

# Інформаційні технології

УДК 65.018

И.А. Басюк

*Национальный авиационный университет, Киев*

## ОБОБЩЁННАЯ СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР

*Представлен вариант построения обобщенной информационной технологии процесса синтеза диэлектрических структур. Предложенная информационная технология позволяет моделировать и осуществлять синтез структур по пространственно-частотным характеристикам.*

**Ключевые слова:** диэлектрическая структура, модель, синтез.

### Введение

В современном промышленном производстве при изготовлении элементов и дискретных компонентов радиоэлектронных устройств, наряду с другими, широкое применение нашли порошковые технологии (трафаретная печать, электрофоретическое осаждение), позволяющие получать диэлектрические покрытия с широким диапазоном параметров при неограниченной номенклатуре материалов. Анализ современных методов повышения эффективности функционирования предприятий с различной серийностью выпускаемой продукции показал, что решение проблемы совершенствования показателей качества производимой продукции и технологических процессов должно осуществляться с использованием последних достижений менеджмента качества, удовлетворяющих требованиям международных стандартов ИСО серии 9000 [1, 2].

### Результаты исследований

**Теоретические аспекты управления процессом синтеза диэлектрических структур.** В качестве метода управления процессом синтеза диэлектрических покрытий был выбран рекомендуемый стандартом ИСО 9001:2000 цикл Деминга - Шухарта PDCA (Plan-Do-Check-Act), включающий в себя функции планирования, организации процесса, контроля его выполнения и регулирования.

Практическая реализация процессного подхода при получении диэлектрических покрытий при производстве элементов радиотехнических устройств предполагает распределение управленческих задач по трем уровням (рис. 1).

*Высший управленческий персонал* - главный технолог и главный конструктор предприятия являются владельцами процесса получения диэлектрических покрытий и принимают долгосрочные стратегические решения, а также отслеживают

выполнение решений с точки зрения деятельности предприятия.

*Средний уровень* - начальник технического бюро отдела главного технолога является руководителем процесса и реализует принятые на высшем уровне решения путем текущего планирования и проведения процесса получения диэлектрических покрытий с целью достижения запланированных результатов.

*Низший уровень управления* - мастера участков и технолог отвечают за текущее состояние процесса получения диэлектрических покрытий.

Максимальная результативность и эффективность работы управленцев каждого уровня зависит от совокупности информации (в электронном виде, в форме бумажных документов, а также в виде опыта и знаний сотрудников), сопутствующей процессу получения диэлектрических покрытий.

Решение управленческих задач на каждом уровне процесса получения диэлектрических покрытий невозможно без их детального описания и последующего анализа. Описание процесса и каждой из входящих в него работ (деятельности, подпроцесса, процесса второго и последующих уровней или функций) должно происходить с применением особых методик и приемов графического изображения процессов, позволяющих исключить многие ошибки на стадии проектирования.

**Структурно-функциональная модель процесса синтеза диэлектрических структур.** Для решения задачи совершенствования процесса получения композиционных диэлектрических покрытий был выполнен их структурно-функциональный анализ. В качестве лингвистического обеспечения решения данной задачи был использован пакет Международных стандартов моделирования IDEF (Integrated Computer-Aided Manufacturing Definition), позволяющий проанализировать процессы с ключевых точек зрения.

Наибольшее распространение среди аналитиков на этапе концептуального анализа получила методология структурно-функционального моделирования IDEF0 [2], использование которой дает возможность уменьшения дорогостоящих ошибок за счет структуризации процесса на ранних этапах создания интеллектуальной системы, улучшения контактов между пользователями и разработчиками и сглаживания переходов от анализа к проектированию.

Исходя из положений IDEF-моделирования, сложная задача процесса получения диэлектрических покрытий при изготовлении элементов различных устройств была разбита на ряд простых задач, решение которых позволило наиболее эффективно справиться с исходной проблемой.

Диаграмма A0, находящаяся на вершине модели, обобщает весь рассматриваемый процесс. Диаграмма A0 следующего уровня представляет важнейшие подпроцессы с их взаимосвязями, а диаграммы A1, A3, A4 нижнего уровня представляют детализированные функции и так далее до необходимого уровня конкретизации. Фрагмент разработанной структурно-функциональной модели процесса представлен на рис. 2.

