



Министерство образования и науки
Украины
Севастопольский национальный технический
университет

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсового проекта
по дисциплине “Теория систем”**

для студентов специальности 7.091501 – «Компьютерные системы и сети». Раздел «Параметрическая коррекция при оперативном управлении многономенклатурным производством»

дневной формы обучения

Севастополь
2006

2

УДК 519.6

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине “Теория систем” для студентов специальности 7.091501 – «Компьютерные системы и сети». Раздел «Параметрическая адаптация многономенклатурного производства изделий микроэлектроники». / И.А. Балакирева, Л.А. Литвинова, А.В. Скатков - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. - 9 с.

Цель методических указаний:

методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой курса “Теория систем” и предназначены для:

- Изучения методов параметрической коррекции при оперативном управлении технологическими процессами микроэлектроники;
- освоения методики применения задач математического программирования для определения оптимальных параметров технологических процессов.

Методические указания содержат:

- краткие теоретические сведения;
- алгоритмы решения задачи;
- типовые примеры;
- варианты индивидуальных заданий.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Кибернетики и вычислительной техники, протокол № от 2005 г.

Допущено научно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Чернега Виктор Степанович, профессор, д.т.н.



Содержание

1. Краткие теоретические сведения

4

1.1. Особенности многономенклатурных производственных систем (на примере производства изделий микроэлектроники)

4

1.2. Постановка задачи принятия оптимальных решений при оперативном управлении многономенклатурными производственными системами

7

1.3. Принятие решений при оперативном управлении многономенклатурными производственными системами

10

2. Алгоритмы принятия оптимальных решений при оперативном управлении многономенклатурными производственными системами

10

2.1. Алгоритм определения минимального коэффициента запуска изделий в производство.

10

2.2. Алгоритм Хука-Дживса.

11

2.3. Алгоритм градиентного метода.

12

3. Пример решения задачи минимизации коэффициента запуска изделий в производство

13

4. Задание для выполнения курсового проекта

16

5. Содержание отчета

17

Библиографический список

18

Приложение А

19

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Особенности многономенклатурных производственных систем (на примере производства изделий микроэлектроники)

Важнейший класс производственных задач выпуска изделий микроэлектроники (МЭ) связан с вопросами организации оперативного управления технологическими процессами (ТП), в результате реализации которых формируются классификационные параметры, определяющие тип изделия, а, следовательно, и номенклатуру выпускаемых изделий в целом.

Неизбежный разброс параметров, определяющих наличие одного или нескольких определенных качественных признаков, воздействие случайных факторов приводит к выпуску при единой технологии изделий различных типов. В условиях массового производства изделий МЭ разброс значений параметров, по которым определяется принадлежность к тому или иному типу неизбежен. Поэтому после завершения технологического цикла изготовления изделий МЭ проводится их классификация по типонаминалам [1].

Значения управляющих параметров $U = (u_1, u_2, \dots, u_l)$ на входе ТП определяют значения выходных параметров выпускаемых изделий $Y = (y_1, y_2, \dots, y_k)$. Воздействие случайных факторов v на ход ТП приводит к разбросу значений выходных параметров относительно некоторого центра распределения - математического ожидания $m_Y(U)$ с соответствующей функцией плотности распределения $f(m_Y(U))$.

Если область допустимого изменения выходных параметров изделий разбить на некоторое число подобластей с фиксированными границами, то изделия, выпускаемые при определенном значении управляющих воздействий и соответствующим им центре распределения выходных параметров, можно отнести к различным группам. Подмножество выходных параметров ТП, по значениям которых определяется принадлежность изделий к той или иной группе, определим как **классификационные признаки** выпускаемых изделий. Множество изделий, значения классификационных признаков которых принадлежат некоторой области с заранее определенными границами, представляют собой определенную **номенклатурную группу**.

Разбив область изменения классификационных признаков изделий на группы, и, определив их границы, по завершению технологического цикла готовые изделия или полуфабрикаты можно отнести к той или иной номенклатурной группе в зависимости от значений классификационных признаков изделий. Математическая модель операции классификации изделий или полуфабрикатов (рисунок 1.1) выражает вероятностную связь между объемами выхода изделий в номенклатурные группы и объемом запуска их на классификацию и представлена в виде системы уравнений:



$$z_i = p_i(X, U, v, S, R) \cdot N, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1.1)$$

где z_i - объем выхода изделий в i -ю номенклатурную группу;
 $p_i(X, U, v, s, R)$ - вероятность выхода изделий в i -ю номенклатурную группу,
 в общем случае определяемая значениями: входных параметров ТП, не подлежащих управлению - X , управляющими воздействиями - U , воздействиями случайных факторов v , состоянием самого ТП - S и значениями регулирующих воздействий - R ; N - объем запуска изделий на классификацию.

