

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана

Е.М. Парфенов, П.Н. Горюнов, Р.В. Костиков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА  
РАДИАТОРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Лабораторная работа

Учебное пособие по курсу  
"Конструирование РЭС"

Под редакцией Е.М. Парфенова

Москва

1993

Данное учебное пособие издается в соответствии с учебным планом.

Учебное пособие рассмотрено и одобрено кафедрой ИУ-4 16.10.93 и методической комиссией факультета ИУ.

Рецензент - доктор технических наук, профессор В.А. Овчинников.

(С) МТТУ им. Н.Э. Баумана, 1993

Парфенов Евгений Михайлович  
Горюнов Павел Николаевич  
Костиков Руслан Владимирович

Определение оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов.

Учебное пособие по курсу «Конструирование РЭС».

Редактор



Корректор

Заказ

Объем

Тираж 50(300)экз.

Бесплатно.

Типография НИЭМИ

121741, Москва, ул. Верейская, 41

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Теоретическая часть	4
2.1. Определение вида целевой функции и ограничений при оптимизации типоразмерных рядов электронных изделий	4
2.2. Последовательность расчета оптимального типоразмерного ряда электронных изделий	11
3. Расчет оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов	14
4. Порядок выполнения лабораторной работы	20
5. Содержание отчета	24
6. Контрольные вопросы	24
7. Контрольный пример	22
Литература	24
Приложение 1	25
Приложение 2	26
Приложение 3	28

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является ознакомление с методами расчета оптимальных типоразмерных рядов радиаторов для полупроводниковых приборов.

В данной работе студенты знакомятся с методами оптимизации типоразмерных рядов электронных изделий и проводят расчет оптимального типоразмерного ряда радиаторов для конкретных полупроводниковых приборов с использованием программы, составленной на языке ФОРТРАН.

Пример расчета типоразмерного ряда радиаторов приведен в приложении 3 к настоящей работе.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИ ЧАСТЬ

### 2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ И ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Типоразмерный ряд представляет собой упорядоченную последовательность числовых значений одного или нескольких параметров изделий.

Оптимально выбранные типоразмерные ряды позволяют при наименьших общих затратах удовлетворять потребности в изделиях, сокращать сроки проектирования и изготовления изделий и повышать их эффективность в целом.

Определение вида целевой функции и ограничений включает следующие этапы:

- выбор и обоснование критерия оптимизации;
- определение ограничений для выбранной целевой функции;
- определение функций потребности, затрат и потерь на адаптацию.

В качестве критерия оптимизации принимают суммарные приведенные затраты на этапах разработки, изготовления, эксплуатации и суммарные приведенные затраты на адаптацию индивидуального потребителя для всех учитываемых радиоэлектронных изделий. Чем меньше значение этого критерия, тем больше эффект от применения оптимальных типоразмерных рядов.

Функция спроса годового объема выпуска изделий как интегральная функция  $V = \Phi(x_j)$ , т.е. функция распределения накопленных объемов выпуска по требуемым типоразмерам с главным параметром  $X$ , описывается формулой

$$\Phi(x_j) = \sum_{j=1}^n V_j x_j \quad \text{- при дискретной функции спроса;}$$

$$\Phi(x) = \int_{x_1}^x V dx \quad \text{- при непрерывной функции спроса } V=f(x),$$

где  $X_1$  - наименьшее значение размера в интервале всего ряда;

$X; X_j$  - текущие значения размера.

Годовой объем выпуска изделий с заданным значением типоразмера можно рассчитать как разность между значениями выпуска, взятыми по интегральной кривой для смежных значений главного параметра  $X_j$  и  $X_{j-1}$  с учетом изменения в результате замены типоразмеров:

$$V(x_j) = \mu_j (\Phi_j - \Phi_{j-1})$$

где  $V(X_j)$  - годовой выпуск изделия с главным параметром  $X_j$ ;

$\mu_j$  - коэффициент, учитывающий изменение объема выпуска изделий при изменении главного параметра;

$\Phi_j, \Phi_{j-1}$  - интегральные значения годового объема выпуска изделий с параметрами  $X_1 \leq X \leq X_j$  и  $X_1 \leq X \leq X_{j-1}$ .

Если известна потребность в изделиях вида  $Y$ , в которые входит изделие типа  $X$  размерного ряда, то функцию потребности можно определить из выражения ~

$$V(x) = f[\psi(x)]$$

где  $y = \psi(x)$  функции, описывающая входимость изделия типа  $X$  в изделие вида  $Y$ ;

- функция, описывающая спрос изделия.

