площадь всей поверхности микросхемы, мм²;
- $S_{\text{ос}}$ - площадь основания микросхемы, мм²
- $\lambda_{\text{п}}$ - коэффициент теплопроводности платы;
- $\lambda_{\text{з}}$ - коэффициент теплопроводности материала зазора;
- r_i - расстояние от центра исследуемой ИС до i -х ИС, которые окружают исследуемую ИС;
- $P_{\Sigma i}$ - мощность i -х ИС, которые окружают исследуемую ИС;
- m - число микросхем в ТЭЗе;
- B, M - коэффициенты, зависящие от расположения ИС на обеих сторонах ТЭЗа ($M=2$ при одностороннем расположении ИС в ТЭЗе);
- $\delta_{\text{з}}$ - зазор между ИС и платой ТЭЗа;
- $\delta_{\text{п}}$ - толщина печатной платы, мм;
- $K=1,14$ - эмпирический коэффициент;
- K_{α} - коэффициент, учитывающий теплопередачу от корпусов ИС.

2.4. Исходные данные для расчета принудительного охлаждения

Параметры, которые должны дополнительно вводиться в ЭВМ, применительно к блоку 84 являются исходными при расчете принудительного охлаждения:

- l_1 - ширина печатной платы, мм;
- l_2 - длина печатной платы, мм;
- $\delta_{\text{п}}$ - расстояние между ТЭЗами;
- N - число ТЭЗов в блоке;
- $l_{\text{п}}, l_{\text{ис}}$ - размеры платы и ИС, перпендикулярные направлению движения потока, м;
- $l_{\text{ис}}$ - высота ИС, м;

$P_{эj}$ - мощность ИС, расположенных перед рассчитываемым элементом по направлению воздушного потока в том же канале;

P_B - мощность вентилятора;

ν - кинематическая вязкость, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$;

δ - плотность воздуха;

G - расход воздуха, $\text{кг}/\text{с}$;

ϵ_3 - точность вычисления $t_{\text{гон}}$;

λ_{δ} - коэффициент теплопроводности воздуха.

2.5. Перечень параметров, вычисляемых в процессе анализа теплового режима блока ЭВА

Для понимания логики расчета тепловых режимов дадим расшифровку буквенных обозначений, используемых в разработанном алгоритме (в основной части):

t_k - температура корпуса, $^{\circ}\text{C}$;

t_m - средняя (определяющая) температура, $^{\circ}\text{C}$;

L' - минимальный геометрический размер корпуса блока, мм;

n_i - показатель, определяющий вид закона; в рассматриваемом случае $n_i = 1/4$ ($n_i = 1/3$ характерен при расчете теплового режима стойки);

$\alpha_{кв}, \alpha_{кн}, \alpha_{кб}$ - конвективный коэффициент теплообмена соответственно для верхней, нижней и боковой поверхностей корпуса;

L_{iv}, L_{in}, L_{ib} - минимальные линейные геометрические размеры, определяющие соответственно высоту, нижнюю и боковую поверхности, мм;

α_{λ} - коэффициент лучистого теплообмена, характеризующий отвод тепла за счет излучения;

$\alpha_v, \alpha_n, \alpha_b$ - коэффициент теплообмена верхней, нижней и боковой поверхностей корпуса;

S_v, S_n, S_b - площадь верхней, нижней и боковой поверхностей корпуса;

G_k - тепловая проводимость корпуса блока, $\text{Вт}\cdot\text{град}^{-1}$;

K_n - коэффициент, зависящий от площади перфорационных отверстий;

$S_{нк}$ - площадь контакта ТЭЗа с корпусом блока при установке его в пазы корпуса;

K_{σ} - коэффициент, учитывающий контактный теплоотвод от

ТЭЗов к корпусу;

K_3 - удельная теплопроводность зазора между ячейками и корпусом блока, Вт.м⁻².град⁻¹;

K_w - коэффициент, учитывающий внутреннее перемещение воздуха (в расчетах для всех видов корпусов принимаем $K_w = 1$);

S'_v, S'_n, S'_e - эффективная площадь верхней, нижней и боковой поверхностей нагретой зоны;

K_k, K_n, K_s - конвективно-кондуктивные коэффициенты теплопередачи верхнего, нижнего и бокового зазоров;

ϵ_n - приведенный коэффициент черноты поверхностей?

K_{n1}, K_{n2} - коэффициенты, учитывающие давление среды соответственно снаружи и внутри блока;

G_3 - тепловая проводимость воздушного зазора;

α_3 - конвективный коэффициент в зазоре для негерметичного корпуса;

$\Delta t'_{30}$ - температура перегрева зазора при нормальном давлении;

$\Delta t'_3$ - температура перегрева зазора с учетом давления внутри корпуса;

h_3 - средняя величина зазора в верхней части блока;

t_3 - температура зазора между нагретой зоной и корпусом

блока.

Обозначения, которые употребляются при расчете температуры ИС, имеют следующий физический смысл:

R - эквивалентный радиус ИС;

m - приведенный коэффициент теплоотдачи;

$K_j(x)$ - модифицированные функции Бесселя, $\gamma = 0, \bar{1}$.

При расчете принудительного охлаждения начиная с блока 83 определяют следующие физические величины :

$F_{пл}$ - площадь печатной платы;

$t_{охл.возд}$ - температура охлаждающего воздуха;

α_4 - необходимое значение конвективного коэффициента теплоотдачи;

лоотдачи;

$S_{жс}$ - площадь живого сечения между ТЭЗами;

d_3 - эквивалентный диаметр канала;

$\Delta t'_3$ - Температура перегрева воздуха в канале;

$t_{охл.в.}$ - температура воздуха в канале;

Re - критерий Рейнольдса.

При расчете величин $\Delta t'_{жс}, \Delta t_3$ (для герметичного кор –

пуса) и $t_{\text{ннк}}$ используется метод итераций.

На расчет теплового режима оказывают существенное влияние такие конструктивные параметры, как вид блока (герметичный, закрытый и перфорированный), ориентация плат в блоке, установка ТЭЗов в пазы или с зазором, а также давление как внутри блока, так и окружающей среды.

Для учета этого в алгоритм введены контрольные операции с соответствующим комментарием. Для распознавания используемых комментариев ЭВМ они имеют конкретные буквенные обозначения.

A_n - вид блока. При этом если $A_n = 0$, то это соответствует закрытому корпусу, $A_n > 0$ - перфорированному корпусу, $A_n < 0$ - герметичному корпусу.

Способ установки ТЭЗов в блоке обозначен через $A_{\text{нк}}$. При этом если $A_{\text{нк}} = 0$ то это соответствует установке ТЭЗов в пазы корпуса, $A_{\text{нк}} < 0$ - установке ТЭЗов с зазором.

Давление окружающей среды обозначается через P_o . Нормальное давление окружающей среды соответствует $P_o = 0$

Давление внутри блока обозначается через P_c . Нормальное давление внутри блока соответствует $P_c = 0$

Вид ориентации ТЭЗов в блоке обозначается через W_n . Вертикальная ориентация плат - $W_n = 0$, горизонтальная - $W_n < 0$

Описание блоков, входящих в алгоритм расчета тепловых режимов блоков ЭВА

Блок 1. Предусматривает ввод исходных данных, перечисленных в разделе 2.3.

Блок 2. Предусматривает предварительное гадание значения перепада температуры корпус - среда.

Блок 3. Осуществляет $\Delta t_{\text{кс}} \text{ зря}$ вычисление температуры t_k корпуса. Блок Производит вычисление определяющей температуры t_m , которая служит исходной информацией для выбора коэффициента A_i

Блок 5. Осуществляет выбор закона охлаждения. При этом может быть либо закон 1/3, либо закон 1/4. Закон 1/4 будет справедлив при выполнении неравенства, закон 1/3 будет справедлив в том случае, если неравенство не выполняется. В курсовой работе рассматриваются блоки, при расчетах тепловых режимов которых тепловые потоки будут описываться законом 1/4.