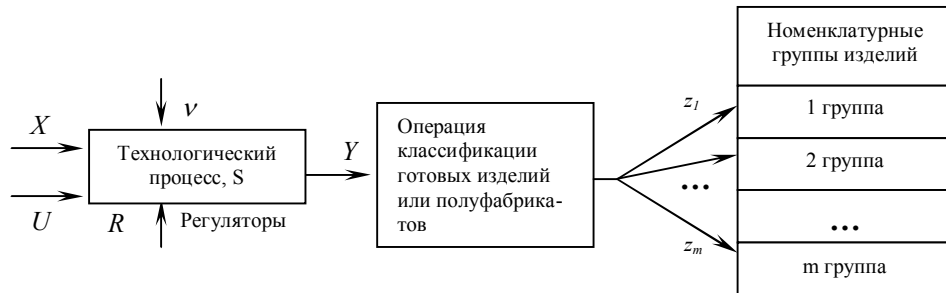


Рисунок 1.1 – Структурная схема классификации изделий в условиях многономенклатурного производства.

Изменение положения математического ожидания классификационного признака, определяемое значениями управляющих воздействий ТП, приводит к изменению вероятности выпуска изделий в ту или иную номенклатурную группу (рисунок 1.2). При решении задач управления ТП для описания распределения классификационных параметров ТП удобно использовать условные функции плотности распределения, зависящие от одного параметра. Центр распределения классификационных признаков выпускаемых изделий при фиксированных значениях управляющих воздействий $m_Y(U)$ будем считать **центром настройки ТП**.

Управляя координатами центра настройки ТП $m_Y(U)$, можно преобразовать поверхность распределения классификационных признаков выпускаемых изделий в соответствии с поверхностью номенклатурного плана и, таким образом, влиять на объемы выпуска изделий в ту или иную номенклатурную группу. Подобное преобразование можно осуществить за счет **реструктуризации** центров настройки в ходе ТП – изменении их координат[2].

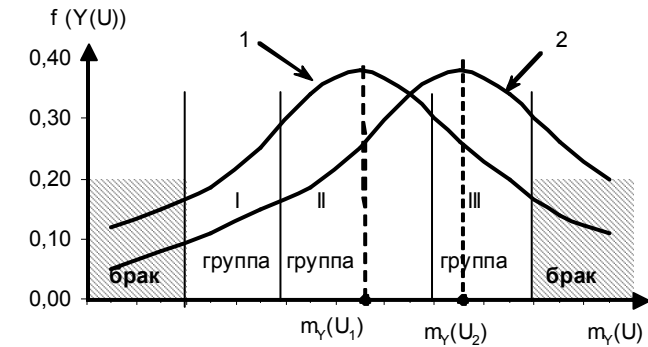


Рисунок 1.2 – Функции плотности распределения выходных параметров изделий при различных значениях их математических ожиданий $m_Y^1(U)$ и $m_Y^2(U)$.

При использовании нескольких центров настройки в ходе ТП математическая модель операции классификации изделий (1.1) будет представлена в виде следующей системы уравнений:

$$z_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} P_j N, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1.2)$$

где z_i - объем выхода изделий в i -ю номенклатурную группу $i = \overline{1, m}$; матрица коэффициентов p_{ij} системы уравнений является функцией параметров распределений классификационных признаков, полученных при каждом из центров настройки ТП; коэффициенты P_j характеризуют долю времени использования каждого центра по отношению ко всей длительности ведения

ТП, при этом $\sum_{j=1}^n P_j = 1$; N - объем запуска изделий на классификацию. Ве-

личина P_j представляет собой **интенсивность** использования j -го центра настройки ТП, а $P_j N$ - объем выпуска изделий при использовании j -го центра настройки. Совокупность значений координат j -го центра настройки ТП $m_Y^j(U)$ и интенсивности его использования в ходе ТП определим как j -й **технологический режим**.



