

Бурый А.С. Процедура структурного планирования организационно-технических систем [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2014. – № 5(21). Режим доступа [http://iea.gostinfo.ru/files/2014\\_05/2014\\_05\\_02.pdf](http://iea.gostinfo.ru/files/2014_05/2014_05_02.pdf)

УДК 004.413.2

## ПРОЦЕДУРА СТРУКТУРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Бурый А.С.** доктор технических наук, Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

*В статье рассматривается алгоритм формирования множества вариантов построения распределенных организационно-технических информационных систем на основе максимизации типового признака элементов аппаратных и программных средств подсистем.*

**Ключевые слова:** распределенные системы; организационно-технические информационные системы; оптимизация резервирования; вероятность безотказной работы; технико-топологическая структура.

УДК 004.413.2

## PROCEDURE STRUCTURAL PLANNING OF ORGANIZATION AND TECHNICAL SYSTEMS

**Buryy A.S.**, doctor of technical sciences, FSUE «STANDARTINFORM»

*The article discusses an algorithm of forming a variety of options building distributed technical-organizational information systems based on maximization model of feature elements of hardware and software subsystems.*

**Keywords:** distributed systems, organizational and technical information systems, optimization of redundancy, the probability of failure-free operation, technical and topological structure.

Во многом эффективность сложных кибернетических систем определяется их техническим состоянием, условиями применения и топологией размещения. Зачастую огромные экономические затраты на разработку программно-математического обеспечения могут быть «съедены» ненадежностью аппаратных средств, поэтому необходимо одновременное

исследование функциональных, технических, программно – математических структур распределенных информационных и организационно – технических систем [1, 2, 3, 4].

Большинство практических процедур планирования и управления являются распределенными в том смысле, что подзадачи общей сложной задачи (планирования и развития отрасли, компетенция, полномочия, информация и процедуры ее переработки) распределены и рассредоточены по многим исполнителям [5].

Применение в сложных системах горячего и холодного резервирования зачастую неприемлемо по критериям стоимости, габаритов, энергетических затрат и т.д. В настоящее время в большинстве разрабатываемых информационных систем применяется избыточность, что позволяет сохранить и восстановить возможности выполнения системой в случае возникновения функциональных отказов возложенных на нее функций. Указанное качество систем интерпретируют как функциональную устойчивость [6]. Принцип целенаправленности таких систем выражается в системном гомеостазе, суть которого – обеспечение функциональной устойчивости в условиях действия возмущений, вызванных как внешними, так и внутренними факторами.

Выполняемые в распределенных организационно-технических системах (РОТС) функции и протекающие в них процессы распределены во времени и в пространстве. Физическая обособленность каждой подсистемы и относительная автономность выбора своих состояний в рамках множества допустимых состояний, которые отчасти зависят от состояний соседних подсистем, является основным признаком распределенности системы.

Для случая, когда у каждой подсистемы осуществляется несколько возможных планов применения или структур построения:  $\Pi_l = \{\pi_{l\xi}\}$ ,  $\xi = 1, \dots, \xi_l; l \in L$ , обеспечивающих заданное качество решения задачи, где  $l$  – номер подсистемы; индекс  $\xi$  характеризует выбранный метод переработки (обработки) данных, критерий оптимизации плана. Множество вариантов организации распределенной системы управления в зависимости от

технологических возможностей и условий решения задач, конкретных реализаций распределенных процедур.

Множество вариантов компоновки системы определим, как:

$$B^u = \{b_v^u\} = \Pi_1 \times \dots \times \Pi_l \times \dots \times \Pi_N,$$

где  $b_v^u = \bar{\pi}_{1\rho}, \dots, \bar{\pi}_{l\xi}, \dots, \bar{\pi}_{1\nu}$  – произвольный вариант рассматриваемой системы ( $v = 1, \dots, N = \prod_{l=1}^n \xi_l$ ).