Если изделия ряда имеют широкую и разнообразную применяемость в различных конструкциях РЭС и их спрос зависит от нескольких параметров, то применяют уравнения регрессии вида

$$\psi(x) = a_0(x) + a_1(x)z_1 + \dots + a_n(x)z_n$$

или

$$\psi(x) = d_0(x)z_1^{d_1(x)}z_2^{d_2(x)}\dots z_n^{d_n(x)}$$

где  $z_1, z_2, \dots, z_n$  - параметры, влияющие на спрос.

$$a_0(x), a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x)$$

и

$d_0(x), d_1(x), d_2(x), \dots, d_n(x)$  - постоянные члены уравнения регрессии, определяемые по статистике спроса.

При определении суммарных затрат необходимо установить зависимость стоимости изделия от затрат на разработку, постановку на производство, изготовление и эксплуатацию от изменения параметров изделий в типоразмерном ряду. Необходимость учета каждой из указанных групп определяется характером решаемой задачи и типом изделия.

Зависимость затрат от одного главного параметра может описываться уравнениями:

прямой  $Z = a_0 + a_1 P_1$  параболой

$$Z = a_0 + a_1 P_1 + a_2 P_1^2 \text{ или } Z = a P_1^2$$

гиперболой  $Z = a_0 + \frac{a_1}{P_1}$  или  $Z = a \frac{1}{P_1^b}$

где  $a_0, a_1, b$  - постоянные коэффициенты, определяемые по статическим данным методом наименьших квадратов;

$P$  - главный изменяющийся параметр ряда.

В серийном производстве затраты являются функцией числа изготавливаемых типоразмеров изделия, т.е.

$$C_n(P_i) = C_0(P_i) N^{1-\mu}$$

где  $C_n(P_i)$  - затраты при серийном изготовлении образца,

$C_0(P_i)$  - затраты на первый образец;

$N$  - число образцов в серии;

$\mu = 0,5 \dots 0,25$  - коэффициент, учитывающий снижение затрат на образец при серийном изготовлении изделий.

Если зависимость затрат от параметра линейна, то

$$C_{\Sigma} = (a_0 + b_0 P_j) N^{1-\mu}$$

где  $C_{\Sigma}$  – суммарная стоимость изготовления серии изделий в количестве  $N$  штук в год;

$a_0, b_0$  – постоянные коэффициенты.

Допускается суммарные затраты выражать в условных единицах при соблюдении пропорциональности затрат на отдельные составляющие и единства оценки соответствия одной условной единице реальным затратам.

При оптимизации типоразмерного ряда приходится учитывать не только выигрыш за счет серийности производства типоразмеров, но и потери индивидуального потребителя из-за несоответствия параметров, требуемых потребителем и предлагаемых типоразмерным рядом.

В зависимости от типоразмера производят анализ потерь на адаптацию по каждому виду затрат и определяют возможность и способы оценки несоответствия требуемых параметров предлагаемых в виде функции потерь на адаптацию.

Функция потерь на адаптацию зависит от степени отклонения требуемых параметров от предлагаемых из оптимального ряда и может выражаться линейной или нелинейной зависимостью от изменения параметра (параметров). При совпадении требуемых и предлагаемых параметров эти потери равны нулю.

Функция потерь на адаптацию определяется как усредненная величина для каждого значения параметра в интервале значений между двумя типоразмерами ряда с учетом всех возможных потребителей.

Функция потерь на адаптацию индивидуального (j-ого) потребителя имеет вид



$$S_{nj} = \varphi(u_k - x_j) \cdot m_j$$

Где  $\varphi(u_k - x_j)$  - функция ущерба  $j$ -го потребителя от несоответствия требуемого типоразмера с параметром  $X_j$  предлагаемому из ряда с параметром  $U_k$ ;  
 $U_k$  - значение параметра типоразмера из ряда,

ближайшего к значению  $X_j$ ;

$X_j$  - значение типоразмера, необходимое  $j$ -му потребителю;

$m_j$  - количество изделий, необходимое  $j$ -му потребителю.

При  $|U_k = X_j|$  потери  $\varphi(u_k - x_j) = 0$

С увеличением разности  $|U_k - X_j|$  величина ущерба возрастает.