Параметр L' (длина нагретой зоны) является определяющим размером блока.

Блок 6. Определяет закон $1/4$.

Блок 7. Определяет закон $1/3$.

Блоки 8-10. Предусматривают определение коэффициента конвективного теплообмена для нижней, верхней и боковой поверхности блока.

Блок II. Вычисляет коэффициент лучистого теплообмена.

Функция $f(t_k, t_c)$ задана аналитически.

Блоки 12-14. Вычисляют полные коэффициенты теплообмена для верхней, нижней и боковой поверхностей блока.

Блоки 15-17. Предусматривают вычисление площади верхней, нижней и боковой поверхностей блока.

Блок 18. Осуществляет вычисление тепловой проводимости корпуса блока.

Блок 19. Оценивает принадлежность исследуемого блока к определенному виду (герметичный, закрытый, перфорированный).

Блоки 20-21. Вычисляют коэффициент перфорации.

Блок 22. Вычисляет перепад температуры корпус-среда.

Блок 23. Сравнивает заданное значение перепада температуры корпус-среда с расчетным. При несовпадении с определенной погрешностью ϵ_1 значений этих температур расчет повторяется вновь с блока 2.

Блок 24. Предусматривает кодирование способа установки ТЭЗов в блоке, которые могут быть установлены в пазы корпуса блока или в рамки, являющиеся частью корпуса. Этим учитывается различие в определении коэффициента K_B , влияющего на тепло- отвод от массива ячеек или ТЭЗов к корпусу.

Блок 25. Предусматривает определение площади контакта ячейки с корпусом блока при установке ее в пазы корпуса с прижимом .

Блок 26. Проверяет выполнение (или невыполнение) неравенства, которое дает возможность определить формулу вычисления коэффициента K_B

Блок 27. Предусматривает вычисление коэффициента K_B при установке ячеек или ТЭЗов в пазы корпуса.

Блок 28. Показывает, что коэффициент $K_B = I$ при контакте ячейки или ТЭЗа с корпусом прибора и при невыполнении условия, указанного в блоке 26.

Блок 29. Предусматривает определение вида корпуса, так как для корпусов различного вида методика расчета тепловых режимов различная. Блок 29 введен условно.

Блок 30. Предусматривает определение принадлежности исследуемого корпуса (согласно варианту задания) к герметичному.

Блок 31. Указывает, что для герметичного корпуса $K_w = I$ и $K_n = I$ (здесь K_w и K_n - коэффициенты, характеризующие со ответственно перемешивание воздуха внутри корпуса и перфорация герметичного корпуса блока).

Блоки 32-34. Осуществляют вычисление площадей соответственно верхней, нижней и боковой поверхностей нагретой зоны.

Блоки 35-37. Предусматривают вычисление эффективных площадей верхней, нижней и боковой поверхностей нагретой зоны.

Блок 38. Осуществляет вычисление конвективно-кондуктивно- го коэффициента для нижнего зазора между нагретой зоной и поверхностью корпуса.

Блок 39. Предусматривает вычисление приведенной степени черноты системы тел "корпус-нагретая зона".

Блок 40. Определяет коэффициент лучистого теплообмена.

Блок 41. Учитывает давление окружающей среды.

Блоки 42-43. Учитывают значения коэффициента K_{n2} , с помощью которого определяется изменение давления окружающей среда: $K_{n2} = I$, если давление окружающей среды равно нормальному, и $K_{n2} \neq I$, если давление окружающей среды отлично от нормального.

Блок 44. Проверяет вид установки ТЭЗов в корпусе блока (горизонтальный или вертикальный).

Блок 45. Предусматривает предварительное задание температуры перегрева нагретой зоны при вертикальной ориентации ТЭЗов в корпусе блока.

Блок 46. Предусматривает вычисление температуры перегрева нагретой зоны с учетом давления окружающей среды.

Блок 47. Осуществляет вычисление конвективно-кондуктив- ного коэффициента теплопередачи для верхнего зазора.

Блок 48. Осуществляет вычисление конвективно-кондуктив-- ного коэффициента теплопередачи для бокового зазора.

Блок 49. Предусматривает определение тепловой проводимости зазора при вертикальной ориентации ТЭЗов в корпусе блока.

Блок 50. Осуществляет вычисление температуры перегрева

нагретой зоны.

Блок 51. Осуществляет сравнение заданного и рассчитанного значений температур перегрева нагретой зоны. Ошибка не должна превышать наперед заданной величины ϵ_2 (точность расчета температуры перегрева нагретой зоны задается). Расчеты повторяются начиная с блока 45, если ϵ_2 превышает заданную точность. Блок 52. Предусматривает вычисление температуры нагретой зоны.

Блок 53. Осуществляет определение тепловой проводимости зазора при горизонтальной ориентации ТЭЗов в корпусе блока.

Блок 54. Предусматривает вычисление температуры перегрева нагретой зоны при нормальном давлении окружающей среды.

Блок 55. Осуществляет вычисление температуры перегрева нагретой зоны с учетом изменения давления окружающей среды.

Блоки 56-57. Устанавливают вид корпуса (закрытый или перфорированный).

Блок 58. Указывает значения коэффициентов K_w, K_n, K_{H1} и K_{H2} , которые характеризуют закрытый корпус. Для закрытого корпуса блока $K_w = I, K_n = I, K_{H1} \neq 0, K_{H2} \neq 0$

Блок 59. Указывает значения коэффициентов K_w, K_n, K_{H1} и K_{H2} , которые характеризуют перфорированный корпус. Для перфорированного корпуса $K_w = I, K_n \neq I, K_{H1} \neq 0, K_{H2} = 0$

Блоки 60-62. Осуществляют вычисление площадей соответственно, верхней, нижней и боковой поверхности нагретой зоны для негерметичных корпусов,

Блок 63. Предусматривает вычисление площади нагретой зоны для негерметичных корпусов.

Блок 64. Осуществляет вычисление тепловой проводимости для негерметичных корпусов.

Блок 65. Устанавливает отличие давления внутри блока и окружающей среды от нормального.

Блок 66. Указывает значения коэффициентов K_{H1} и K_{H2} , которые учитывают изменение давления внутри блока и окружающей среды, для случая, когда перечисленные виды давления равны нормальному, т.е. когда $K_{H1} = I, K_{H2} = I$

Блок 67. Указывает значения коэффициентов K_{H1} и K_{H2} для случая, когда давление окружающей среды и, естественно, внутри блока отлично от нормального, т.е. когда $K_{H1} \neq I, K_{H2} \neq I$

Блок 68. Определяет температуру перегрева нагретой зоны

при нормальном давлении.

Блок 69. Предусматривает определение температуры Δt_3 нагретой зоны относительно температуры окружающей среды при изменении давления.

Блок 70. Осуществляет вычисление температуры нагретой зоны для негерметичных корпусов.

Блок 71. Предусматривает сравнение рассчитанной температуры нагретой зоны с граничной, численное значение которой принимается равной 70°C . Если температура нагретой зоны меньше или равна 70°C ($t_{н.з} \leq 70^\circ\text{C}$), то студент проводит расчет перегрева ИС ТЭЗа. Если температура нагретой зоны превышает 70°C ($t_{н.з} > 70^\circ\text{C}$), то студенту необходимо провести расчет принудительного охлаждения.

Блок 72. Указывает на начало расчета перегрева ИС.

Блок 73. Предусматривает ввод дополнительных исходных данных, необходимых для расчета перегрева ИС.

Блок 74. Осуществляет вычисление эквивалентного радиуса.

Блок 75. Определяет значение приведенного коэффициента теплоотдачи.

Блок 76. Предусматривает вычисление переменной, зависящей от эффективного радиуса и расстояния от центра исследуемой ИС до окружающих ее ИС. Эта переменная необходима для вычисления функций Бесселя.