1.2. Постановка задачи принятия оптимальных решений при оперативном управлении многономенклатурными производственными системами

Тип изделия характеризуется заданным набором признаков $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ - выходных контролируемых параметров ТП. Изделие считается годным, если все его параметры y_i находятся в пределах установленных границ $y_{in} \leq y_i \leq y_{ie}$, $i = \overline{1, k}$, где y_{in} и y_{ie} - соответственно нижние и верхние границы возможного изменения выходного параметра y_i .

Каждый из выходных параметров $y_i, i = \overline{1, k}$ в общем случае является функцией вектора управляющих параметров $U = \{u_1, u_2, \dots, u_l\}$, то есть $y_i = \varphi(U)$. Пределы изменения управляющих воздействий определены в ТУ, и для компонентов вектора U должны выполняться неравенства $u_{in} \leq u_j \leq u_{ie}$, $j = \overline{1, l}$, где u_{in} и u_{ie} - нижний и верхний пределы изменения входных управляющих воздействий.

Номенклатурная группа представляет собой область в k -мерном пространстве классификационных признаков y_i и определяет типонаминал выпускаемых изделий.

Каждой номенклатурной группе изделий с соответствующим набором классификационных признаков $Y^i = \{y_1^i, y_2^i, \dots, y_k^i\}$, $i = \overline{1, m}$, где m - количество классификационных групп, соответствует некоторый вектор управляющих параметров $U = \{u_1, u_2, \dots, u_l\}$, то множества векторов U отображается во множество векторов $Y: U \rightarrow Y$. Значения классификационных признаков выпускаемых изделий определяются координатами центров настройки ТП. Рассмотрим случай, когда выпускаемое изделие характеризуется одним классификационным признаком $Y = \{y\}$

Номенклатурные группы имеют следующие характеристики:

1. Набор классификационных признаков изделий, определяющий их значения $Y^i = \{y^i\}$, $i = \overline{1, m}$, где m - количество номенклатурных групп.

2. Допустимая область изменения классификационных признаков изделий Γ , причем $\Gamma = \bigcup_{i=1}^m G_i$ представляет собой объединение допустимых областей изменения классификационных признаков Y^i для каждой из номенклатурных групп. Для i -й группы и h -й компоненты y_h^i выходного вектора Y^i область Γ представлена: $G_i = \left((g_h^i, g_e^i) \right)_h$, $h = \overline{1, k}$, где g_h^i и g_e^i - соответственно нижняя и верхняя границы изменения h -го классификационного

признака для i -й номенклатурной группы. Для единственного классификационного признака изделий границы номенклатурных групп можно представить в виде вектора

$$G = (g_1, g_2, \dots, g_i, g_{i+1}, \dots, g_m, g_{m+1}), \quad (1.3)$$

где g_i , g_{i+1} - соответственно нижняя и верхняя границы i -й номенклатурной группы.

3. План выпуска изделий в i -ю номенклатурную групп q_i , $i = \overline{1, m}$. Об-

щий план выпуска изделий будет равен $Q = \sum_{i=1}^m q_i$. Между планом запуска изделий N и планом выпуска Q существует соотношение $N \geq Q$, поскольку часть изделий выпускается бракованными.

4. Вероятность выхода изделий в i -ю номенклатурную группу при использовании j -го режима настройки ТП.

При вероятностном характере производства изделий МЭ каждый из возможных технологических режимов дает определенные значения классификационных параметров Y^i , которые описываются соответствующей функцией распределения. Вероятность выхода изделия в ту или иную классификационную область зависит от координат центра настройки ТП m_{yj} - математического ожидания, $j = \overline{1, n}$. При заданных координатах j -го центра настройки ТП i -й номенклатурной группе с заданными границами изменения классификационных признаков можно поставить в соответствие вероятность выхода в нее изделий [3,4]:

$$p_{ij} = \int_{g_i}^{g_{i+1}} f(y|m_{yj}) dy, \quad (1.4)$$

где $f(y|m_{yj})$ - условная функция плотности вероятности распределения

классификационного признака y при j -м центре настройки ТП, g_i , g_{i+1} - соответственно нижняя и верхняя границы i -й номенклатурной группы. При использовании n технологических режимов, m номенклатурных групп и формировании групп по единственному классификационному признаку вероятности выхода изделий в группы при различных режимах настройки представлены матрицей вероятностей.



$$P = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & p_{ij} & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mn} \end{vmatrix}. \quad (1.5)$$

Если в качестве критерия оптимальности многономенклатурного производства принять производственный запуск, обеспечивающий минимальное перекрытие планового задания по номенклатуре, то задачу оптимизации режимов настройки ТП с учетом (1.2), (1.4) и (1.5) можно представить следующим образом.