Функция потерь на адаптацию по всему ряду имеет следующий

$$S_{n\Sigma} = \sum_{k=1}^N \sum_{\substack{x_j \leq U_k \\ x_j > U_{k-1}}} \varphi(u_k - x_j) m_j$$

вид:

$$\text{при } x_j \leq U_k, \quad k = 1, 2, \dots, N$$

где  $n = N - 1$  - количество интервалов ряда.  
 Если известна функция спроса в виде плотности вероятности, т.е.

$$\Phi(U_k) = \sum_{k=1}^N P(U_k) = 1$$

или

$$\Phi(x_j) = \sum_{j=1}^N P(x_j) = 1$$

то все потребности в интервале  $[U_{k-1}, U_k]$ , определяются следующим образом:

$$\sum_{\substack{x_j \leq U_k \\ x_j > U_{k-1}}} \varphi(u_k - x_j) m_j = [\Phi(U_k) - \Phi(U_{k-1})] \varphi(u_k - \bar{x}_{j \cdot})$$

где  $\varphi(u_k - \bar{x}_{jk})$  - функция потерь, усредненная по значениям  $X_j$   
в интервале  $]u_{k-1}; u_k]$ .

Таким образом, суммарные потери по всему ряду будут равны:

$$S_{\text{пз}} = \sum_{k=1}^N [\Phi(u_k) - \Phi(u_{k-1})] \varphi(u_k - \bar{x}_{jk})$$

Структура целевой функции и ряд ограничений, накладываемых на характер ряда, на вид функций спроса, стоимости потерь на адаптацию определяют выбор метода решения задачи оптимизации типоразмерного ряда. Для существующих критериев оптимизации различают свои методы:

а) Критерий минимума затрат при разработке, изготовлении и эксплуатации. Задача выбора оптимального типоразмерного ряда состоит в отыскании таких значений параметров, при которых целевая функция принимает наименьшее значение, при обязательном соблюдении следующих ограничений:

- спрос на типоразмеры каждого вида должны удовлетворяться полностью;
- должен быть известен объем производства изделий каждого типоразмера;
- известны начальное и конечное значения типоразмеров;

б) Критерий минимума затрат с учетом потерь потребителя на адаптацию. Здесь целевая функция учитывает возможные потери на адаптацию индивидуального потребителя;

в) Критерий максимума технико-экономического эффекта. Техничко-экономический эффект по этому критерию определяется разностью между функцией, описывающей затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию необходимого числа типоразмеров в случае неупорядоченного производства и функциями, описывающими

затраты на производство того же числа типоразмеров при наличии оптимального типоразмерного ряда с учетом потерь на адаптацию. Этот критерий позволяет оценить эффективность внедрения оптимального типоразмерного ряда или степень проигрыша при отличии типоразмерного ряда от оптимального.

## 2.2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Последовательность расчета оптимального типоразмерного ряда электронных изделий включает в себя выполнение следующих этапов [1], [2]:

- технико-экономический анализ исходных данных,
- определение вида целевой функции и ограничений,
- расчет оптимального типоразмерного ряда,
- определение технико-экономического эффекта от внедрения оптимального типоразмерного ряда электронных изделий в практику разработки РЭС.

Технико-экономический анализ состоит из:

- определения главного и соподчиненных параметров,
- сбора и обработки статистических данных об электронном изделии,
- определения исходного ряда главного и соподчиненных параметров,
- анализа исходных данных.

Определение вида целевой функции и ограничений включает:

- выбор и обоснование критерия оптимизации;
- определение ограничений для выбранной целевой функции;

- определение функций потребности  $\varphi(x)$ , затрат  $C(x)$  и потерь на адаптацию  $C_a(x)$ .

Расчет оптимального типоразмерного ряда электронных изделий включает:

- составление алгоритмов решения задачи оптимизации и определение способов их реализации;

- выбор методов решения целевой функции и составление программы расчета на ЭВМ,

- решение целевой функции и получение оптимального типоразмерного ряда электронных изделий;

- анализ полученных результатов и составление исходного типоразмерного ряда электронных изделий;

- анализ полученных результатов и составление исходного типоразмерного ряда электронных изделий.

Определение технико-экономической эффективности от внедрения оптимального типоразмерного ряда в практику разработки РЭС включает:

- определение показателей технико-экономической эффективности;

- расчет годовой экономии от внедрения оптимального типоразмерного ряда.

В качестве исходных данных для расчета оптимального типоразмерного ряда электронных изделий принимают:

$J = \{1, \dots, j, \dots, n\}$  - множество видов спроса на типоразмеры электронных изделий;

$I = \{1, \dots, k, \dots, M\}$  - исходный типоразмерный ряд;

$\varphi_j$  - дискретная функция спроса, характеризующая спрос каждого типоразмера электронного изделия,  $j = \overline{1, n}$ ;

$q_k^0(V_k)$  - начальные затраты на разработку и подготовку производства  $K$ -го типоразмера электронного изделия ( $K = \overline{1, M}$ ) с учетом объема выпуска  $V_k$ ;

$C_k(V_k)$  - затраты на производство одного типоразмера  $K$ -го типа, выпускаемого в объеме  $V_k$ ;

$q_{kj}^a$  - затраты на эксплуатацию единичного типоразмера электронного изделия  $K$ -го типа для удовлетворения спроса  $J$ -го вида с учетом количества средств, находящихся в эксплуатации у одного потребителя;

$P_{kj}$  - число изделий  $K$ -го типоразмера, необходимых для удовлетворения единицы спроса  $j$ -го вида.

