

УДК 681.32

С.С. ПЛОХОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ МНОГОУРОВНЕВЫХ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТНОГО ПОДХОДА**

Предложен метод структурного анализа распределенных информационных систем, основанный на компонентном представлении программно-аппаратных модулей состава и типовых архитектурных решениях. Осуществляется перечисление возможных вариантов архитектур с учетом многоуровневости типов компонент.

компонентный подход, структурный анализ, распределенная информационная система, перечисление вариантов структур

Введение

Эффективное функционирование распределенных технологических комплексов (машиностроительные объединения, нефтегазодобывающие комплексы, транспорт и т.д.) зависит от степени и уровня информатизации и автоматизации основных и вспомогательных технологических процессов.

Промышленное создание многоуровневых распределенных информационных систем (МРИС) требует привлечения современных технологических подходов, к которым относится компонентный подход [1]. Унификация компонент с активным использованием положительного опыта прошлых разработок позволяет успешно, с минимальным риском, реализовать проекты создания МРИС в заданные директивные сроки и с требуемым качеством. Однако, учитывая множественность архитектурных решений, возникает актуальная задача структурного анализа МРИС, которая с учетом компонентных модулей состава приобретает комбинаторный характер и требует для своей реализации привлечения методов теории перечисления [2].

Постановка задачи. Реализуемость проектов МРИС в сильной мере зависит от выбора типов

компонент и принятой архитектуры системы. Что касается типов компонент, то в настоящее время большое внимание уделяется так называемым компонентам повторного использования (КПИ). В них аккумулирован опыт прошлых разработок, и они обладают минимальным риском при использовании в проектах создания МРИС [3]. Однако появление новых задач и функций МРИС требует создания новых компонент, которые не относятся к категории КПИ. В работе [3] сделана попытка разбить компоненты МРИС на три составляющие: «белые» (КПИ), «черные» (абсолютно новые компоненты) и «серые», которые частично содержат опыт прошлых разработок, но нуждаются во включении новых элементов. Обеспечение качества и конкурентоспособности проекта МРИС зависит от степени включения в архитектуру трех вышеперечисленных типов компонент. Кроме того, существует множество архитектурных решений МРИС в виде принятых топологических представлений (магистральная структура, сеть, кольцо и т.д.). Отсюда следует, что оценку реализуемости проектов МРИС необходимо осуществлять на основе структурного анализа, в котором учитывается как множество архитектур, так и типов используемых компонент.

Решение задачи

При разработке архитектуры МРИС большое внимание уделяется выбору системы коммуникационных связей между отдельными компонентами (модулями). От нее зависят основные характеристики МРИС, такие как пропускная способность, производительность, надежность и т.д. Выбор того или иного типа топологии определяется назначением МРИС, характером функционирования во внутренней и внешней среде. Выбрав определенную конфигурацию коммуникаций, осуществляется расстановка компонент (модулей) и конкретизируется архитектура МРИС.

В данной работе получены комбинаторные зависимости для расчета множества вариантов расстановки модулей в заданной топологии архитектуры МРИС. Рассматриваются многоуровневые модели, оценивается влияние отдельных уровней на разнообразие вариантов МРИС.

Очевидно, что множество вариантов МРИС будет зависеть как от топологии архитектуры, так и от характеристик исходного набора компонент.

Представим двухуровневую структуру МРИС в виде сложного графа, который назовем графом архитектуры МРИС. На верхнем уровне детализации каждая вершина графа архитектуры МРИС представляет отдельную систему, которая связана с другими с помощью коммуникационных связей. Внутри отдельной системы находится подграф второго (нижнего) уровня детализации. Этот подграф характеризует структуру внутренних связей между отдельными модулями системы. Таким образом, нижний уровень детализации архитектуры МРИС состоит из объединения подграфов, расставленных по вершинам верхнего уровня.

Введем обозначения:

$G^{1,2}$ – граф архитектуры МРИС;

G^1 – граф верхнего уровня детализации структуры;

G^2 – граф нижнего уровня детализации:

$$G^2 = \bigcup_{j_2} G^2_{j_2},$$

где $G^2_{j_2}$ – подграф нижнего уровня детализации структуры МРИС, $j_2 = \overline{1, r_2}$;

B^2 – множество исходных компонент (модулей) нижнего уровня детализации МРИС, $n_2 = |B^2|$.