Определить минимум функции

$$\sum_{j=1}^n P_j N \rightarrow \min \quad (1.6)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} P_j N \geq q_i, \quad (1.7)$$

В задаче (1.6), (1.7) минимизируется линейная форма в общем случае при нелинейных ограничениях. Однако если задано положение центра настройки процесса m_{yj} и известна функция плотности распределения значений классификационных параметров $f(y|m_{yj})$, то можно определить значения p_{ij} согласно (1.4) и сформировать матрицу вероятностей (1.5). В этом случае условия (1.7) линейны относительно неизвестных $P_j N$, и задача (1.6), (1.7) представляет собой задачу линейного программирования [5-7].

Введем коэффициент запуска, характеризующий перекрытие планового распределения изделий по номенклатурным группам общим объемом запуска изделий:

$$K_{zan} = \sum_{j=1}^n P_j N / \sum_{i=1}^m q_i. \quad (1.8)$$

Учитывая (1.8) и то обстоятельство, что $\sum_{i=1}^m q_i = const$ при конкретном

плановом задании, задачу (1.6), (1.7) можно представить в виде

$$K_{zan}(M) \rightarrow \min, \quad (1.9)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} P_j N \geq q_i, \quad (1.10)$$

где $M = (m_{y1}, m_{y2}, \dots, m_{yn})$ набор центров настройки ТП.

Например, для трех номенклатурных групп и двух центров настройки

ТП с учетом условия $\sum_{j=1}^n P_j = 1$ задача (1.9), (1.10) будет выглядеть следующим образом:

$$K_{zan}(M) \rightarrow \min$$

$$p_{11} \cdot P_1 N + p_{12} \cdot P_2 N \geq q_1$$

$$p_{21} \cdot P_1 N + p_{22} \cdot P_2 N \geq q_2$$

$$p_{31} \cdot P_1 N + p_{32} \cdot P_2 N \geq q_3$$

Решение задачи (1.9), (1.10) позволяет определить коэффициент запуска при фиксированном наборе центров настройки ТП. Далее, на основе поисковых алгоритмов, определяется следующий набор центров настройки, при котором коэффициент запуска уменьшится. Таким образом, можно найти набор центров настройки ТП, при котором коэффициент запуска достигает своего минимального значения при условиях выполнения плана по номенклатуре. В завершении вычислительных процедур определяются интенсивности использования P_j каждого из центров настройки.

1.3. Принятие решений при оперативном управлении многономенклатурными производственными системами

При увеличении числа используемых центров настройки ТП объем, а, следовательно, и коэффициент запуска в общем случае уменьшается. Особенно значительное уменьшение коэффициента запуска наблюдается при классификации изделий по нескольким признакам (например, по значениям удельного поверхностного сопротивления и силе адгезии напыленных слоев). Это говорит о целесообразности использования нескольких центров настройки ТП. Тем не менее, при одном и том же числе используемых центров настройки ТП, значение коэффициента запуска зависит и от других факторов. В качестве таких факторов могут выступать: номенклатурный план выпуска изделий, объемы производства, стоимость эксплуатации центров настройки, цены выпускаемых изделий, а также параметры распределения классификационных признаков. Таким образом, с одной стороны, имеется ряд альтернативных решений в виде наборов центров настройки ТП, с другой – множество возможных производственных ситуаций. Каждому решению в той или иной



ситуации можно поставить в соответствие доход (потери) от производства изделий.

Принятие решения по выбору того или иного действия по управлению производственной системой производится на основании матрицы решений:

	s_1	s_2	...	s_n
a_1	$v(a_1, s_1)$	$v(a_1, s_2)$	...	$v(a_1, s_n)$
a_2	$v(a_2, s_1)$	$v(a_2, s_2)$	...	$v(a_2, s_n)$
...			...	
a_m	$v(a_m, s_1)$	$v(a_m, s_2)$	...	$v(a_m, s_n)$

Элемент $a_i, i = 1, 2, \dots, m$ представляет собой возможное решение, а элемент $s_j, j = 1, 2, \dots, n$ – производственную ситуацию. Доходы (потери), связанные с решением a_i и ситуацией s_j , равны $v(a_i, s_j)$.