Если использовать в качестве критерия оптимизации критерий минимума суммарных затрат на удовлетворение заданного спроса, то целевая функция будет иметь следующий вид:

$$S(V) = \sum_{k \in V} \left[ C_k^0(V_k) + \sum_{j=1}^n q_{kj}^a P_{kj} x_{kj} \right] \rightarrow \min_{k \in V} \quad (1)$$

При ограничениях:

$$\sum_{k \in V} x_{kj} = \varphi_j \quad ; \quad j = \overline{1, n} \quad ; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n P_{kj} x_{kj} = V_k \quad , \quad k \in V_k \quad ; \quad (3)$$

$$x_{kj}, V_k \geq 0 \quad (k = \overline{1, M}, j = \overline{1, n}) \quad ; \quad (4)$$

$$C_k^0(V_k) = q_k^0(V_k) + C_k(V_k) V_k \quad , \quad (5)$$

где  $x_{kj}$  - число единиц спроса вида  $J$ , удовлетворяемое  $K$ -м типоразмером;

$$V_k = \sum_{j \in J} \varphi_j$$

- программа выпуска по  $K$ -му типоразмеру, представляющая собой сумму потребностей, принадлежащих области применения  $k$ -го типоразмера электронных изделий;

$J$  - область применения  $k$ -го типоразмера электронного изделия при

$$J = \bigcup_{k \in V} J_k$$

Под оптимальным типоразмерным рядом  $X^N$  понимается такой набор типоразмеров электронных изделий  $X^N = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ , при котором целевая функция (1) достигает минимума при условии выполнения ограничений (2)-(5), а число  $N$  определяет количество типоразмеров электронного изделия в данном оптимальном ряду.

Решение комбинаторной задачи (1)-(5) при значительной размерности исходных множеств  $J$  и  $X$  связано с вычислительными трудностями, которые могут быть частично преодолены, если использовать особенности функции  $q_k(V_k)$  и  $C_k(V_k)$ , которые предполагаются строго возрастающими.

### 3. РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА РАДИАТОРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Радиаторы предназначены для рассеивания мощности; выделяемой полупроводниковыми приборами с целью поддержания температуры коллекторного перехода приборов не выше допустимых по условиям применения в РЭС, эксплуатируемых при различных климатических параметрах окружающей среды.

Зависимость температуры коллекторного перехода полупро-

водникового прибора от основных параметров радиатора определяется по формуле

$$t_n = t_c + P_{ппп} \left( \frac{R_p}{\Theta} + R_{п-р} \right) \quad , (6)$$

где  $t_c$  - температура окружающей среды;

$P_{ппп}$  - мощность, рассеиваемая полупроводниковым прибором;

$R_p$  - тепловое сопротивление радиатора;

$\Theta$  - средний коэффициент неравномерности распределения температуры по радиатору,

$R_{п-р}$  - тепловое сопротивление переход-радиатор.

Если мощность  $P_{ппп}$  увеличивается, например, при применении полупроводникового прибора другого номинала, то согласно формуле (6), тепловое сопротивление радиатора должно соответственно уменьшиться. Имея в виду, что тепловое сопротивление определяется по формуле

$$R_p = \frac{1}{\alpha_{нр} F_p}$$

где  $\alpha_{нр}$  - приведенный коэффициент конвективной теплоотдачи радиатора;

$F_p$  - эффективная площадь теплоотдачи радиатора.

Уменьшение  $R_p$  можно осуществить, в основном, только увеличением площади  $F_p$ . Увеличение теплоотдачи радиатора, при соблюдении эффективности конструкции, т.е. при соблюдении наилучших соотношений по толщинам оснований и ребер, шагам между ребрами, высоте ребра, форме его поперечного сечения и т.д., возможно достигнуть только увеличением объема радиатора.

Таким образом, главным параметром радиатора, по которому следует производить построение типоразмерного ряда, является его объем, определяющий возможность его применения для конкретного полупроводникового прибора при заданных характеристиках окружающей среды.