Для получения вариантов двухуровневой архитектуры МРИС воспользуемся основными теоремами теории перечисления [2], поэтому отобразим множество вершин графа G^2 в множество B^2 :

$$K^2 = \left[Z \left(\Gamma(G^2); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \right. \\ \left. Z \left(H_{B^2}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}, \quad (1)$$

при условии $n^2 < n_2$. Здесь n^2 – число вершин графа G^2 :

$$n^2 = \sum_{j_2=1}^{r_2} n_{j_2},$$

где n_{j_2} – число вершин подграфа $G^2_{j_2}$; $\Gamma(G)$ – группа подстановок вершин графа G , $Z(H)$ – цикловой индекс группы подстановок H , z – вспомогательная переменная.

Учитывая наличие типов структур внутренней связи, получим:

$$\Gamma(G^2) = \\ = S_{p_1^2} \left[\Gamma(G_1^2) \right] + S_{p_2^2} \left[\Gamma(G_2^2) \right] + \dots + S_{p_{l_2}^2} \left[\Gamma(G_{l_2}^2) \right], \quad (2)$$

где $p_{\mu_2}^2$ – число подграфов μ_2 -го типа 2-го уровня детализации структуры

$$\sum_{\mu_2=1}^{l_2} p_{\mu_2}^2 = r_2,$$

где $S[\Gamma(G)]$ – композиция группы S (симметрическая группа) и группы графа $\Gamma(G)$.

Множество B^2 также состоит из типов модулей 2-го уровня детализации:

$$B^2 = \bigcup_{\sigma_2} \rho_{\sigma_2}^2 B_{\sigma_2}^2,$$

где $\rho_{\sigma_2}^2$ – число модулей σ_2 -го типа 2-го уровня детализации,

$$\sum_{\sigma_2=1}^{l_2} \rho_{\sigma_2}^2 = n_2.$$

Поэтому

$$H_{B_2} = S_{\rho_1} + S_{\rho_2} + \dots + S_{\rho_{l_2}^2},$$

где S_{ρ_i} – симметрическая группа, ρ_i – количество компонент i -го типа.

Тогда:

$$K^2 = \left[Z \left(S_{\rho_1^2} \left[\Gamma(G_1^2) \right] + S_{\rho_2^2} \left[\Gamma(G_2^2) \right] + \dots + S_{\rho_{l_2}^2} \left[\Gamma(G_{l_2}^2) \right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right); \right. \\ \left. Z \left(S_{\rho_1^2} + S_{\rho_2^2} + \dots + S_{\rho_{l_2}^2}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}. \quad (3)$$

Если $n^2 = n_2$, то:

$$\widehat{K}^2 = \left[Z \left(S_{\rho_1^2} \left[\Gamma(G_1^2) \right] + S_{\rho_2^2} \left[\Gamma(G_2^2) \right] + \dots + S_{\rho_{l_2}^2} \left[\Gamma(G_{l_2}^2) \right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right); \right. \\ \left. Z \left(S_{\rho_1^2} + S_{\rho_2^2} + \dots + S_{\rho_{l_2}^2}; Z_1, 2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}. \quad (4)$$

Построив все K^2 вариантов для 2-го уровня детализации структуры МРИС, получим множество вариантов T^2 .

Каждый из вариантов $t_{b^2} \in T^2$ представляет помеченный граф G^2 , где в качестве меток используем номера типов моделей 2-го уровня детализации МРИС.

Обозначим множество помеченных подграфов графа G^2 , для варианта t_{b^2} через M_{b^2} .

В общем случае M_{b^2} состоит из типов:

$$M_{b^2} = \bigcup_{\mu_{b^2}} p_{\mu_{b^2}}^2 M_{\mu_{b^2}}; H_{M_{b^2}} = \\ = S_{p_{1,b^2}^2} + S_{p_{2,b^2}^2} + \dots + S_{p_{l,b^2}^2},$$

где $p_{\mu_{b^2}}^2$ – число элементов μ_{b^2} -го типа множества M_{b^2} .

Тип элементов M_{b^2} зависит от типов элементов множества B^2 , так и от типов структур подграфов графа G^2 .

В случае однотипности элементов B^2 типы элементов M_{b^2} зависят только от типов структур графа G^2 . И наоборот, если изоморфны подграфы графа G^2 , то типы M_{b^2} зависят только от типов исходных компонент (модулей).

Отобразим множество вершин графа G^1 в множество помеченных подграфов $M_{b^2}, t_{b^2} \in T^2$. Тогда число вариантов двухуровневой детализации архитектуры МРИС при условии, что фиксируется вариант t_{b^2} :

$$K_{b^2}^{1,2} = \left[Z \left(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \right. \\ \left. Z \left(H_{M_{b^2}}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} = \\ = \left[Z \left(\Gamma(G_1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) Z \left(S_{p_{1,b^2}^2} + S_{p_{2,b^2}^2} + \dots + S_{p_{l,b^2}^2}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}, \quad (5)$$

где $n^1 < r_2$.