Для анализа ситуации, связанной с принятием решения существует ряд критериев [6], которые отличаются по степени оптимизма ЛПР.

2. АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

2.1. Алгоритм определения минимального коэффициента запуска изделий в производство.

Шаг 1. $k = 0$. задается набор центров настройки ТП $M^{(k)}$. Для каждого центра настройки ТП вычисляются согласно (1.4) вероятности p_{ij} выхода изделий в номенклатурные группы и формируется матрица вероятностей (1.5). Решается задача линейного программирования (1.6), (1.7) и определяется коэффициент запуска изделий $K_{зан}^{(k)}$.

Шаг 2. На основании использования алгоритмов, минимизирующих значение целевой функции (1.9) определяется новый набор центров настройки $M^{(k+1)}$. Формируется матрица вероятностей (1.5). Решается задача линейного программирования (1.6), (1.7) [5,6] и определяется коэффициент запуска изделий $K_{зан}^{(k+1)}$.

Шаг 3. Вычисляется разность $K_{зан}^{(k)} - K_{зан}^{(k+1)}$.

Если $K_{зан}^{(k)} - K_{зан}^{(k+1)} < \varepsilon$, где ε – точность решения задачи, алгоритм

завершается: набор центров настройки $M^* = M^{(k+1)}$ считается оптимальным. Переход к шагу 4. Иначе $k = k + 1$ и осуществляется переход к шагу 2.

Шаг 4. Вычисляются интенсивности использования центров настройки ТП.

В качестве поисковых алгоритмов рекомендуется использовать методы прямого поиска (покоординатного спуска и Хука-Дживса) и градиентный метод [5-7]. Вычисления производить с точностью $\varepsilon = 0,1$.

2.2. Алгоритм Хука-Дживса.

Шаг 1. Задать начальную точку M^0 , число $\varepsilon > 0$, начальные величины шагов по координатным направлениям $\Delta_j, j = \overline{1, n}$, значения α – ускоряющий множитель и h – коэффициент уменьшения шага. Положить $k=0, j=1$.

Шаг 2. Осуществить исследующий поиск по выбранному координатному направлению:

а) если $K_{зан}^{(k)}(m_{y1}, \dots, m_{yj} + \Delta_j, \dots, m_{yn}) < K_{зан}^{(k)}(m_{y1}, \dots, m_{yj}, \dots, m_{yn})$,

шаг считается удачным. В этом случае следует положить $m_{yj} := m_{yj} + \Delta_j$ и перейти к шагу 3;

б) если в п. «а» шаг неудачен, то соответствующая компонента вектора $M^{(k)}$ изменяется в противоположном направлении. Если $K_{зан}^{(k)}(m_{y1}, \dots, m_{yj} - \Delta_j, \dots, m_{yn}) < K_{зан}^{(k)}(m_{y1}, \dots, m_{yj}, \dots, m_{yn})$, шаг считается удачным. В этом случае следует положить $m_{yj} := m_{yj} - \Delta_j$ и перейти к шагу 3;

в) если в пп. «а» и «б» шаги неудачны, значение компоненты вектора $M^{(k)}$ не изменяется.

Шаг 3. Проверить условия:

а) если, $j < n$, положить $j = j + 1$ и перейти к шагу 2 (продолжить исследующий поиск по оставшимся направлениям);

б) если $j = n$, проверить успешность исследующего поиска:

- если в результате исследующего поиска компоненты вектора $M^{(k)}$ изменились, то есть получен вектор $M^{(k+1)}$ перейти к шагу 4;

- если в результате исследующего поиска компоненты вектора $M^{(k)}$ остались без изменения, перейти к шагу 5.

Шаг 4. Провести поиск по образцу. $M^{(k+2)} = M^{(k+1)} + \alpha (M^{(k+1)} - M^{(k)})$, $k = k + 1$ и перейти к шагу 2.

Шаг 5. Проверить условие окончания поиска:



а) если все $\Delta_j \leq \varepsilon$, то поиск закончить: $M^* = M^{(k)}$;

б) для тех j , для которых $\Delta_j > \varepsilon$, уменьшить величину $\Delta_j = \Delta_j / h$, положить $j=1, k=k+1$ и перейти к шагу 2.