Одновременно полагаем, что в составе типоразмерного ряда рассматривают конструкции радиаторов, обладающих наибольшим значением относительной рассеиваемой мощности на единицу объема радиатора  $P_v$  при нагреве на  $1^{\circ}\text{C}$ , что определяется выражением:

$$P_v = \frac{P_{\text{max}}}{V_p \Delta t_p} = \frac{1}{V_p R_p}$$

Где  $V_p$  - объем радиатора;

$\Delta t_p = t_p - t_c$  - перепад температуры на поверхности радиатора.

Следовательно, каждый типоразмер радиатора в виде высоты, ширины и глубины (H, B, L) однозначно определяет его объем и относительную рассеиваемую мощность.

Анализ конструкций радиаторов показывает, что соотношения размеров сторон основания радиаторов находятся во взаимосвязи, тесно коррелированы и могут быть описаны регрессионной функцией линейного вида. Зная площадь основания радиатора и его объем, определяют высоту ребер. Учитывая при этом, что увеличение высоты ребра, при постоянной величине толщины, уменьшает эффективность радиатора.

Потребность в радиаторах для различных электронных изделий будет определяться:



- применяемой элементной базой ( в той ее части, которая относится к полупроводниковым приборам с повышенной мощностью рассеивания);

- количеством полупроводниковых приборов, требующих установку их на радиаторы, в определенных условиях окружающей среды.

Указанные данные с учетом повторяемости составных частей РЭС будут определять функцию спроса в виде годовой потребности выпуска радиаторов соответствующих размеров.

Числовые значения по применяемости радиаторов получают из анализа конструкторской документации последовательным раскрытием состава по спецификации сборочных единиц (блоков, шкафов, ячеек и т.д.) вплоть до повторяемости РЭС.

Собранный и обработанный статистический материал по применяемости радиаторов позволяет оценить минимальные и максимальные значения размеров радиаторов, количественную потребность каждого типоразмера в исходном ряду, а также оценить перспективу их развития в связи с применением новых, мощных полупроводниковых приборов и область их исследования в различных РЭС.

Затраты, связанные с изготовлением радиаторов, как доказывает технико-экономический анализ, прямо пропорциональны его объему и массе.

С увеличением серийности выпуска стоимость радиатора пропорционально снижается.

Для определения зависимости стоимости от объема радиатора (при расчете для разных типоразмеров) используют среднестатистическую эмпирическую зависимость

$$C_i = 0,133 V_i + 35,33$$

Где  $C_i$  - стоимость  $i$ -ого типоразмера в условных рублях;

$V_i$  - объем радиатора, см<sup>3</sup>.

При серийном изготовлении  $i$ -ого типоразмера в количестве  $N_i$  штук стоимость  $C_{N_i}$  определяют по формуле

$$C_{N_i} = C_i N_i^{1-\mu_i} = (0,133 V_i + 35,33) N_i^{1-\mu_i}, \quad (7)$$

Где  $\mu_i$  - коэффициент серийности, определяемый на основании опытных данных ( $\mu_i = 0,1 \dots 0,2$ ).

Потери на адаптацию появляются в связи с несовпадением нужного потребителя типоразмера радиатора с типоразмером из ряда, которые определены применением большего типоразмера радиатора. Используя радиатор с большим объемом, следует предусматривать в аппаратуре дополнительные объемы для размещения этого радиатора, что приводит к определенным потерям из-за нерационального использования объемов, отводимых для размещения элементов и составных частей РЭС, что может ухудшить их технико-технические характеристики.

Увеличение объема и массы можно оценить в стоимостном виде, используя соответствующие статистические данные по видам аппаратуры, которые позволяют определить стоимость использования единицы объема, занимаемого аппаратурой.

Проводя оценки путем парного сравнения по всему исходному ряду, составляют квадратную матрицу адаптационных потерь, где количество строк и столбцов соответствует количеству членов исходного ряда. В конкретном случае для упрощения

расчетов применяют аналитическое выражение, аппроксимирующее указанные потери в виде линейной функции вида

$$C_{a_{ij}} = K_a (V_i - V_j) \quad , \quad (8)$$

где  $C_{a_{ij}}$  - стоимость потери от несоответствия требуемых значений объемов радиаторов от имеющихся в оптимальном

типоразмерном ряду  $V_i$  при  $V_i = V_j, C_{a_{ij}} = 0$ ;

$K_a$  - коэффициент приведения стоимости использования единицы объема (массы).

По результатам статистических данных можно рекомендовать для расчета типоразмерного ряда радиаторов значение  $K_a = 0,63$ .