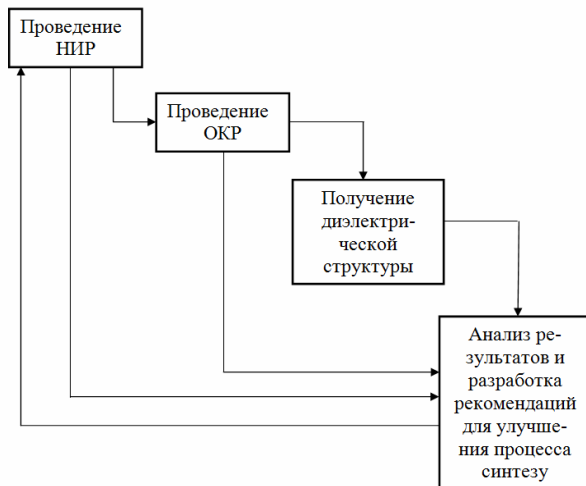


Рис. 2. Фрагмент структурно-функциональной модели процесса получения диэлектрических покрытий

На основе структурно-функциональной модели было проведено построение дерева узлов процесса получения диэлектрических покрытий, которое представляет собой графовую структуру (рис. 3), являющуюся дискретным множеством взаимосвязанных компонентов, где вершины имеют следующий смысл:

A0 – наносить диэлектрические структуры на поверхности приёмо-передающих антенн;

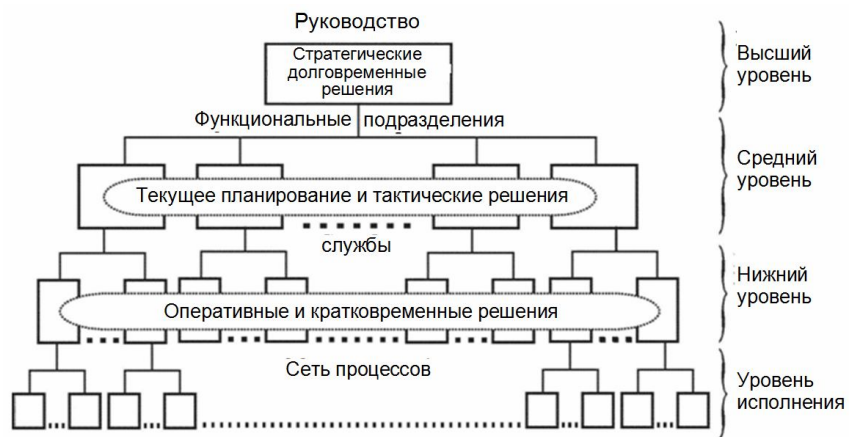


Рис. 1. Иерархическое представление управления сетью процессов в организации синтеза диэлектрических структур