Блок 77. Осуществляет вычисление функций Бесселя.

Блок 78. Предусматривает вычисление температуры перегрева ИС.

Блок 79. Осуществляет вычисление температуры исследуемой ИС.

Блок 80. Предусматривает печать результатов расчета перегрева ИС.

Блоки 81, 82. Указывают на окончание расчетов перегрева ИС

Блок 83. Указывает на начало расчета принудительного охлаждения.

Блок 84. Предусматривает ввод дополнительных исходных данных, необходимых для расчета принудительного охлаждения.

Блок 85. Осуществляет вычисление "живого сечения", т.е. реальной площади воздухоканала.

Блок 86. Предусматривает вычисление эквивалентного диаметра .

Блок 87. Предусматривает предварительное задание расхода воздуха.

Блоки 88, 89. Указывают на необходимость определения вида вентиляции (вытяжная или приточная). Вид вентиляции предусматривает конкретные формулы для расчета перегрева воздуха в сечении канала.

Блок 90. Предусматривает вычисление перегрева воздуха в сечении канала при вытяжной вентиляции.

Блок 91. Предусматривает вычисление перегрева воздуха в сечении канала при приточной вентиляции.

Блок 92. Вычисляет температуру охлаждающего воздуха в сечении канала.

Блок 93. Осуществляет вычисление критерия Рейнольдса.

Блоки 94-96. Предусматривают сравнение расчетного значения критерия Рейнольдса с граничным. Характер воздушного потока в сечении канала определяет эффективность отвода тепла, что выражается различными значениями коэффициентов α конвективного теплообмена.

Блоки 97-99. Осуществляют вычисление коэффициентов конвективного теплообмена для различных характеров воздушного потока в сечении канала.

Блок 100. Предусматривает вычисление площади печатной платы.

Блок 101. Осуществляет вычисление температуры выходящего воздуха.

Блок 102. Осуществляет сравнение расчетного значения температуры выходящего воздуха с допустимой. Разница при сравнении не должна превышать предварительно заданной погрешности ε_3 . Для выполнения этого требования расчет повторяется начиная с блока 87.

Блок 103. Предусматривает печать результатов расчета принудительного охлаждения.

Блоки 104, 105. Указывают на окончание расчетов принудительного охлаждения.