Общее число вариантов двухуровневой детализации архитектуры МРИС:

$$K^{1,2} = \sum_{b^2=1}^{K^2} K_{b^2}^{1,2}.$$

Если $n^1 = r_2$, то

$$\widehat{K}_{b^2}^{1,2} = \left[Z(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) Z(S_{p_{1,b^2}}^{p_2} + S_{p_{2,b^2}}^{p_2} + \dots + S_{p_{l_{b^2}}^{p_2}}^{p_2}; Z_1, 2Z_2, \dots) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}, \quad (6)$$

В случае многоуровневой детализации архитектуры МРИС необходимо последовательно отображать множество вершин графа G^{i-1} верхнего уровня в множество M_{B^i} помеченных графов графа G^i соседнего нижнего уровня, начиная с самого нижнего, Q -го уровня детализации, $i = \overline{1, Q}$.

Пусть B^Q – множество компонент (модулей) самого нижнего Q -го уровня детализации МРИС.

Осуществим отображение множества вершин графа G^Q в множество элементов компонентного состава B^Q :

$$K^Q = \left[Z\left(\Gamma(G^Q); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots\right) Z\left(H_{B^Q}; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots\right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} = \left[Z\left(S_{p_{1^Q}}^{p_{1^Q}} \left[\Gamma(G_{1^Q}^Q)\right] + \dots + S_{p_{l^Q}^Q}^{p_{l^Q}^Q} \left[\Gamma(G_{l^Q}^Q)\right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots\right) Z\left(S_{p_{1^Q}^Q}^Q + \dots + S_{p_{l^Q}^Q}^Q; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots\right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0},$$

при условии $n^Q = n_Q$.

Здесь $P_{\mu_Q}^Q$ – число подграфов μ_Q -го типа Q -го уровня детализации архитектуры МРИС:

$$\sum_{\mu_Q}^{l_Q} P_{\mu_Q}^Q = r_Q,$$

где r_Q – общее число подграфов Q -го уровня;

ρ_{σ_Q} – число элементов σ_Q -го типа Q -го уровня детализации состава:

$$\sum_{\sigma_Q}^{l_Q} \rho_{\sigma_Q} = n_Q, n_Q = |B^Q|;$$

n_Q – число вершин графа $G^Q, G^Q = \bigcup_{\mu_Q} P_{\mu_Q}^Q G_{\mu_Q}^Q$;

$G_{\mu_Q}^Q$ – μ_Q -я компонента графа G^Q , имеющая $P_{\mu_Q}^Q$ копий:

$$\widehat{K}^Q = \left[Z\left(S_{p_{1^Q}^Q}^{p_{1^Q}^Q} \left[\Gamma(G_{1^Q}^Q)\right] + \dots + S_{p_{l^Q}^Q}^{p_{l^Q}^Q} \left[\Gamma(G_{l^Q}^Q)\right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots\right) Z\left(S_{p_{1^Q}^Q}^Q + \dots + S_{p_{l^Q}^Q}^Q; Z_1, 2Z_2, \dots\right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0},$$

при условии $n^Q = n_Q$.

Построим все варианты отображения множества вершин графа G^Q в множество B^Q и в результате получим множество $T^Q = \{t_{B^Q}\}$. Каждый вариант

$t_{B^Q} \in T^Q$ является помеченным графом G^Q , где в качестве меток используются номера типов элементов множества B^Q . Обозначим множество помеченных подграфов графа G^Q для варианта t_{B^Q} через

M_{B^Q} :

$$M_{B^Q} = \bigcup_{\mu_{B^Q}} P_{\mu_{B^Q}}^Q M_{\mu_{B^Q}};$$

$$H_{M_{B^Q}} = S_{p_{1_{B^Q}}^Q}^{p_{1_{B^Q}}^Q} + S_{p_{2_{B^Q}}^Q}^{p_{2_{B^Q}}^Q} + \dots + S_{p_{l_{B^Q}}^Q}^{p_{l_{B^Q}}^Q},$$

где $P_{\mu_{B^Q}}^Q$ – число компонент μ -го типа.