2.3. Алгоритм градиентного метода.

Шаг 1. Задать начальную точку M^0 , значение h - величину пробного шага (рекомендовано для данной задачи $h = \mu > h_1$), положить $k=0$. В точке с центром M^0 определить коэффициент запуска $K_{зан}^0$

Шаг 2. Для каждого из центров провести пробное изменение в соответствии с выражением: $m_{yj} = m_{yj} + h, j = \overline{1, n}$ и вычислить для каждого из пробных центров коэффициент запуска $K_{зан}^j$, решая задачу линейного программирования. Определить градиент в точке M^0 по формулам:

$$G_0^j = \frac{K_{зан}^j - K_{зан}^0}{h}, j = \overline{1, n}, G = \sqrt{\sum_{j=1}^n (G_0^j)^2}.$$

Шаг 3. Определение значения рабочего шага. Для вычисления рабочего шага определяется коэффициент α по формуле: $\alpha = 0.0005/G$, где коэффициент 0.0005 – максимальная величина рабочего шага. Рабочий шаг по каждой координате находят по формуле: $\Delta_0^j = \alpha \cdot G_0^j$.

Шаг 4. Определение новых центров настройки:
 $m_{yj} = m_{yj} - \Delta_0^j, j = \overline{1, n}$

Шаг 5. Проверка условия окончания поиска. Вычисляется значение $\mu = \alpha \cdot \sqrt{G}$:

а) если $\mu > h$, то положить $k=k+1, M^{(k)} = M^{(k-1)}$, перейти к шагу 2.

б) иначе, завершить поиск и считать $M^* = M^{(k)}$.

3. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МИНИМИЗАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПУСКА ИЗДЕЛИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Задача определения оптимальных центров настройки ТП при производстве гибридных интегральных схем решена в среде Mathcad.

Формирование номенклатуры ИС производится путем их классификации по удельному поверхностному сопротивлению резистивной пленки - ρ . Рассматриваются два центра настройки ТП. Начальные координаты центров $M^0 = (m_{y1}, m_{y2}) = (406, 417)$. Классификационный параметр распределен в соответствии с нормальным законом распределения со средним квадратическим

отклонением $\sigma = 5$. Границы номенклатурных групп представлены в соответствии с (1.3) вектором $G = (g_1, g_2, \dots, g_i, g_{i+1}, \dots, g_m, g_{m+1})$: (400, 405, 410, 415, 420). План выпуска изделий в номенклатурных группах задан и равен $Q^T = (35, 79, 17, 87)$. Для использования вычислительных средств среды Mathcad введены следующие обозначения:

- среднее квадратическое отклонение $\sigma = S$;

- центры настройки ТП $m_{y1} = m1, m_{y2} = m2$;

- границы номенклатурных групп: 1-я группа $g_1 = g11, g_2 = g12$; 2-я группа $g_2 = g12, g_3 = g13$; 3-я группа $g_3 = g13, g_4 = g14$; 4-я группа $g_4 = g14, g_5 = g15$.

Матрица вероятностей (1.5) в соответствии с выражением (1.4) формируется при центрах настройки технологического процесса, определенных в результате решения задачи минимизации объема запуска изделий: $m1=403, m2=413$.

Вычисление вероятностей выхода изделий в номенклатурные группы при различных центрах настройки: для 1-й группы с границами (g11 g12):

$$P11 := \frac{\int_{g11}^{g12} \frac{-0.5 \frac{(x-m1)^2}{1 \cdot s^2}}{e} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \quad P12 := \frac{\int_{g11}^{g12} \frac{-0.5 \frac{(x-m2)^2}{1 \cdot s^2}}{e} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}$$

для 2-й группы с границами (g12, g13):

$$P21 := \frac{\int_{g12}^{g13} \frac{-0.5 \frac{(x-m1)^2}{1 \cdot s^2}}{e} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \quad P22 := \frac{\int_{g12}^{g13} \frac{-0.5 \frac{(x-m2)^2}{1 \cdot s^2}}{e} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}$$