На основе сформулированных зависимостей по затратам на производстве (7), по потерям на адаптацию (8), а также учитывая затраты на разработку и подготовку производства радиаторов, находят выражение для критерия оптимизации типоразмерного ряда объемов радиаторов (целевую функцию) вида:

$$S(V) = \sum_{i=1}^M [C_{N_i} + C_{N_i} + \sum_{j=1}^n (C_{a_{ij}} N_{ij})] \quad (9)$$

При ограничениях

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^n N_{ij} = \varphi_{ij} ; \quad i = \overline{1, M} ; \quad j = \overline{1, n} ; \quad M \neq n$$

Где  $C_{N_i}$  - затраты на разработку и подготовку производства  $i$ -го типоразмера радиатора;

$C_{N_i}$  - затраты на производство  $i$ -го типоразмера радиатора  
в количестве  $N_i$  штук;

$C_{a_{ij}}$  - потери на адаптацию при применении  $V_i$ -го объема радиатора, отличного от  $V_j$ -го объема, требуемого потребителю;

$V_i$  – потребность  $i$ -го объема радиаторов для удовлетворения  $j$ -го потребителя.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Студент должен:

- получить задание и исходные данные для расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов;
- ознакомиться с теоретической частью;
- выбрать метод расчета и средства ВТ;
- описать в форме математической модели зависимость главного электрического и соподчиненного геометрического параметров полупроводникового прибора и радиатора;
- описать функции спроса, стоимости и потерь на адаптацию для радиаторов полупроводниковых приборов;
- представить в форме математической модели целевую функцию и ограничения оптимизации типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов;
- составить алгоритм расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов;
- составить в табличной форме исходные данные для расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов;
- рассчитать с помощью ПЭВМ оптимальный типоразмерный ряд

радиаторов полупроводниковых приборов:

- составить отчет по выполненной лабораторной работе.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- Выбор и обоснование критерия оптимизации (целевой функции) и ограничений при оптимизации типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов.

- Выбор и обоснование функций спроса, стоимости и потерь на адаптацию при оптимизации типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов.

- Выбор метода расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов.

- Результаты расчета.

- Анализ результатов расчета.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что такое типоразмер?

- Что такое типоразмерный ряд?

- Назовите основные параметры и типоразмеры электронных изделий.

- Назовите основные критерии оптимизации типоразмерных рядов электронных изделий и объясните их отличительные особенности.

- Приведите примеры главных и соподчиненных параметров электронных изделий.

- Определение вида целевой функции и ограничений.

- Что такое функция опроса (потребности) и как она определяется?
- Что такое функция стоимости и как она определяется?
- Что такое функция потерь на адаптацию и как она определяется?
- Назовите последовательность расчета оптимального типоразмерного ряда электронных изделий.
- Сформулируйте связь между главным электрическим и соподчиненным геометрическими параметрами полупроводниковых приборов.
- Приведите последовательность расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов.
- Как определяется функция спроса радиаторов?
- Как определяется функция стоимости радиаторов?
- Как определяется функция потерь на адаптацию радиаторов?
- Что положено в основу использования вычислительной техники для расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов полупроводниковых приборов?

## 7. КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Для решения задачи получения оптимального типоразмерного ряда радиаторов используют метод ветвей и границ и реализованную на его основе программу.

Структурная схема алгоритма и текст программы приведен в приложениях 1, 2. Исходной информацией для этой программы являются следующие данные:

- число типоразмеров исходного ряда радиаторов;
- массив объемов исходного ряда радиаторов;
- массив значений опроса радиаторов;
- массив затрат на разработку и подготовку производства радиаторов.

При оптимизации типоразмерного ряда по этой программе находят значение каждого типоразмера оптимального ряда и затраты на его производство. Результаты расчета оптимального ряда радиаторов приведены в приложении 3.

Получав оптимальный ряд объемов радиаторов в виде 43, 85, 113, 305, 500 см, находят габаритные размеры радиаторов (H,B,L),используя данные анализа статистических исследований по взаимозависимости габаритных размеров радиаторов от его объема при помощи регрессионных моделей.