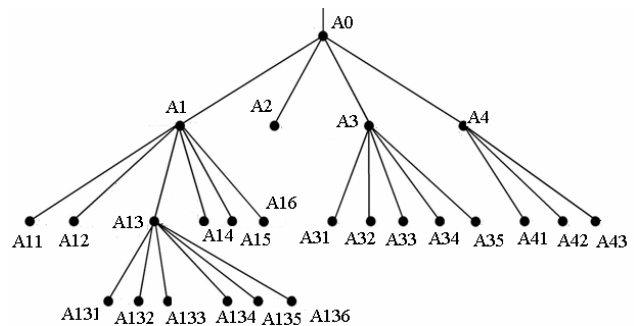


Рис. 3. Дерево узлов процесса синтеза диэлектрических покрытий

- A1 – проводить НИР;
- A2 – проводить ОКР;
- A3 – получить диэлектрическую структуру (ДС) с заданными электрическими характеристиками;
- A4 – анализировать результаты процесса синтеза структур;
- A11 – изучить теорию ДС;
- A12 – разработка ТЗ (техническое задание) на проведение НИР(научно-исследовательская работа);
- A13 – проведение экспериментальных исследований по определению качества ДС;
- A14 – обобщение результатов НИР;
- A15 – сдать НИР заказчику;
- A16 – разработать корректирующие действия;
- A131 – разработать рабочие гипотезы исследования и модели ДС (разработка требуемых производственных соотношений ДС);
- A132 – разработать методику экспериментальных исследований;
- A133 – подготовить оборудование для проведения экспериментальных исследований (контрольно-измерительная аппаратура, генераторы и т.д.);
- A134 – обработать результаты эксперимента;
- A135 – составить отчёт;
- A136 – разработать корректирующие действия;
- A31 – проведение подготовительной стадии;
- A32 – формировать покрытие;
- A33 – вжигать покрытие;
- A34 – анализировать параметры качества ДС;

- A35 – разработать корректирующие действия;
- A41 – определить критерии синтеза;
- A42 – проводить мониторинг всего технологического процесса и оценку результативности;
- A43 – разрабатывать мероприятия по повышению результативности.

**Построение обобщенной математической модели информационного процесса синтеза структур.** В соответствии с рекомендациями, приведенными в [2], дополним вершины дерева узлов процесса наборами их признаков  $\Pi_i$ . При этом каждый из признаков последующих уровней конкретизирует признак более высокого уровня. Вершинами последнего уровня являются базовые элементы структуры, дальнейшее расчленение которых нецелесообразно для данной задачи. Наборы характеристик  $\Pi_i$  являются множествами достаточной мощности, включающими в себя совокупности системных характеристик. При этом каждый из признаков последующих уровней конкретизирует признак более высокого уровня. Вершинами последнего уровня являются базовые элементы структуры, дальнейшее расчленение которых нецелесообразно для данной задачи. Наборы характеристик  $\Pi_i$  включают в себя следующие совокупности системных характеристик:

$$\langle N_j^i, F_j^i, S_j^i, I_j^i \rangle,$$

где  $N_j^i, F_j^i, S_j^i, I_j^i$  - показатели связей, функций, структуры и истории функционирования  $j$ -го объекта  $i$ -го уровня с внешней средой соответственно.

Совокупность характеристик на каждом уровне представляет собой ориентированные графы, вершинами которых являются соответствующие характеристики, а ребрами – взаимосвязи между ними. Характер связей с внешней средой вершины каждого уровня дерева процесса получения диэлектрических покрытий отображает мультиграф  $H_{jm}^i(N_{jm}^i, h_{j,m}^i)$ .

Множеству его вершин соответствует  $N_{jm}^i$ , рассматриваемое как взаимодействие вершины с внешней средой ( $m$  – количество взаимодействий), а множеством дуг  $h_{j,m}^i$  – отношения (связи) между вершинами мультиграфа ( $n$  – количество связей). При этом связи между элементами нижнего уровня могут породить элементы на более высоком уровне - элементы, обладающие функциональными связями. Главной частью связей каждой вершины графовой структуры с внешней средой являются входные и выходные параметры. В общем случае входные параметры могут быть разбиты на три группы. К 1-й группе отнесем управляемые параметры, которые можно измерять и целенаправленно изменять. Обозначим их через  $x_{j1}^i, x_{j2}^i, \dots, x_{ji}^i$ . Соответственно вектор

$$X_j^i = (x_{j1}^i, x_{j2}^i, \dots, x_{ji}^i)$$

назовем вектором управляемых факторов. Ко 2-й группе относятся контролируемые, но не управляемые параметры, которые образуют вектор

$$D_j^i = (d_{j1}^i, d_{j2}^i, \dots, d_{jk}^i).$$

В 3-ю группу входят неконтролируемые и неуправляемые факторы, образующие вектор

$$W_j^i = (w_{j1}^i, w_{j2}^i, \dots, w_{jp}^i).$$

Множество выходных параметров обозначим как вектор отклика  $Y_j^i = (y_{j1}^i, y_{j2}^i, \dots, y_{jq}^i)$ , который является функцией от входных параметров и некоторого управляющего воздействия  $G_j^i = (g_{j1}^i, g_{j2}^i, \dots, g_{js}^i)$ :