Каждый план применения предполагает применение различного набора аппаратных и программных средств (АПС). Это могут быть  $k_1$  элементов (процедур) на 1 этапе (участке),  $k_2$  – на втором и т.д., т.е.  $k_p$  – для  $p$ -го участка. Тогда множество вариантов реализации АПС плана  $\bar{\pi}_{l\xi}$  представим в виде:

$$B_{l\xi} = \{b_{l\xi\eta}\} = E_1 \times \dots \times E_p \times \dots \times E_r, \quad (1)$$

где план  $\bar{\pi}_{l\xi\eta} = b_{l\xi\eta} = k_l \varepsilon_{p\xi}$ ;  $E = \{\varepsilon_{p\xi}\}$  – множество вариантов АПС  $p$ -го типа, причем  $\xi = \overline{1, \xi_p}$ , где  $\xi_p$  – число вариантов  $p$ -го типа. На основании выше изложенного общее число вариантов технической реализации распределенной системы определим так:

$$B = \{b_v\} = B_1 \times \dots \times B_L \times \dots \times E_n, \quad (2)$$

где  $B_l = \bigcap_{\xi=1}^{\xi_l} B_{l\xi}$ ,  $b_v = \bar{\pi}_{1\rho\delta}, \dots, \bar{\pi}_{l\xi\mu}, \dots, \bar{\pi}_{n\delta\rho}$  – произвольный вариант распределенной системы.

Для определения вероятности безотказной работы (ВБР) системы в соответствии с конкретным планом можно представить структуру системы в виде графа. Последовательность выполнения операций, в том числе и расчетных, составляют на графе некоторый путь  $\pi_{l\xi}^\gamma$ , содержащий совокупность вершин  $\{d_{\rho\gamma}, \dots, d_{k\gamma}, \dots, d_{\delta\gamma}\}$ , где  $d_{\rho\gamma}$  и  $d_{\delta\gamma}$  – начальная и конечная вершины пути. Множество возможных реализаций плана  $\bar{\pi}_{l\xi}$  представим в виде матрицы, у которой столбцы – номера вершин графа, а строки – номера

путей. Элемент матрицы равен нулю, если вершина не входит в рассматриваемый путь, и равен единице, в противном случае:

$$\begin{matrix} & d_1 & & d_k & & d_{K_0} \\ \pi_{l\xi}^1 & \left\| \begin{array}{cccc} 0 & \cdots & 1 & \cdots & 1 \end{array} \right\| \\ \vdots & \left\| \begin{array}{cccc} \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right\| \\ \pi_{l\xi}^\gamma & \left\| \begin{array}{cccc} 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \end{array} \right\| \\ \vdots & \left\| \begin{array}{cccc} \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right\| \\ \pi_{l\xi}^{\gamma_0} & \left\| \begin{array}{cccc} 1 & \cdots & 0 & \cdots & 1 \end{array} \right\| \end{matrix} .$$

Теперь построим множество групп последовательно соединенных АПС,  $R = \{R_{l\xi}^1, \dots, R_{l\xi}^\alpha\}$ , где  $R_{l\xi}^\alpha$  – группа последовательно соединенных вершин графа, соответствующих плану  $\bar{\pi}_{l\xi}$ . Группа  $R_{l\xi}^\alpha$  объединяет вершины  $\{d_\rho^\alpha, \dots, d_k^\alpha, \dots, d_\delta^\alpha\}$ , причем  $R_{l\xi}^\alpha \cap R_{l\xi}^\varphi = \emptyset$  при  $\varphi \neq \alpha$ ,  $\bigcup_{\alpha=1} R_{l\xi}^\alpha = K_0$ . Так как каждой вершине графа  $d_k$  соответствует конкретный тип АПС  $E_p$ , то группу  $R_{l\xi}^\alpha \in R_{l\xi}$  будем характеризовать множеством типов элементов технической реализации, входящих в группу  $R_{l\xi}^\alpha$ .

Когда отказ в любой подсистеме приводит к отказу всей системы, а отказ подсистемы возникает при отказе хотя бы одного элемента, то ВБР системы определим следующим образом [7]:

$$P(b) = \prod_{l=1}^n P(\pi_{l\xi\eta}) = \prod_{l=1}^n \prod_{\alpha=1}^{d_{l\xi}} P(R_{l\xi}^\alpha) = \prod_{l=1}^n \prod_{\rho=1}^{r_{l\xi}} P(\mathcal{E}_{p\xi})^{k_p}. \quad (3)$$

Необходимо из множества  $B$  вариантов технической реализации распределенной системы выбрать вариант, обеспечивающий максимум ВБР (3), или найти такое множество вариантов, для элементов которого выполняется неравенство:

$$P(b) \geq P_{TP}, \quad (4)$$

где  $P_{TP}$  – требуемая ВБР. Если в результате анализа установлено, что вариантов, удовлетворяющих (4) нет, то целесообразно повышать надежность резервированием. При этом учитываются ограничения по стоимости, габаритам и т.д. Эти ограничения обозначим через  $\theta^* = \{\theta_j^*\}$ ,  $j = \overline{1, T_p}$  – множество требований к распределенной системе, которые