§ 8. ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ БЛОКОВ ЭВА

3.1. Основная программа

FORTRAN IV G LEVEL 21 MAIN DATE = 81100 21/38/10

```

0001 REAL KALFA,KALFA1
0002 PFL,LP,A
0003 INTERGER ORTE,T,M1
0004 DIMENSION F1S(15,15),F1S1(15,15),KALFA(15,15),KALFA1(15,15),
0005 *F2(15,15),F21(15,15),D(15,15),AD(15,15),SIS(15,15),SIS1(15,15),
0006 *S(15,15),S1(15,15),P(15,15),P1(15,15)
0007 DIMENSION *T1(10),*T2(10),ORIENT(1,P),DELS,M,B,C,ME,HE,
0008 *COMB,DELCO,DELID,TRB,TZCO(4,1),M,D,K,M,B1,LP,DP,K,MCG,
0009 *S,AM,DE,COB,PL,G,N2,DAM,PBL,FPL/COM,ALAY,13,CET
0010 *T=ME,203E-02
0011 TPR=1
0012 ORTE=1
0013 *CAD(1,3) P,DELS
0014 *CAUC(1,8) M,B,C,ME,BF,CE
0015 CET=CE
0016 T=20.
0017 TPR=1
0018 READ(1,6) *T
0019 READ(1,6) SN
0020 *RAD(1,16) EPS
0021 *RAD(1,16) AP
0022 READ(1,16) DELU
0023 *RAD(1,16) DELD
0024 CALL *CARM
0025 *TAP,*GT,0,)*GOT(10
0026 CALL *CAMP
0027 *GOTO 40
0028 10 CALL *CABMA (EPS,*T,SN)
0029 40 *F(1+TR*2-70,)*11,11,12
0030 11 READ(1,15) JM
0031 *F2C
0032 *F1B
0033 *F1E
0034 *F1F
0035 *F1G
0036 *F1H
0037 *F1I
0038 *F1J
0039 *F1K
0040 *F1L
0041 *F1M
0042 *F1N
0043 *F1O
0044 *F1P
0045 *F1Q
0046 *F1R
0047 *F1S
0048 *F1T
0049 *F1U
0050 *F1V
0051 *F1W
0052 *F1X
0053 *F1Y
0054 *F1Z
0055 *F1AA
0056 *F1AB
0057 *F1AC
0058 *F1AD
0059 *F1AE
0060 *F1AF
0061 *F1AG
0062 *F1AH
0063 *F1AI
0064 *F1AJ
0065 *F1AK
0066 *F1AL
0067 *F1AM
0068 *F1AN
0069 *F1AO
0070 *F1AP
0071 *F1AQ
0072 *F1AR
0073 *F1AS
0074 *F1AT
0075 *F1AU
0076 *F1AV
0077 *F1AW
0078 *F1AX
0079 *F1AY
0080 *F1AZ
0081 *F1BA
0082 *F1BB
0083 *F1BC
0084 *F1BD
0085 *F1BE
0086 *F1BF
0087 *F1BG
0088 *F1BH
0089 *F1BI
0090 *F1BJ
0091 *F1BK
0092 *F1BL
0093 *F1BM
0094 *F1BN
0095 *F1BO
0096 *F1BP
0097 *F1BQ
0098 *F1BR
0099 *F1BS
0100 *F1BT
0101 *F1BU
0102 *F1BV
0103 *F1BW
0104 *F1BX
0105 *F1BY
0106 *F1BZ
0107 *F1CA
0108 *F1CB
0109 *F1CC
0110 *F1CD
0111 *F1CE
0112 *F1CF
0113 *F1CG
0114 *F1CH
0115 *F1CI
0116 *F1CJ
0117 *F1CK
0118 *F1CL
0119 *F1CM
0120 *F1CN
0121 *F1CO
0122 *F1CP
0123 *F1CQ
0124 *F1CR
0125 *F1CS
0126 *F1CT
0127 *F1CU
0128 *F1CV
0129 *F1CW
0130 *F1CX
0131 *F1CY
0132 *F1CZ
0133 *F1DA
0134 *F1DB
0135 *F1DC
0136 *F1DD
0137 *F1DE
0138 *F1DF
0139 *F1DG
0140 *F1DH
0141 *F1DI
0142 *F1DJ
0143 *F1DK
0144 *F1DL
0145 *F1DM
0146 *F1DN
0147 *F1DO
0148 *F1DP
0149 *F1DQ
0150 *F1DR
0151 *F1DS
0152 *F1DT
0153 *F1DU
0154 *F1DV
0155 *F1DW
0156 *F1DX
0157 *F1DY
0158 *F1DZ
0159 *F1EA
0160 *F1EB
0161 *F1EC
0162 *F1ED
0163 *F1EE
0164 *F1EF
0165 *F1EG
0166 *F1EH
0167 *F1EI
0168 *F1EJ
0169 *F1EK
0170 *F1EL
0171 *F1EM
0172 *F1EN
0173 *F1EO
0174 *F1EP
0175 *F1EQ
0176 *F1ER
0177 *F1ES
0178 *F1ET
0179 *F1EU
0180 *F1EV
0181 *F1EW
0182 *F1EX
0183 *F1EY
0184 *F1EZ
0185 *F1FA
0186 *F1FB
0187 *F1FC
0188 *F1FD
0189 *F1FE
0190 *F1FF
0191 *F1FG
0192 *F1FH
0193 *F1FI
0194 *F1FJ
0195 *F1FK
0196 *F1FL
0197 *F1FM
0198 *F1FN
0199 *F1FO
0200 *F1FP
0201 *F1FQ
0202 *F1FR
0203 *F1FS
0204 *F1FT
0205 *F1FU
0206 *F1FV
0207 *F1FW
0208 *F1FX
0209 *F1FY
0210 *F1FZ
0211 *F1GA
0212 *F1GB
0213 *F1GC
0214 *F1GD
0215 *F1GE
0216 *F1GF
0217 *F1GG
0218 *F1GH
0219 *F1GI
0220 *F1GJ
0221 *F1GK
0222 *F1GL
0223 *F1GM
0224 *F1GN
0225 *F1GO
0226 *F1GP
0227 *F1GQ
0228 *F1GR
0229 *F1GS
0230 *F1GT
0231 *F1GU
0232 *F1GV
0233 *F1GW
0234 *F1GX
0235 *F1GY
0236 *F1GZ
0237 *F1HA
0238 *F1HB
0239 *F1HC
0240 *F1HD
0241 *F1HE
0242 *F1HF
0243 *F1HG
0244 *F1HH
0245 *F1HI
0246 *F1HJ
0247 *F1HK
0248 *F1HL
0249 *F1HM
0250 *F1HN
0251 *F1HO
0252 *F1HP
0253 *F1HQ
0254 *F1HR
0255 *F1HS
0256 *F1HT
0257 *F1HU
0258 *F1HV
0259 *F1HW
0260 *F1HX
0261 *F1HY
0262 *F1HZ
0263 *F1IA
0264 *F1IB
0265 *F1IC
0266 *F1ID
0267 *F1IE
0268 *F1IF
0269 *F1IG
0270 *F1IH
0271 *F1II
0272 *F1IJ
0273 *F1IK
0274 *F1IL
0275 *F1IM
0276 *F1IN
0277 *F1IO
0278 *F1IP
0279 *F1IQ
0280 *F1IR
0281 *F1IS
0282 *F1IT
0283 *F1IU
0284 *F1IV
0285 *F1IW
0286 *F1IX
0287 *F1IY
0288 *F1IZ
0289 *F1JA
0290 *F1JB
0291 *F1JC
0292 *F1JD
0293 *F1JE
0294 *F1JF
0295 *F1JG
0296 *F1JH
0297 *F1JI
0298 *F1JJ
0299 *F1JK
0300 *F1JL
0301 *F1JM
0302 *F1JN
0303 *F1JO
0304 *F1JP
0305 *F1JQ
0306 *F1JR
0307 *F1JS
0308 *F1JT
0309 *F1JU
0310 *F1JV
0311 *F1JW
0312 *F1JX
0313 *F1JY
0314 *F1JZ
0315 *F1KA
0316 *F1KB
0317 *F1KC
0318 *F1KD
0319 *F1KE
0320 *F1KF
0321 *F1KG
0322 *F1KH
0323 *F1KI
0324 *F1KJ
0325 *F1KK
0326 *F1KL
0327 *F1KM
0328 *F1KN
0329 *F1KO
0330 *F1KP
0331 *F1KQ
0332 *F1KR
0333 *F1KS
0334 *F1KT
0335 *F1KU
0336 *F1KV
0337 *F1KW
0338 *F1KX
0339 *F1KY
0340 *F1KZ
0341 *F1LA
0342 *F1LB
0343 *F1LC
0344 *F1LD
0345 *F1LE
0346 *F1LF
0347 *F1LG
0348 *F1LH
0349 *F1LI
0350 *F1LJ
0351 *F1LK
0352 *F1LL
0353 *F1LM
0354 *F1LN
0355 *F1LO
0356 *F1LP
0357 *F1LQ
0358 *F1LR
0359 *F1LS
0360 *F1LT
0361 *F1LU
0362 *F1LV
0363 *F1LW
0364 *F1LX
0365 *F1LY
0366 *F1LZ
0367 *F1MA
0368 *F1MB
0369 *F1MC
0370 *F1MD
0371 *F1ME
0372 *F1MF
0373 *F1MG
0374 *F1MH
0375 *F1MI
0376 *F1MJ
0377 *F1MK
0378 *F1ML
0379 *F1MM
0380 *F1MN
0381 *F1MO
0382 *F1MP
0383 *F1MQ
0384 *F1MR
0385 *F1MS
0386 *F1MT
0387 *F1MU
0388 *F1MV
0389 *F1MW
0390 *F1MX
0391 *F1MY
0392 *F1MZ
0393 *F1NA
0394 *F1NB
0395 *F1NC
0396 *F1ND
0397 *F1NE
0398 *F1NF
0399 *F1NG
0400 *F1NH
0401 *F1NI
0402 *F1NJ
0403 *F1NK
0404 *F1NL
0405 *F1NM
0406 *F1NN
0407 *F1NO
0408 *F1NP
0409 *F1NQ
0410 *F1NR
0411 *F1NS
0412 *F1NT
0413 *F1NU
0414 *F1NV
0415 *F1NW
0416 *F1NX
0417 *F1NY
0418 *F1NZ
0419 *F1OA
0420 *F1OB
0421 *F1OC
0422 *F1OD
0423 *F1OE
0424 *F1OF
0425 *F1OG
0426 *F1OH
0427 *F1OI
0428 *F1OJ
0429 *F1OK
0430 *F1OL
0431 *F1OM
0432 *F1ON
0433 *F1OO
0434 *F1OP
0435 *F1OQ
0436 *F1OR
0437 *F1OS
0438 *F1OT
0439 *F1OU
0440 *F1OV
0441 *F1OW
0442 *F1OX
0443 *F1OY
0444 *F1OZ
0445 *F1PA
0446 *F1PB
0447 *F1PC
0448 *F1PD
0449 *F1PE
0450 *F1PF
0451 *F1PG
0452 *F1PH
0453 *F1PI
0454 *F1PJ
0455 *F1PK
0456 *F1PL
0457 *F1PM
0458 *F1PN
0459 *F1PO
0460 *F1PP
0461 *F1PQ
0462 *F1PR
0463 *F1PS
0464 *F1PT
0465 *F1PU
0466 *F1PV
0467 *F1PW
0468 *F1PX
0469 *F1PY
0470 *F1PZ
0471 *F1QA
0472 *F1QB