для 3-й группы с границами (g13, g14):

$$P31 := \frac{\int_{g13}^{g14} \frac{-0.5 \frac{(x-m1)^2}{1 \cdot s^2}}{e} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \quad P32 := \frac{\int_{g13}^{g14} \frac{-0.5 \frac{(x-m2)^2}{1 \cdot s^2}}{e} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}$$

для 4-й группы с границами (g14, g15):



$$P41 := \frac{\int_{g14}^{g15} e^{-0.5 \frac{(x-m1)^2}{1 \cdot s^2}} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}$$

$$P42 := \frac{\int_{g14}^{g15} e^{-0.5 \frac{(x-m2)^2}{1 \cdot s^2}} dx}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}$$

При постановке задачи линейного программирования используются следующие обозначения: неизвестные $P_1 N = x_0$, $P_2 N = x_1$; коэффициент запуска $f(x)$, минимальное значение коэффициента запуска FMIN и, соответственно выпуск изделий при первом втором центрах настройки ТП FMIN₀ и FMIN₁.

Ниже приведен способ решения задачи линейного программирования в среде Mathcad.

$$f(x) := x_0 + x_1$$

$$P = \begin{pmatrix} 0.38 & 0.05 \\ 0.26 & 0.22 \\ 0.07 & 0.38 \\ 7.86 \times 10^{-3} & 0.26 \end{pmatrix} \quad Q := \begin{pmatrix} 35 \\ 79 \\ 17 \\ 87 \end{pmatrix}$$

$$x_1 := 0$$

Given

$$P \cdot x \geq Q$$

$$x \geq 0$$

$$FMIN := \text{Minimize}(f, x)$$

$$FMIN = \begin{pmatrix} 48.64 \\ 328.32 \end{pmatrix}$$

Используя результаты решения задачи линейного программирования можно вычислить следующие величины:

- объем запуска изделий N :

$$N := FMIN_0 + FMIN_1$$

$$N = 376.9$$

- коэффициент запуска k и интенсивности использования центров настройки технологического процесса p_1, p_2 :

$$p1 := \frac{FMIN_0}{N} \quad p2 := \frac{FMIN_1}{N} \quad k := \frac{N}{Q_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

$$k = 1.73 \quad p1 = 0.13 \quad p2 = 0.87$$

Функции распределения удельного поверхностного сопротивления при оптимальных центрах настройки приведены на рисунке 3.

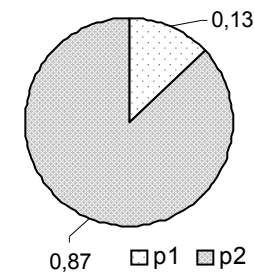
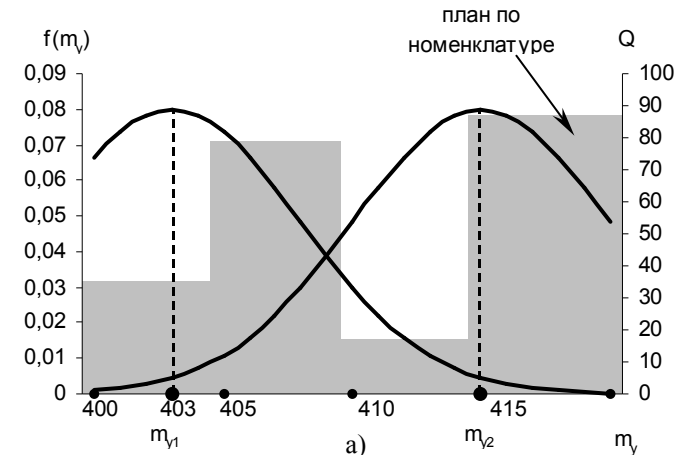


Рисунок 3.1 – Результат решения задачи определения оптимальных центров настройки ТП: а) функции плотности распределения классификационного параметра; б) диаграмма интенсивностей использования центров настройки ТП.



4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Определить оптимальные центры настройки технологического процесса при производстве гибридных интегральных схем. Формирование номенклатуры ИС производится путем их классификации по удельному поверхностному сопротивлению резистивной пленки - ρ .

Статистический анализ параметров техпроцесса показал, что распределение значений удельного поверхностного сопротивления является нормальным с параметрами m_ρ и σ , значения σ приведены в таблице в Приложении А.

Значения удельного поверхностного сопротивления согласно ТУ могут изменяться в пределах (400, 420) Ом/кв.