$$Y_j^i = f_j^i(X_j^i, D_j^i, W_j^i, G_j^i).$$

В свою очередь, деятельность каждого объекта графовой структуры зависит от каждой элементарной функции, характеризующей данный объект, что позволяет представить показатель функции объекта:

$$F_j^i = \Phi_j^i(f_{j1}^i, f_{j2}^i, \dots, f_{jb}^i).$$

При определении структурной характеристики объекта принято различать функциональные, временные и пространственные структуры. Наиболее простым и удобным аппаратом для построения математической модели структуры является теория графов. Функциональная структура каждого подпроцесса, являющегося вершиной графа, показывает упорядоченную последовательность преобразования начального состояния объекта  $A_0$  в конечное  $A_k$ , то есть представляет собой граф  $S_{\Phi_j^i}(A_j^i, \Phi_j^i)$ , где  $A_j^i$  - вершины графа, отражающие параметры объекта и информацию о состоянии объекта после соответствующего изменения,  $\Phi_j^i$  - связи, соответствующие операции изменения объекта.

Временная структура объекта задает точный порядок выполнения всех функций при помощи трех временных отношений: последовательного, параллельного и сдвинутого во времени. Временная структура определяет длительность этапов процесса получения диэлектрических покрытий и образует собою граф  $S_{B_j^i}(F_j^i, \tau_j^i)$ , где  $F_j^i$  - вершины, отображающие функции системы, а  $\tau_j^i$  - связи, характеризующие временные отношения.

Множество вышерассмотренных признаков описывают состояние процесса получения диэлектрических покрытий на момент начала функционирования. В случае, когда возникает необходимость выбора функционального модуля (бывшего в эксплуатации) из имеющегося множества на данном предприятии, то необходимой характеристикой в данном случае будет история данного модуля. В соответствии с рекомендациями [2, 3] модель истории системы в общем виде можно записать:

$$A_j^i = \Psi_j^i(a_j^i, \eta_j^i, \kappa_j^i, p_j^i, u_j^i, \beta_j^i),$$

где  $a_j^i$  - начальное состояние функционального модуля;  $\eta_j^i$  - изменения, возникающие при выполнении технологического процесса;  $\kappa_j^i$  - корректирующие мероприятия для  $j$ -го объекта  $i$ -го уровня;  $p_j^i$  - предупреждающие мероприятия  $j$ -го объекта  $i$ -го уровня;  $u_j^i$  - действия, направленные на постоянное улучшение  $j$ -го объекта  $i$ -го уровня;  $\beta_j^i$  - состояние функционального модуля после преобразований.

Обобщенная математическая модель процесса получения диэлектрических покрытий представляет

собой совокупность частных математических моделей, рассмотренных выше:

$$M = \left\{ \langle H_i, F_i, S_i, I_i \rangle \mid i = \overline{1, 136} \right\},$$

где с индексом 0 приводятся системные характеристики объекта высшего уровня; индекс  $i$  изменяется

от 1 до 4 и характеризует номер подпроцессов первого уровня; индекс  $j$  характеризует номера подпроцессов последующих подуровней подуровня. Дополнив вершины дерева (рис. 4) множествами  $\Pi_i$  их характеристик, получим дерево технического решения процесса получения диэлектрических покрытий.