0473 *F1QC
0474 *F1QD
0475 *F1QE
0476 *F1QF
0477 *F1QG
0478 *F1QH
0479 *F1QI
0480 *F1QJ
0481 *F1QK
0482 *F1QL
0483 *F1QM
0484 *F1QN
0485 *F1QO
0486 *F1QP
0487 *F1QQ
0488 *F1QR
0489 *F1QS
0490 *F1QT
0491 *F1QU
0492 *F1QV
0493 *F1QW
0494 *F1QX
0495 *F1QY
0496 *F1QZ
0497 *F1RA
0498 *F1RB
0499 *F1RC
0500 *F1RD
0501 *F1RE
0502 *F1RF
0503 *F1RG
0504 *F1RH
0505 *F1RI
0506 *F1RJ
0507 *F1RK
0508 *F1RL
0509 *F1RM
0510 *F1RN
0511 *F1RO
0512 *F1RP
0513 *F1RQ
0514 *F1RR
0515 *F1RS
0516 *F1RT
0517 *F1RU
0518 *F1RV
0519 *F1RW
0520 *F1RX
0521 *F1RY
0522 *F1RZ
0523 *F1SA
0524 *F1SB
0525 *F1SC
0526 *F1SD
0527 *F1SE
0528 *F1SF
0529 *F1SG
0530 *F1SH
0531 *F1SI
0532 *F1SJ
0533 *F1SK
0534 *F1SL
0535 *F1SM
0536 *F1SN
0537 *F1SO
0538 *F1SP
0539 *F1SQ
0540 *F1SR
0541 *F1SS
0542 *F1ST
0543 *F1SU
0544 *F1SV
0545 *F1SW
0546 *F1SX
0547 *F1SY
0548 *F1SZ
0549 *F1TA
0550 *F1TB
0551 *F1TC
0552 *F1TD
0553 *F1TE
0554 *F1TF
0555 *F1TG
0556 *F1TH
0557 *F1TI
0558 *F1TJ
0559 *F1TK
0560 *F1TL
0561 *F1TM
0562 *F1TN
0563 *F1TO
0564 *F1TP
0565 *F1TQ
0566 *F1TR
0567 *F1TS
0568 *F1TT
0569 *F1TU
0570 *F1TV
0571 *F1TW
0572 *F1TX
0573 *F1TY
0574 *F1TZ
0575 *F1UA
0576 *F1UB
0577 *F1UC
0578 *F1UD
0579 *F1UE
0580 *F1UF
0581 *F1UG
0582 *F1UH
0583 *F1UI
0584 *F1UJ
0585 *F1UK
0586 *F1UL
0587 *F1UM
0588 *F1UN
0589 *F1UO
0590 *F1UP
0591 *F1UQ
0592 *F1UR
0593 *F1US
0594 *F1UT
0595 *F1UU
0596 *F1UV
0597 *F1UW
0598 *F1UX
0599 *F1UY
0600 *F1UZ
0601 *F1VA
0602 *F1VB
0603 *F1VC
0604 *F1VD
0605 *F1VE
0606 *F1VF
0607 *F1VG
0608 *F1VH
0609 *F1VI
0610 *F1VJ
0611 *F1VK
0612 *F1VL
0613 *F1VM
0614 *F1VN
0615 *F1VO
0616 *F1VP
0617 *F1VQ
0618 *F1VR
0619 *F1VS
0620 *F1VT
0621 *F1VU
0622 *F1VV
0623 *F1VW
0624 *F1VX
0625 *F1VY
0626 *F1VZ
0627 *F1WA
0628 *F1WB
0629 *F1WC
0630 *F1WD
0631 *F1WE
0632 *F1WF
0633 *F1WG
0634 *F1WH
0635 *F1WI
0636 *F1WJ
0637 *F1WK
0638 *F1WL
0639 *F1WM
0640 *F1WN
0641 *F1WO
0642 *F1WP
0643 *F1WQ
0644 *F1WR
0645 *F1WS
0646 *F1WT
0647 *F1WU
0648 *F1WV
0649 *F1WW
0650 *F1WX
0651 *F1WY
0652 *F1WZ
0653 *F1XA
0654 *F1XB
0655 *F1XC
0656 *F1XD
0657 *F1XE
0658 *F1XF
0659 *F1XG
0660 *F1XH
0661 *F1XI
0662 *F1XJ
0663 *F1XK
0664 *F1XL
0665 *F1XM
0666 *F1XN
0667 *F1XO
0668 *F1XP
0669 *F1XQ
0670 *F1XR
0671 *F1XS
0672 *F1XT
0673 *F1XU
0674 *F1XV
0675 *F1XW
0676 *F1XX
0677 *F1XY
0678 *F1XZ
0679 *F1YA
0680 *F1YB
0681 *F1YC
0682 *F1YD
0683 *F1YE
0684 *F1YF
0685 *F1YG
0686 *F1YH
0687 *F1YI
0688 *F1YJ
0689 *F1YK
0690 *F1YL
0691 *F1YM
0692 *F1YN
0693 *F1YO
0694 *F1YP
0695 *F1YQ
0696 *F1YR
0697 *F1YS
0698 *F1YT
0699 *F1YU
0700 *F1YV
0701 *F1YW
0702 *F1YX
0703 *F1YY
0704 *F1YZ
0705 *F1ZA
0706 *F1ZB
0707 *F1ZC
0708 *F1ZD
0709 *F1ZE
0710 *F1ZF
0711 *F1ZG
0712 *F1ZH
0713 *F1ZI
0714 *F1ZJ
0715 *F1ZK
0716 *F1ZL
0717 *F1ZM
0718 *F1ZN
0719 *F1ZO
0720 *F1ZP
0721 *F1ZQ
0722 *F1ZR
0723 *F1ZS
0724 *F1ZT
0725 *F1ZU
0726 *F1ZV
0727 *F1ZW
0728 *F1ZX
0729 *F1ZY
0730 *F1ZZ
0731 *F1AA
0732 *F1AB
0733 *F1AC
0734 *F1AD
0735 *F1AE
0736 *F1AF
0737 *F1AG
0738 *F1AH
0739 *F1AI
0740 *F1AJ
0741 *F1AK
0742 *F1AL
0743 *F1AM
0744 *F1AN
0745 *F1AO
0746 *F1AP
0747 *F1AQ
0748 *F1AR
0749 *F1AS
0750 *F1AT
0751 *F1AU
0752 *F1AV
0753 *F1AW
0754 *F1AX
0755 *F1AY
0756 *F1AZ
0757 *F1BA
0758 *F1BB
0759 *F1BC
0760 *F1BD
0761 *F1BE
0762 *F1BF
0763 *F1BG
0764 *F1BH
0765 *F1BI
0766 *F1BJ
0767 *F1BK
0768 *F1BL
0769 *F1BM
0770 *F1BN
0771 *F1BO
0772 *F1BP
0773 *F1BQ
0774 *F1BR
0775 *F1BS
0776 *F1BT
0777 *F1BU
0778 *F1BV
0779 *F1BW
0780 *F1BX
0781 *F1BY
0782 *F1BZ
0783 *F1CA
0784 *F1CB
0785 *F1CC
0786 *F1CD
0787 *F1CE
0788 *F1CF
0789 *F1CG
0790 *F1CH
0791 *F1CI
0792 *F1CJ
0793 *F1CK
0794 *F1CL
0795 *F1CM
0796 *F1CN
0797 *F1CO
0798 *F1CP
0799 *F1CQ
0800 *F1CR
0801 *F1CS
0802 *F1CT
0803 *F1CU
0804 *F1CV
0805 *F1CW
0806 *F1CX
0807 *F1CY
0808 *F1CZ
0809 *F1DA
0810 *F1DB
0811 *F1DC
0812 *F1DD
0813 *F1DE
0814 *F1DF
0815 *F1DG
0816 *F1DH
0817 *F1DI
0818 *F1DJ
0819 *F1DK
0820 *F1DL
0821 *F1DM
0822 *F1DN
0823 *F1DO
0824 *F1DP
0825 *F1DQ
0826 *F1DR
0827 *F1DS
0828 *F1DT
0829 *F1DU
0830 *F1DV
0831 *F1DW
0832 *F1DX
0833 *F1DY
0834 *F1DZ
0835 *F1EA
0836 *F1EB
0837 *F1EC
0838 *F1ED
0839 *F1EE
0840 *F1EF
0841 *F1EG
0842 *F1EH
0843 *F1EI
0844 *F1EJ
0845 *F1EK
0846 *F1EL
0847 *F1EM
0848 *F1EN
0849 *F1EO
0850 *F1EP
0851 *F1EQ
0852 *F1ER
0853 *F1ES
0854 *F1ET
0855 *F1EU
0856 *F1EV
0857 *F1EW
0858 *F1EX
0859 *F1EY
0860 *F1EZ
0861 *F1FA
0862 *F1FB
0863 *F1FC
0864 *F1FD
0865 *F1FE
0866 *F1FF
0867 *F1FG
0868 *F1FH
0869 *F1FI
0870 *F1FJ
0871 *F1FK
0872 *F1FL
0873 *F1FM
0874 *F1FN
0875 *F1FO
0876 *F1FP
0877 *F1FQ
0878 *F1FR
0879 *F1FS
0880 *F1FT
0881 *F1FU
0882 *F1FV
0883 *F1FW
0884 *F1FX
0885 *F1FY
0886 *F1FZ
0887 *F1GA
0888 *F1GB
0889 *F1GC
0890 *F1GD
0891 *F1GE
0892 *F1GF
0893 *F1GG
0894 *F1GH
0895 *F1GI
0896 *F1GJ
0897 *F1GK
0898 *F1GL
0899 *F1GM
0900 *F1GN
0901 *F1GO
0902 *F1GP
0903 *F1GQ
0904 *F1GR
0905 *F1GS
0906 *F1GT
0907 *F1GU
0908 *F1GV
0909 *F1GW
0910 *F1GX
0911 *F1GY
0912 *F1GZ
0913 *F1HA
0914 *F1HB
0915 *F1HC
0916 *F1HD
0917 *F1HE
0918 *F1HF
0919 *F1HG
0920 *F1HH
0921 *F1HI
0922 *F1HJ
0923 *F1HK
0924 *F1HL
0925 *F1HM
0926 *F1HN
0927 *F1HO
0928 *F1HP
0929 *F1HQ
0930 *F1HR
0931 *F1HS
0932 *F1HT
0933 *F1HU
0934 *F1HV
0935 *F1HW
0936 *F1HX
0937 *F1HY
0938 *F1HZ
0939 *F1IA
0940 *F1IB
0941 *F1IC
0942 *F1ID
0943 *F1IE
0944 *F1IF
0945 *F1IG
0946 *F1IH
0947 *F1II
0948 *F1IJ
0949 *F1IK
0950 *F1IL
0951 *F1IM
0952 *F1IN
0953 *F1IO
0954 *F1IP
0955 *F1IQ
0956 *F1IR
0957 *F1IS
0958 *F1IT
0959 *F1IU
0960 *F1IV
0961 *F1IW
0962 *F1IX
0963 *F1IY
0964 *F1IZ
0965 *F1JA
0966 *F1JB
0967 *F1JC
0968 *F1JD
0969 *F1JE
0970 *F1JF
0971 *F1JG
0972 *F1JH
0973 *F1JI
0974 *F1JJ
0975 *F1JK
0976 *F1JL
0977 *F1JM
0978 *F1JN
0979 *F1JO
0980 *F1JP
0981 *F1JQ
0982 *F1JR
0983 *F1JS
0984 *F1JT
0985 *F1JU
0986 *F1JV
0987 *F1JW
0988 *F1JX
0989 *F1JY
0990 *F1JZ
0991 *F1KA
0992 *F1KB
0993 *F1KC
0994 *F1KD
0995 *F1KE
0996 *F1KF
0997 *F1KG
0998 *F1KH
0999 *F1KI
1000 *F1KJ