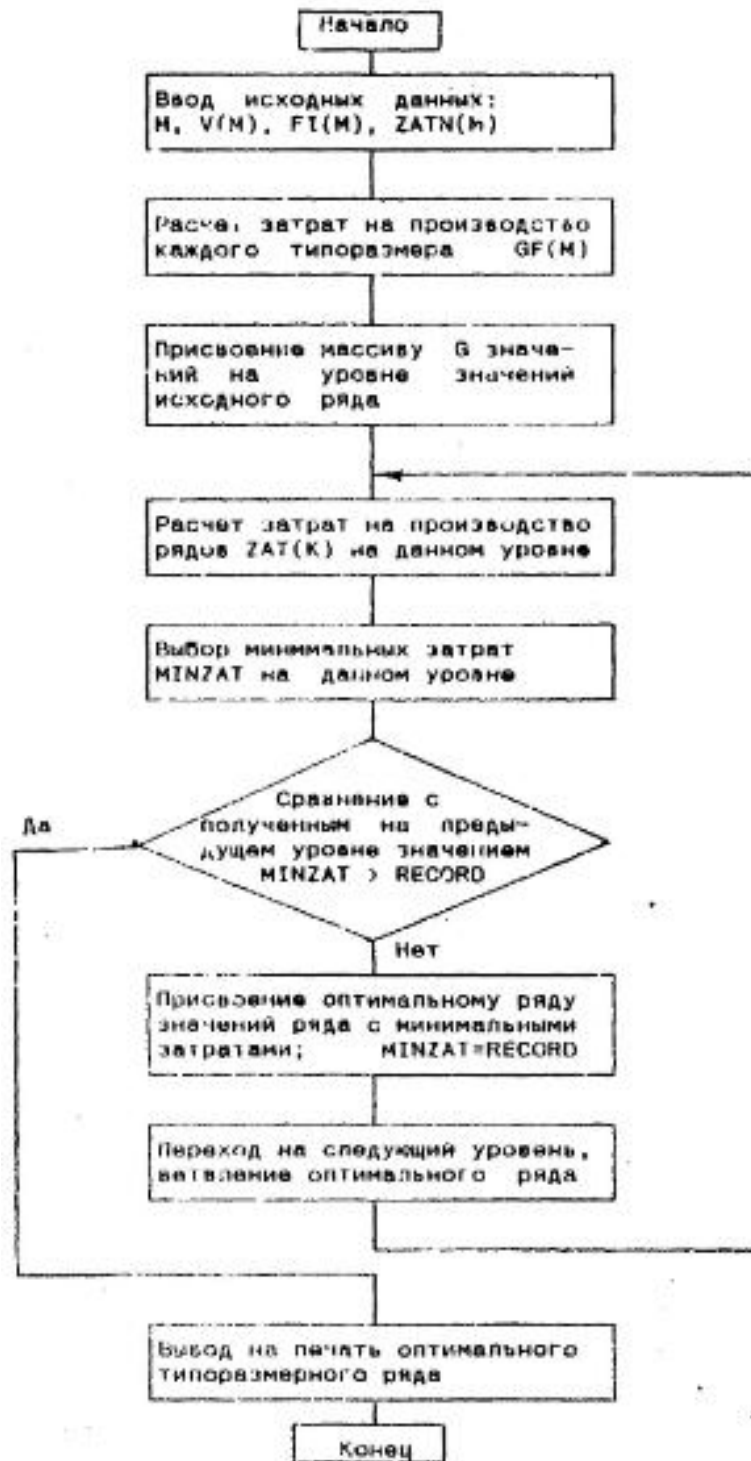
## ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачов В.П. Проектирование конструкции радиоэлектронной аппаратуры.- М.: Радио и связь, 1969. - 272 С.
2. Базовый принцип конструирования РЗА под ред. Е.Ч. Парфенова.- М.: Радио и связь, 1943. - 31 с.



Приложение 1 .