Отобразим множество вершин графа G^{Q-1} в множество помеченных подграфов графа G^Q . Тогда число вариантов двухуровневой детализации архитектуры МРИС при фиксированном $t_{B^Q} \in T^Q$:

$$K_{B^Q}^{Q-1, Q} = \left[Z\left(\Gamma(G^{Q-1}); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots\right) Z\left(H_{M_{B^Q}}; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots\right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} = \left[Z\left(S_{p_{1^Q}^Q}^{p_{1^Q}^Q} \left[\Gamma(G_{1^Q}^{Q-1})\right] + \dots + S_{p_{l^Q}^Q}^{p_{l^Q}^Q} \left[\Gamma(G_{l^Q}^{Q-1})\right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots\right) Z\left(S_{p_{1_{B^Q}}^Q}^{p_{1_{B^Q}}^Q} + \dots + S_{p_{l_{B^Q}}^Q}^{p_{l_{B^Q}}^Q}; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots\right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}$$

при условии $n^{Q-1} < r_Q$.

Число вариантов двухуровневой детализации архитектуры МРИС с учетом всех $t_{B^Q} \in T^Q$:

$$K^{Q-1,Q} = \sum_{B^Q} K_{B^Q}^{Q-1,Q}.$$

По индукции получим для многоуровневой архитектуры МРИС:

$$\begin{aligned} K_{B^2 \dots B^Q}^{1,2, \dots, Q} &= \left[Z \left(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \right. \\ & \left. Z \left(H_{M_{B^2 \dots B^Q}}; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} = \\ &= \left[Z \left(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) Z \left(S_{P_{1B^2 \dots B^Q}}^2 + \dots + \right. \right. \\ & \left. \left. + S_{P_{1B^2 \dots B^Q}}^2; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} \quad (7) \end{aligned}$$

при условии $n^1 < r_2$.

$$\begin{aligned} \hat{K}_{B^2 \dots B^Q}^{1,2, \dots, Q} &= \left[Z \left(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \right. \\ & \left. Z \left(S_{P_{1B^2 \dots B^Q}}^2 + \dots + S_{P_{1B^2 \dots B^Q}}^2; Z_1, 2Z_2, \dots \right) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} \quad (8) \end{aligned}$$

при условии $n^1 = r_2$.

Общее число вариантов многоуровневой детализации архитектуры МРИС:

$$\begin{aligned} K^{1,2, \dots, Q} &= K_1^{1,2, \dots, Q} + K_2^{1,2, \dots, Q} + \dots + K_{K^{2,3, \dots, Q}}^{1,2, \dots, Q} = \\ &= \sum_{B^2 \dots B^Q} K_{B^2 \dots B^Q}^{1,2, \dots, Q}. \quad (9) \end{aligned}$$

Предположим, что многоуровневая архитектура МРИС конкретизируется с помощью задания междууровневых связей, показывающих, какие элементы $(i+1)$ -го уровня вошли в состав элементов i -го уровня, $i = \overline{1, Q}$, т.е. задан граф архитектуры МРИС и необходимо сначала найти его комбинаторно-

групповые свойства, а затем перечислить возможные варианты в зависимости от исходного состава компонент (модулей).

Найдем комбинаторно-групповые свойства архитектуры МРИС с учетом задания отдельных уровней детализации.

Каждая вершина графа архитектуры МРИС $G^{1,2, \dots, Q}$ содержит граф $G^{2,3, \dots, Q}$. В свою очередь каждая вершина $G_{j_2}^{2,3, \dots, Q}$ содержит $G_{j_{3,2}}^{3,4, \dots, Q}$ и т.д.

Заметим, что $G_{j_i}^{i,i+1, \dots, Q}$ и $G_{K_i}^{i,i+1, \dots, Q}$ изоморфны, если изоморфны составляющие на нижних уровнях детализации по всем уровням $p = i+1, i+2, \dots, Q$.

Рассмотрим следующие случаи.

1. Однотипная архитектура МРИС. В этом случае структура внутренних связей на i -м уровне детализации описывается изоморфными подграфами $G_{j_i}^{i,i+1, \dots, Q}$, причем это выполняется для всех $i = \overline{2, Q}$:

$$G_{j_i}^{i,i+1, \dots, Q} = G_{2_i}^{i,i+1, \dots, Q} = \dots = G_{r_i}^{i,i+1, \dots, Q} = G_0^{i,i+1, \dots, Q},$$

где r_i – количество подграфов i -го уровня детализации.