```

```

0036 READX(1,16) HCG
0037 MCG=MCG
0038 READX(1,16) HCV
0039 READX(1,16) DZ
0040 CALL WCMUC (RIS, RIST, KALFA, KALFA1, T2, T1, DT, AO, SIS,
*LIST, SE, SET, PE, PE1, R20, TMAX, T2
IF (IKS+T2+T1+TMAX-70.) 20,20,12
0041 WRITE (3,21)
12 WRITE (3,21) BR=26, ENDE=26) PPL
0042 READX(1,16) FREQ
0043 READX(1,16) FHZ
0044 CALL F1
0045 FBL=3
0046 FPL=MECE
0047 CALL WCAGOS
0048 CALL WCFAGOS
0049 FOPMAT(2F9.5)
0050 FOPMAT(12)
0051 FOPMAT(12)
0052 FOPMAT(12)
0053 FOPMAT(2F9.5)
0054 FOPMAT(2F9.5)
0055 FOPMAT(2F9.5)
0056 FOPMAT(2F9.5)
0057 FOPMAT(2F9.5)
0058 FOPMAT(2F9.5)
20 CONTINUE
20 STOP
20 FND

```

3.2. Подпрограмма расчета температуры копюс-сдела
и температуры в газове

```

FORTRAN IV C. LEVEL 21
SUBROUTINE WCARM
DIMENSION GAMMA (3)
PARAMETER (N=17)
COMMON /COM1/ TP, TPB, CHIFIT, T, P, DELS, N, B, C, ME, BE,
*CE, AP, DELU, DELU1, TS, TZ, CCM4, ALAM, TS, SS
TKSO=30.
TZO=30.
A2=1.32
GAMMA(1)=1.
Z=.18E-3
GAMMA(2)=1.4
GAMMA(3)=.7
P=DELS
WRITE(3,42) A2, T, P, DELS, N, B, C, ME, BE, CE, TP, TPB, ALAM
A=22*GAMMA(ORIENT)
ALPHA=((TKSO/M)*.25)*A*.22*((TKSO*T+2)/200.)**3
F=C*(H+H+C*B*C)**2.
FAS=PALPHA/F
DATE = 81100
21/38/10

```


3.3. Подпрограмма расчета перегрева микросхем и III элементов

```

FORTRAN IV G LEVEL 21                                WCMCE                                DATE = 81100                                21/38/10
0001  SUBROUTINE WCMCE (RIS1, /RIS1, /KALFA, /KALFA1, /T, /T1, /
0002  *DT, /T40, /SIS, /SIS1, /SE, /SE1, /PE, /PE1, /TMAX, /R/)
0003  REAL MPR, LP, K, K0, K1, K2, K3, LAMBDA, KALFA, KALFA1
0004  INTEGER B
0005  COMMON/COM2/IM, JM, M, B, LP, DP, K, HCG, HCV, DZ
0006  DIMENSION RIS(IM, JM), RIS1(IM, JM), KALFA(IM, JM),
0007  *KALFA1(IM, JM), T(IM, JM), T1(IM, JM), DT(IM, JM),
0008  *R0(IM, JM), SIS(IM, JM), SIS1(IM, JM), SE(IM, JM), SE1(IM, JM),
0009  *PE(IM, JM), PE1(IM, JM), R(IM, JM, IM, JM)
0010  DATA R0/1.00, B1/1.10, B2/1.10, B3/1.05/,
0011  *R0/20, K1/.25, K2/.30, K3/.15/
0012  WRITE (3, 80)
0013  WRITE (3, 81) IM, JM, M, B, LP, DP, K, HCG, HCV, DZ
0014  WRITE (3, 82) R0, B1, B2, B3, K0, K1, K2, K3
0015  WRITE (3, 76)
0016  DO 64 I=1, IM
0017  DO 64 J=1, JM
0018  I1=I
0019  J1=J
0020  READ (1, 69, ERR=4, END=5) SIS(I, J)
0021  READ (1, 69, ERR=4, END=5) SE(I, J)
0022  READ (1, 69, ERR=4, END=5) PE(I, J)
0023  WRITE (3, 77) I, J, PE(I, J), SE(I, J), SIS(I, J)
0024  CONTINUE
0025  64  FORMAT(6X, F10.3)
0026  49  FORMAT(15X, 4, 1X, P=(I, J), 13X,
0027  *SE(I, J), 12X, SIS(I, J), /, /, 5X)
0028  77  FORMAT(13X, 2I2, 3(5X, E10.3, 5X))
0029  80  FORMAT (110, /, 1M, /T0, JM, T30, M, T40, B, T50, LP, /, /, 5X)
0030  *T0, DP, T70, K, T80, HCG, T90, HCV, T100, DZ, /, /, 5X)
0031  *FORMAT (19, 13, T19, 13, T28, 13, T38, 13, T47, F7.4, T57,
0032  *FORMAT (10, /, 40, /, F5.2, 3X, F81, /, F5.2, 3X,
0033  *F5.2, 3X, /, F5.2, 3X, /, F5.2, 3X, /, F5.2, 3X, /,
0034  *F5.2, 3X, /, F5.2, 3X, /, F5.2, 3X, /, F5.2, 3X, /,