В плане выпуска изделий выделяют четыре номенклатурные группы $m=4$ с границами $G = (g_1, g_2, g_3, g_4, g_5)$, причем $g_1=400$ Ом/кв., $g_2=420$ Ом/кв., а значения g_2, g_3, g_4 приведены в таблице Приложения А. Объемы выпуска изделий в номенклатурные группы $q_i, i=1,4$ приведены в таблице в Приложении А.

Определить объем запуска изделий при условии использования двух центров настройки технологического процесса $n=2$. Начальные координаты центров настройки выбираются произвольно в пределах (400, 420) Ом/кв.

Для нечетных вариантов поиск оптимальных центров настройки техпроцесса осуществлять методами прямого поиска, для четных – градиентным методом.

Представить в таблице последовательность полученных при реализации поисковых алгоритмов координат центров настройки ТП и соответствующие им значения коэффициентов запуска изделий в производство. Пример таблицы приведен ниже (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты поиска оптимальных центров настройки ТП

Номер итерации	0	1	...	n
Значения координат центров настройки ТП	$M^{(0)}$	$M^{(1)}$	...	$M^* = M^{(n)}$
Значение коэффициента запуска	$K_{зап}^{(0)}$	$K_{зап}^{(1)}$	...	$K_{зап}^* = K_{зап}^{(n)}$

Графически представить диаграмму плана выпуска и положение центров настройки ТП.

Выполнить индивидуальное задание, определенное преподавателем.

Вариант задания выбирается по номеру зачетной книжки. Номер варианта равен остатку от деления двух последних цифр номера зачетной книжки на 30. Если остаток от деления равен нулю, то выбирается вариант 30.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- постановка задачи;
- последовательность выполнения вычислений;
- результаты вычислений;
- анализ результатов и выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов О.В., Здор В.В. Параметрическая коррекция систем управления / О.В. Абрамов, Ф.И. Бернацкий, В.В. Здор. – М.: Энергоиздат, 1982. – 176 с.
2. Балакирева И.А. Оптимизация режима настройки технологического процесса при управлении многономенклатурным производством изделий микроэлектроники производства / И.А. Балакирева, Л.А. Литвинова, А.В. Скатков // Оптимизация производств. процессов: Сб. науч. тр.- Севастополь, 2004.- Вып.7.- с. 123-129.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1973. – 368 с.
4. Глудкин О.П. Статистические методы в технологии производства радиоэлектронной аппаратуры / О.П. Глудкин; Под ред. В.Н. Черняева. – М.: Энергия, 1977.- 296 с.
5. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Сборник задач 2-е изд. перераб. и доп. / Ю.П. Зайченко, С.А. Шумилова. - К.: Вища школа, 1990.- 239с.
6. Хэмди А. Таха Введение в исследование операций, 6-е издание.: Пер. с англ./ Таха Хэмди А. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
7. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие/ А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – М.:Высш. шк., 2002.- 544 с.



№ варианта	σ	g_2	g_3	g_4	q_1	q_2	q_3	q_4
1	5	403	408	416	28	89	65	87
2	6	404	411	417	13	97	43	26
3	7	405	409	414	30	29	43	65
4	8	406	412	416	71	71	28	35
5	5	407	413	417	95	74	62	60
6	6	403	409	417	19	28	15	41
7	7	404	411	414	10	91	46	96
8	8	405	409	416	76	38	30	92
9	5	406	412	417	5	33	28	8
10	6	407	413	416	39	27	52	89
11	7	403	413	416	4	43	13	37
12	8	404	409	417	73	13	28	58
13	5	405	411	414	85	40	25	24
14	6	406	409	416	81	60	84	51
15	7	407	408	417	84	90	90	65
16	8	403	411	417	62	98	7	85
17	5	404	409	414	28	55	53	9
18	6	405	412	416	62	97	16	29
19	7	406	411	417	89	83	40	69
20	8	407	409	414	13	13	63	21
21	5	403	411	416	73	20	96	5
22	6	404	413	417	97	38	35	34
23	7	405	413	416	10	89	7	76
24	8	406	409	416	32	11	78	33
25	5	407	411	417	91	50	27	78
26	6	403	409	414	81	99	13	54
27	7	404	408	416	45	44	66	88
28	8	405	411	414	45	74	3	52
29	5	406	409	416	89	41	58	91
30	6	407	413	417	11	84	13	69