С учетом двухуровневой детализации получим:

$$\Gamma(G^{1,2}) = \Gamma(G^1)[\Gamma(G_0^{2,3, \dots, Q})].$$

В свою очередь, каждая вершина подграфа $G_{j_2}^2$ содержит $G_{j_3}^{3,4, \dots, Q}$, а так как они по условию изоморфны, то:

$$\Gamma(G^{1,2,3}) = \Gamma(G^1)[\Gamma(G_0^2)[\Gamma(G_0^{3,4, \dots, Q})]].$$

По индукции:

$$\Gamma(G^{1,2, \dots, Q}) = \Gamma(G^1)[\Gamma(G_0^2)[\dots[\Gamma(G_0^{Q-1})[\Gamma(G_0^Q)]]\dots]]. \quad (10)$$

2. Разнотипная архитектура МРИС. Не трудно заметить, что полностью разнотипная структура МРИС будет в случае, когда конфигурации внутренних связей на нижнем уровне детализации для всех подграфов будут полностью различны, поэтому

$$G_{j_Q}^Q \neq G_{K_Q}^Q, j_Q \neq K_Q; j_Q, K_Q = 1, 2, \dots, r_Q.$$

Тогда любой граф i -го уровня, начиная с $(Q-1)$ -го, отличается от всех остальных графов этого же уровня:

$$\begin{aligned} G_{j_i}^{i,i+1,\dots,Q} &\neq G_{K_i}^{i,i+1,\dots,Q}, j_i \neq K_i, j_i, K_i = \overline{1, r_i}; \\ \Gamma(G^{1,2,\dots,Q}) &= \\ &= S_1 \left[\Gamma(G_1^{2,3,\dots,Q}) \right] + S_1 \left[\Gamma(G_2^{2,3,\dots,Q}) \right] + \dots + \\ &+ S_1 \left[\Gamma(G_{r_2}^{2,3,\dots,Q}) \right] = \\ &= \Gamma(G_1^{2,3,\dots,Q}) + \Gamma(G_2^{2,3,\dots,Q}) + \dots + \Gamma(G_{r_2}^{2,3,\dots,Q}). \end{aligned}$$

В свою очередь

$$\begin{aligned} \Gamma(G_{j_2}^{2,3,\dots,Q}) &= \\ &= S_1 \left[\Gamma(G_{1_{j_2}}^{3,4,\dots,Q}) \right] + S_1 \left[\Gamma(G_{2_{j_2}}^{3,4,\dots,Q}) \right] + \dots + \\ &+ S_1 \left[\Gamma(G_{n_{j_2}^2}^{3,4,\dots,Q}) \right] = \\ &= \Gamma(G_{1_{j_2}}^{3,4,\dots,Q}) + \Gamma(G_{2_{j_2}}^{3,4,\dots,Q}) + \dots + \Gamma(G_{n_{j_2}^2}^{3,4,\dots,Q}). \end{aligned}$$

По индукции имеем:

$$\begin{aligned} \Gamma \left(G_{\overset{Q-1}{j_2}}^{Q-1,Q} \right) &= \\ &= S_1 \left[\Gamma \left(G_{1_{\overset{Q-1}{j_2}}}^Q \right) \right] + S_1 \left[\Gamma \left(G_{2_{\overset{Q-1}{j_2}}}^Q \right) \right] + \dots + \\ &+ S_1 \left[\Gamma \left(G_{n_{\overset{Q-1}{j_2}}}^Q \right) \right] = \\ &= \Gamma \left(G_{1_{\overset{Q-1}{j_2}}}^Q \right) + \Gamma \left(G_{2_{\overset{Q-1}{j_2}}}^Q \right) + \dots + \Gamma \left(G_{n_{\overset{Q-1}{j_2}}}^Q \right), \end{aligned}$$

где $n_{j_i}^i$ – число вершин подграфа $G_{j_i}^i$.

Учитывая все j_2, j_3, \dots, j_{Q-1} , получим:

$$\Gamma(G^{1,2,\dots,Q}) = \Gamma(G_1^Q) + \Gamma(G_2^Q) + \dots + \Gamma(G_{r_Q}^Q). \quad (11)$$

Заключение

Предложенный метод позволяет оценить множество архитектурных решений МРИС, которое зависит от выбора типов компонентного состава и топологических решений системы. Результаты предложенного структурного анализа целесообразно использовать на начальных этапах проектов по созданию МРИС в различных областях управления распределенными производственными системами.

Литература

1. Brown A. Large Scale, Component – Based Development. – Prentice Hall, 2000. – 285 p.
2. Н. Дж. Де Брейн. Теория перечисления Пойа // Прикладная комбинаторная математика: Сб. статей. Пер с англ. / Под ред. Э. Беккенбаха. – М.: Мир, 1968. – С. 61-106.
3. Федорович О.Е., Плохов С.С. Формирование компонент повторного использования в проектах создания сложной техники // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 1(13). – С. 124-128.

Поступила в редакцию 10.08.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.