```



```

0076      74 WRITE (3,67) (I(I,J),I=1,IM)
0077      WRITE (3,67)
0078      GO TO 68
0079      75 WRITE (3,73)
0080      68 CONTINUE
0081      WRITE (3,62)
0082      WRITE (3,59)
0083      WRITE (3,60)
0084      DO 69 J=1,10
0085      IF (J-JM) 71,71,72
0086      71 WRITE (3,61) (I(I,LD),I=1,IM)
0087      WRITE (3,67)
0088      GO TO 69
0089      72 WRITE (3,73)
0090      69 CONTINUE
0091      WRITE (3,62)
0092      TMAX=T1(1,1)
0093      DO 19 I=1,IM
0094      DO 19 J=1,JM
0095      IF (I(I,J).LE.TMAX) GO TO 19
0096      TMAX=T1(I,J)
0097      19 CONTINUE
0098      RETURN
0099      5 WRITE (3,7)
0100      GO TO 8
0101      4 WRITE (3,6)
0102      6 FORMAT(0) ОШИБКА В ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО МИКРОСХЕМАМ
0103      7 FORMAT(0) ОШИБКА В ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО МАКРОСХЕМАМ
0104      8 RETURN
0105      FC

```


ЛИТЕРАТУРА

1. Дульнев Г.Н. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. - Л.: Энергия, 1968.
2. Парфенов Е.М., Фролов А.В. Расчеты тепловых режимов блоков РЭА и ЭВА на микросхемах и дискретных элементах. - М.: изд. МВТУ, 1980.
3. Чеканов А.Н., Маркелов В.В., Кадыков Г.Г. Автоматизация расчетов тепловых режимов с помощью ЭВМ. Естественное и принудительное охлаждение. Ч. I. Теоретическая часть. Методические указания по дипломному и курсовому проектированию. -М.: изд. МВТУ, 1982.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица I

Степень черноты различных поверхностей	
Материал	Степень черноты
1	2
Алюминиевая краска	0,28
Алюминиевая фольга	0,09
Алюминий грубополированный	0,18
Алюминий полированный	0,04...0,06
Бронза полированная	0,16
Бронзовая краска	0,51
Дюралюминия Д-16	0,37...0,41
Железо	0,14...0,38
Ковар	0,80...0,85
Краска эмалевые	0,92
Лак белый	0,80...0,98
Лак черный	0,80...0,96
Латунь листовая прокатанная	0,06
Латунь матовая тусклая	0,22
Медь окисленная	0,60...0,70
Медь полированная	0,02
Муар черный	0,90
Олово (луженое железо)	0,07... 0,09

Продолжение таблицы I

1	2
Резина	0,86...0,95
Силуминовое литье	0,16...0,22
Стальное литье полированное	0,52...0,56
Сталь окисленная	0,80
Стекло	0,90...0,94
Титан	0,63
Фарфор глазурованный	0,92
Цинк	0,23...0,27
Цинк полированный	0,04...0,05
Шеллак черно-матовый	0,91
Окиси металлов	0,40...0,80

Физические свойства сухого воздуха при давлении $101,3 \cdot 10^3$ Па

Таблица 2

$t_m, ^\circ\text{C}$	$C_p \cdot 10^{-3}$ Вт·кг ⁻¹ ·град ⁻¹	$\lambda_b \cdot 10^2$ Вт·м ⁻¹ ·град ⁻¹	$\mu \cdot 10^6$ кг·с/м ²
1	2	3	4
-50	0,281	2,03	1,49
-40	0,281	2,12	1,54
-30	0,280	2,2	1,60
-20	0,280	2,26	1,66
-10	0,280	2,36	1,71
0	0,280	2,37	1,75
5	0,280	2,40	1,78
10	0,280	2,45	1,81
15	0,280	2,48	1,83
20	0,281	2,52	1,86
25	0,281	2,56	1,89
30	0,281	2,58	1,91
35	0,281	2,62	1,94
40	0,281	2,65	1,96
45	0,281	2,68	1,98
50	0,282	2,72	2,00
55	0,282	2,75	2,02

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
60	0,282	2,80	2,05
65	0,262	2,83	2,06
70	0,282	2,86	2,08
75	0,283	2,90	2,10
80	0,284	2,93	2,14
85	0,284	2,97	2,17
90	0,284	3,00	2,20
95	0,284	3,04	2,21
100	0,284	3,06	2,22

Соотношения между единицами давления: 1 мм рт.ст. = 133,3 Па;

1 бар = 10^5 Па; 1 кгс.см⁻² = 98070 Па.

Таблица 3

Теплофизические свойства материалов

Материал	ρ , кг·м ⁻³	λ , Вт·м ⁻¹ ·град ⁻¹	$c \cdot 10^{-3}$ Дж·кг ⁻¹ ·град ⁻¹
Алюминий	2700	210	0,900
Дюралюминий	2750	160 - 180	0,920
Железо (листовое)	7880	74,0	0,450
Керамика КПА--2 (Б-17)	2850	2,5 - 1,9	1,100
Керамика УША-2 (УФ-61)	3450	22,0 - 13,0	1,00
Компаунд Д-38	1200-2000	0,65	-
Компаунд ЭК-16	1350	0,3 - 0,35	1200-1400
Лак бакелитовый	1400	0,29	
Латунь	8600	86,5	0,376
Магний	1700	172,1	1,06
Медь	8930	390-380	0,380
Резина пористая	250	0,060	2,05
Резина твердая	1200	0,160	1,380
Пенопласт	100 - 230	0,05 - 0,06	
Сталь	7900	45,0	0,470
Стеклотекстолит	1800	0,372	0,420

Таблица 4

Бесселевы (цилиндрические) функции

x	$K_0(x)$	$K_1(x)$	x	$K_0(x)$	$K_1(x)$
I	2	3	4	5	6
0,1	2,4271	9,8538	1,2	0,3185	0,4346
0,2	1,7527	4,7760	1,3	0,2782	0,5725
0,3	1,3725	3,0560	1,4	0,2437	0,3208
0,4	1,1145	2,1844	1,5	0,2138	0,2774
0,5	0,9244	1,6564	1,6	0,1880	0,2406
0,6	0,7775	1,3028	1,7	0,1655	0,2094
0,7	0,0605	1,0503	1,8	0,1459	0,1826
0,8	0,5553	0,8618	1,9	0,1288	0,1597
0,9	0,4867	0,7165	2,0	0,1139	0,1399
1,0	0,4210	0,6019	2,1	0,1009	0,1227
1,1	0,5656	0,5098	2,2	0,08927	0,1079
2,5	0,07914	0,09498	6,2	0,001003	0,001081
2,4	0,07022	0,08372	6,5	0,0009001	0,000969
2,5	0,06255	0,07389	6,4	0,0008083	0,000869
2,6	0,05540	0,06528	6,5	0,0007259	0,000779
2,7	0,04926	0,05774	6,6	0,0006520	0,0006998
2,8	0,04382	0,05111	6,7	0,0005857	0,0006280
2,9	0,03901	0,04529	6,8	0,0005262	0,0005636
3,0	0,03474	0,04016	6,9	0,0004728	0,0005059
3,1	0,03095	0,03563	7,0	0,0004248	0,0004542
3,2	0,02759	0,03164	7,1	0,0003817	0,0004078
3,3	0,02461	0,02812	7,2	0,0003431	0,0003662
3,4	0,02196	0,02500	7,3	0,0003084	0,0003288
3,5	0,01960	0,02224	7,4	0,0002772	0,0002953
5,6	0,01750	0,01979	7,5	0,0002492	0,0002653
3,7	0,01563	0,01763	7,6	0,0002240	0,0002383
3,8	0,01397	0,01571	7,7	0,0002014	0,0002141
3,9	0,01248	0,01400	7,8	0,0001811	0,0001924
4,0	0,01116	0,01248	7,9	0,0001629	0,0001729
4,1	0,00998	0,01114	6,0	0,0001465	0,0001554
4,2	0,008927	0,009938	8,1	0,0001317	0,0001396
4,3	0,007988	0,008872	8,2	0,0001185	0,0001255
4,4	0,007149	0,007923	8,3	0,0001066	0,0001128