Структурная схема алгоритма оптимального типоразмерного ряда



## Приложение 2.

Текст программы расчета оптимального типоразмерного ряда радиаторов.

```

INTEGER CHI3L,FI(50),FIRAB(50),FIREZ(50),UROV,ZATN(50)
DIMENSION ZAT(50),GF(50)
INTEGER*2 G(50,50,50),V(50),OPTR(50),REZ(50)
REAL MINZAT
READ(5,2) M
READ(5,3) (V(I),I=1,M)
READ(5,3) (FI(I),I=1,M)
READ(5,3) (ZATN(I),I=1,M)
PRINT 4
PRINT 5, M
PRINT 6
PRINT 3,(V(I),I=1,M)
PRINT 7
PRINT 3,(FI(I),I=1,M)
PRINT 8
PRINT 3,(ZATN(I),I=1,M)
2  FORMAT(I3)
3  FORMAT(10(I5,1X))
4  FORMAT(6X,'ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:')
5  FORMAT(10X,'КОЛ-ВО ТИПОРАЗМЕРОВ ИСХОДНОГО РЯДА:',I3)
6  FORMAT(10X,'МАССИВ ОБЪЕМОВ ИСХОДНОГО РЯДА:')
7  FORMAT(10X,'МАССИВ ЗНАЧЕНИЙ СПРОСА РАДИАТОРОВ:')
8  FORMAT(10X,'МАССИВ ЗАТРАТ НА РАЗРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ ПР-ВА:')
RECORD=1000000000.0
MINZAT=1000000000.0
DO 10 I=1,M
GF(I)=0.133*V(I)+35.33
G(1,1,I)=I
10  OPTR(I)=I
UROV=1
K=1
1000 DO 2) I=1,K
DO 222 J=1,M
222  FIRAB(J)=0
ZAT(I)=0.
DO 21 N=1,M
II=1
IF(G(UROV,I,N).NE.0)GOTO 100
C  FIRAB(N+1)=FIRAB(N+1)+FIRAB(N)+FI(N)
II=0
DO 22 N1=N,M
IF(G(UROV,I,N1).EQ.0)GOTO 22
IND=N1
GOTO 101
22  CONTINUE
100  IND=N
C  FIRAB(N)=FI(N)+FIRAB(N)
101  ZAT(I)=0.83*(V(IND)-V(I))*FI(N)+ZATN(N)*II+ZAT(I)
21  CONTINUE
DO 25 JQ=1,M
IF(G(UROV,I,JQ).EQ.0)GOTO 26
FIRAB(JQ)=FIRAB(JQ)+FI(JQ)
ZAT(I)=GF(JQ)*(FIRAB(JQ))*G.85+ZAT(I)
GOTO 25
26  FIRAB(JQ+1)=FIRAB(JQ+1)+FIRAB(JQ)+FI(JQ)
25  CONTINUE
20  CONTINUE
DO 30 J=1,K
IF(ZAT(J).GT.MINZAT)GOTO 30
MINZAT=ZAT(J)

```

```

INDEX=J
30 CONTINUE
IF(MINZAT.GT.RECORD)GOTO 400
RECORD=MINZAT
DO 40 KI=1,M
40 OPTR(KI)=G(URCV,INDEX,KI)
CHISL=0
DO 50 I=1,M
IF(G(UROV,INDEX,I).NE.0)GOTO 50
CHISL=CHISL+1
50 CONTINUE
CHISL=M-CHISL-1
DO 60 N1=1,CHISL
DO 60 N2=1,M
60 G(UROV+1,N1,N2)=G(UROV,INDEX,N2)
UROV=UROV+1
IND=1
DO 70 I=1,M
IF(G(UROV-1,INDEX,I).EQ.0)GOTO 70
G(UROV,IND,I)=0
IND=IND+1
70 CONTINUE
K=CHISL
MINZAT=1000000000.0
GOTO 1000
400 PRINT 333, RECORD
333 FORMAT(20X,'РЕЗУЛЬТАТ ПРИ MINZAT =',F10.1)
IND=0
DO 80 IN=1,M
IF(OPTR(IN).EQ.0)GOTO 81
IND=IND+1
INDEX=OPTR(IN)
REZ(IND)=V(INDEX)
FIREZ(IND)=FI(IN)
GOTO 80
81 FI(IN+1)=FI(IN+1)+FI(IN)
80 CONTINUE
PRINT 555,(REZ(LLL),LLL=1,IND)
555 FORMAT(9X,70(' ')/9X,'ОБЪЕМ РАДИАТОРА I',10(I4,1X,'I'))
PRINT 777,(FIREZ(LTT),LTT=1,IND)
777 FORMAT(9X,70(' ')/9X,'ПОТРЕБНОСТЬ, ШТ I',10(I4,1X,'I'))
STOP
END

```

Приложение 3.

Результаты расчета оптимального ряда радиаторов

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

КОЛ-ВО ТИПОРАЗМЕРОВ ИСХОДНОГО РЯДА: 27

МАССИВ ОБЪЕМОВ ИСХОДНОГО РЯДА:

20	26	33	37	43	46	54	57	62	72
79	85	86	104	113	154	216	230	250	297
305	324	366	395	415	428	500			

МАССИВ ЗНАЧЕНИЙ СПРОСА РАДИАТОРОВ:

68	240	360	38	145	45	32	16	110	20
8	220	96	10	49	15	16	20	5	14
8	25	05	5	20	25	16			

МАССИВ ЗАТРАТ НА РАЗРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ ПР-ВА:

3000	3300	3500	3680	4000	4500	4700	4900	5200	5430
5700	6000	6330	6830	7200	7550	7900	8300	8700	9000
300	9550	9900	10200	10500	11000	11700			

РЕЗУЛЬТАТ ПРИ MINZAT = 89524.2

ОБЪЕМ РАДИАТОРА	43	85	113	305	500
ПОТРЕБНОСТЬ, ШТ.	851	450	154	77	155