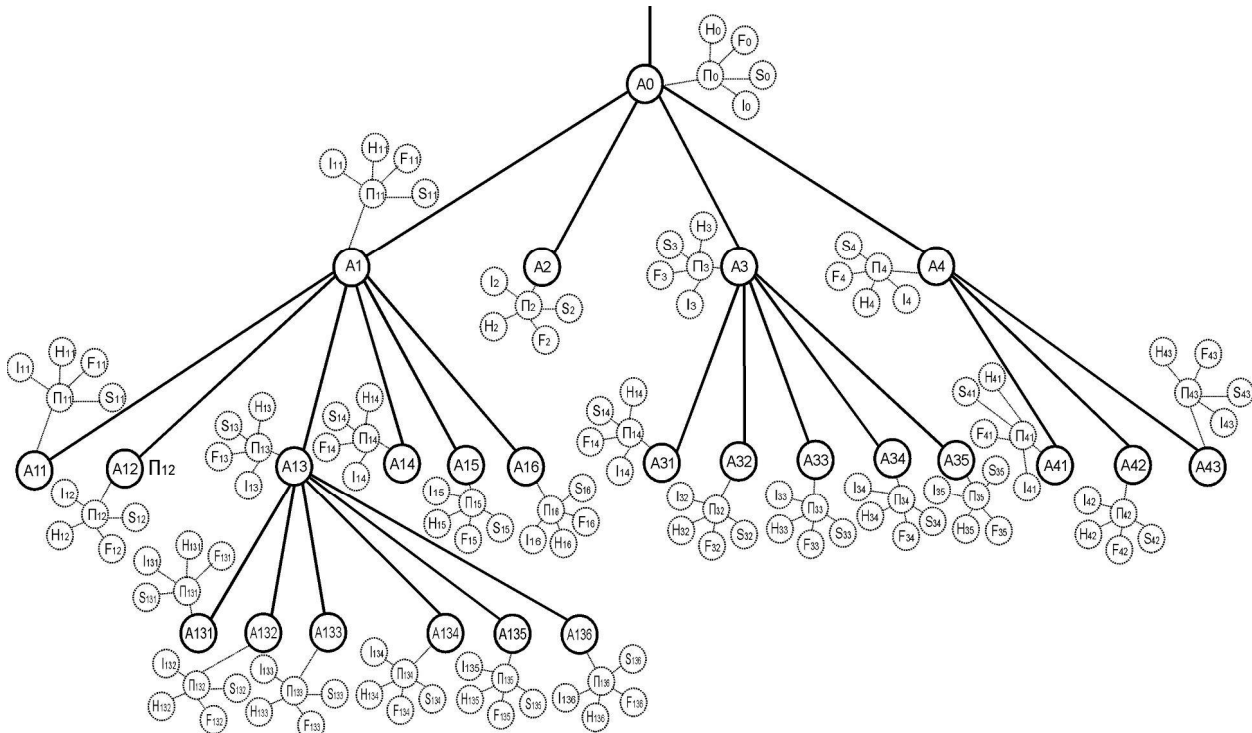


Рис. 4. Дерево технического решения процесса синтеза диэлектрических структур

## Заключение

Разработанная структурно-функциональная модель процесса получения диэлектрических покрытий при изготовлении элементов РЭУ позволила выявить ключевые этапы процесса и послужила базой для построения варианта обобщенной математической модели с учетом показателей структуры, функций, связей с внешней средой и истории функционирования для каждого этапа. Установление функциональных связей между компонентами всех уровней и подуровней позволяет по исходным данным синтезировать частное техническое решение и прогнозировать конечные результаты процесса. Использование подобного подхода может послужить основой для

создания автоматизированной системы контроля и управления качеством процесса.

## Список литературы

1. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. - М.: Изд-во стандартов. - 2001. - 45 с.
2. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. - М.: Изд-во стандартов. - 2000. - 49 с.
3. Горбатов В.А. Дискретная математика. - М.: АСТ: Астрель, 2006. - 447 с.

Надійшла до редколегії 23.10.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. К.С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## УЗАГАЛЬНЕНО СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ СТРУКТУР

І.А. Басюк

*Представлений варіант побудови узагальненої інформаційної технології процесу синтезу діелектричних структур. Запропонована інформаційна технологія дозволяє моделювати і здійснювати синтез структур по просторово-частотним характеристикам.*

**Ключові слова:** діелектрична структура, модель, синтез.

## GENERALIZED STRUCTURE OF INFORMATION TECHNOLOGY OF DIELECTRIC STRUCTURES SYNTHESIS PROCESS

I.A. Basyuk

*A variant of constructing a generalized information technology for the process of synthesis of dielectric structures is presented. The proposed information technology makes it possible to model and carry out the synthesis of structures by spatial-frequency characteristics.*

**Keywords:** dielectric structure, model, synthesis.