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
4,5	0,006400	0,007078	8,4	0,0000958	0,0001014
4,6	0,005730	0,006325	8,5	0,0000863	0,0000912
4,7	0,005132	0,005654	8,6	0,0000776	0,0000820
4,8	0,004597	0,005055	8,7	0,0000698	0,0000737
4,9	0,004119	0,004521	8,8	0,0000628	0,0000663
5,0	0,003691	0,004045	8,9	0,0000565	0,0000596
5,1	0,003308	0,003619	9,0	0,0000509	0,0000536
5,2	0,002966	0,003239	9,1	0,0000458	0,0000482
5,3	0,002659	0,002900	9,2	0,0000412	0,0000434
5,4	0,002385	0,002597	9,3	0,0000371	0,0000390
5,5	0,002139	0,002326	9,4	0,0000334	0,0000351
5,6	0,001918	0,002033	9,5	0,0000300	0,0000316
5,7	0,001721	0,001866	9,6	0,0000271	0,0000284
5,8	0,001544	0,001673	9,7	0,0000244	0,0000256
5,9	0,001386	0,001499	9,8	0,0000219	0,0000230
6,0	0,001244	0,001344	9,9	0,0000197	0,0000207
6,1	0,001117	0,001205	10,0	0,0000178	0,0000186

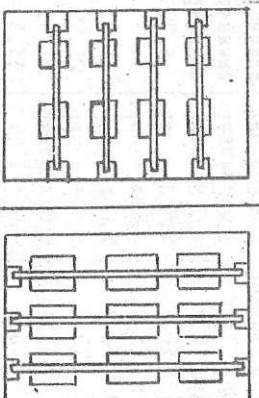
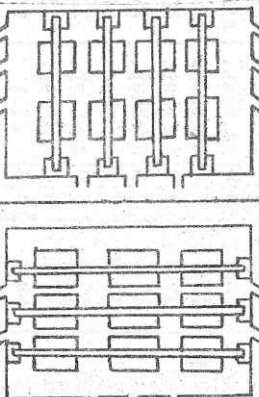
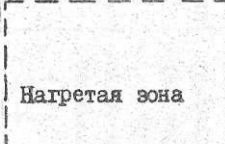
Зависимость коэффициента α теплоотдачи от скорости W охлаждающего воздуха при полном заполнении плат

$t = 30^\circ\text{C}, \rho_g = 16 \cdot 10^{-6} \frac{\text{M}^2}{\text{C}}; \lambda_g = 268 \cdot 10^{-2}$		$\delta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$\delta = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$\delta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$t = 40^\circ\text{C}, \rho_g = 16,96 \cdot 10^{-6} \frac{\text{M}^2}{\text{C}}, \lambda_g = 276 \cdot 10^{-2}$		$\delta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$\delta = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$\delta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}$	
		$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$
0,5	ламнар.	ламнар.	ламнар.	0,5	ламнар.	ламнар.	0,5	ламнар.	ламнар.	0,5	ламнар.	ламнар.	0,5	ламнар.	ламнар.
1,0	ламнар.	ламнар.	ламнар.	1,0	ламнар.	ламнар.	1,0	ламнар.	ламнар.	1,0	ламнар.	ламнар.	1,0	ламнар.	ламнар.
2,0	ламнар.	ламнар.	ламнар.	2,0	ламнар.	ламнар.	2,0	ламнар.	ламнар.	2,0	ламнар.	ламнар.	2,0	ламнар.	ламнар.
3,0	ламнар.	ламнар.	4,31	3,0	ламнар.	ламнар.	3,0	ламнар.	ламнар.	3,0	ламнар.	ламнар.	3,0	ламнар.	ламнар.
4,0	ламнар.	ламнар.	11,51	4,0	ламнар.	ламнар.	4,0	ламнар.	ламнар.	4,0	ламнар.	ламнар.	4,0	ламнар.	ламнар.
5,0	ламнар.	12,68	17,45	5,0	ламнар.	ламнар.	5,0	ламнар.	10,15	5,0	ламнар.	10,5	5,0	ламнар.	16,6
6,0	ламнар.	17,3	25,0	6,0	ламнар.	ламнар.	6,0	ламнар.	15,3	6,0	ламнар.	23,4	6,0	ламнар.	23,4
7,0	ламнар.	23,45	30,7	7,0	ламнар.	ламнар.	7,0	ламнар.	21,99	7,0	ламнар.	30,2	7,0	ламнар.	30,2
8,0	ламнар.	29,65	37,4	8,0	ламнар.	ламнар.	8,0	ламнар.	27,3	8,0	ламнар.	35,2	8,0	ламнар.	35,2
9,0	14,4	36,6	43,0	9,0	ламнар.	ламнар.	9,0	ламнар.	33,8	9,0	ламнар.	41,5	9,0	ламнар.	41,5
10,0	25,3	44,6	48,3	10,0	21,4	41,6	10,0	21,4	41,6	10,0	46,9	46,9	10,0	46,9	46,9
12,0	34,6	56,2	61,0	12,0	31,5	53,4	12,0	31,5	53,4	12,0	57,1	57,1	12,0	57,1	57,1
14,0	47,9	67,0	71,5	14,0	43,9	65,4	14,0	43,9	65,4	14,0	65,4	65,4	14,0	65,4	65,4
16,0	59,5	77,9	79,4	16,0	57,0	75,5	16,0	57,0	75,5	16,0	71,5	71,5	16,0	71,5	71,5

$t = 60^\circ\text{C}, \rho_g = 1295 \cdot 10^{-6} \frac{\text{M}^2}{\text{C}}, \lambda_g = 283 \cdot 10^{-2}$

$t = 60^\circ\text{C}, \rho_g = 1295 \cdot 10^{-6} \frac{\text{M}^2}{\text{C}}, \lambda_g = 283 \cdot 10^{-2}$		$\delta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$\delta = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$		$\delta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}$	
		$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$	$W, \frac{\text{M}}{\text{C}}$	$\frac{\alpha, \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{град}}}{\delta}$
0,5	ламнар.	ламнар.	0,5	ламнар.	ламнар.	0,5	ламнар.
1,0	ламнар.	ламнар.	1,0	ламнар.	ламнар.	1,0	ламнар.
2,0	ламнар.	ламнар.	2,0	ламнар.	ламнар.	2,0	ламнар.
3,0	ламнар.	ламнар.	3,0	ламнар.	ламнар.	3,0	ламнар.
4,0	ламнар.	ламнар.	4,0	ламнар.	ламнар.	4,0	ламнар.
5,0	ламнар.	ламнар.	5,0	ламнар.	ламнар.	5,0	ламнар.
6,0	ламнар.	ламнар.	6,0	ламнар.	ламнар.	6,0	ламнар.
7,0	ламнар.	ламнар.	7,0	ламнар.	ламнар.	7,0	ламнар.
8,0	ламнар.	ламнар.	8,0	ламнар.	ламнар.	8,0	ламнар.
9,0	15,55	6,75	9,0	13,5	33,3	9,0	13,5
10,0	20,8	14	10,0	28,5	51,1	10,0	28,5
12,0	27,6	20,1	12,0	40,2	71,5	12,0	40,2
14,0	34,3	25,55	14,0	51,1	90,6	14,0	51,1
16,0	39,5	31,4	16,0	63,6		16,0	63,6

Таблица 6

	Вид блока и его тепловая модель	Учет влияния давления внутри блока и давления окружающей среды
<p>Герметичный</p>		<p>Давление внутри блока учитывается с помощью коэффициента K_{H2} :</p> $\Delta t_3 = K_{H2} \cdot \Delta t_{20}$
<p>Перфорированный</p>		<p>Изменение давления учитывается с помощью коэффициента K_{H1} :</p> $\Delta t_3 = K_{H1} \cdot \Delta t_{K.C.O}$
<p>Закрытый</p>	<p>Нагретая зона</p> 	<p>Изменение давления в блоке и окружающей среде учитывается с помощью коэффициентов K_{H1} и K_{H2} :</p> $\Delta t_3 = K_{H1} \cdot \Delta t_{K.C.O} + K_{H2} \cdot \Delta t_{20}$