учитываются при решении задачи обеспечения заданной надежности, исходя из условия (4). Большинство отдельных свойств  $\theta_j(b)$ , при резервировании имеют аддитивный вид, т.е.:

$$\theta_j(b) = \sum_{l=1}^n \theta_j(\pi_{l\xi\eta}) = \sum_{l=1}^n \sum_{\alpha=1}^{\alpha l} \theta_j(R_{l\xi\eta}^{\alpha}). \quad (5)$$

Резервирование заключается в построении вариантов распределенной системы в соответствии с планом применения АПС, с учетом выражения (5) и ограничений  $\theta_j(b) \leq \theta_j^*$ .

Для обоснования вариантов распределенной системы в соответствии с условием (4) отметим, основываясь на [7], что вариант  $b^o$ , обеспечивающий максимум ВБР, определяется структурой построения системы, методами решения задач (маршрутизации, обслуживания объектов и т.д.), обеспечивающий максимум вероятности безотказной работы отдельных подсистем. Если вариант  $b^o$  удовлетворяет ограничению (4), то на виды алгоритмов переработки информации в  $l$ -ой подсистеме по ВБР должны быть наложены следующие условия:

$$\lg P(\pi_{l\xi\eta}) \geq \lg P_{Tp}(\bar{\pi}_l), \quad (6)$$

где  $\lg P_{Tp}(\bar{\pi}_l) = \lg P_{Tp}(\bar{\pi}_l) - \lg P(b^o \setminus \bar{\pi}_l)$ , а  $P(b^o \setminus \bar{\pi}_l)$  – значение ВБР для оптимального варианта  $b^o$  без включения в него  $l$ -ой подсистемы.

Для варианта  $l$ -ой подсистемы, удовлетворяющих условиям (6), на элементы  $\rho$ -типа по ВБР наложим аналогичные условия:

$$\lg P(\varepsilon_{\rho\xi}) \geq \lg P_{Tp}(E_{\rho}), \quad (7)$$

где  $\lg P_{Tp}(E_{\rho}) = [\lg P_{Tp}(\bar{\pi}_l) - \lg P(b_{l\xi\eta} \setminus E_{\rho})] / k_{\rho}$ , а  $\lg P(b_{l\xi\eta} \setminus E_{\rho})$  – учитывает все варианты, за исключением  $\rho$ -го типа.

При оптимизации распределенной системы с резервированием при ограничениях на технико-топологическую структуру и условия применения, в том числе и вида (6), для процедур переработки информации и планов построения (привлечения) АПС наложим условия [2] вида:  $\theta_j(\pi_{l\xi\eta}) \leq \theta_j^*(\bar{\pi}_l)$ , где  $\theta_j^*(\bar{\pi}_l) = \theta_j^* - \theta_j(b^o \setminus \bar{\pi}_l)$ , а  $\theta_j(b^o \setminus \bar{\pi}_l)$  – значение критерия  $\theta_j$  для

оптимального варианта  $b^o$  по этому критерию без включения в него  $l$ -ой подсистемы, а также:

$$\theta_j(\varepsilon_{\rho\xi}) \leq \theta_j^*(l_\rho), \quad (8)$$

где  $\theta_j^*(\varepsilon_\rho) = [\theta_j^*(\bar{\pi}_l) - \theta_j(b_{l\xi}^{\pi_0} \setminus \varepsilon_\rho)] / k_\rho$ , а составляющие получены, как и в предыдущем случае, для  $l$ -ой подсистемы.

Процедура резервирования распределенной системы состоит в следующем.

1. На аппаратном уровне выбираются такие элементы, которые удовлетворяют условию (8), варьируя при этом число резервов.

2. На уровне подсистем производится резервирование по группам  $R_{l\xi}^\alpha$ , при  $\alpha = 1, \dots, \alpha_{l\xi}$ , путем параллельного подключения групп элементов.

3. Резервирование подсистем осуществляется путем параллельного подключения резервных подсистем, причем кратность резервирования требует отдельного рассмотрения.

Рассмотренный подход позволяет осуществлять рациональный выбор структуры распределенных организационно-технических систем с учетом резервирования в условиях ряда ограничений на отдельные параметры системы в целом и ее элементов, как на этапах планирования, принятия решений, так и в ходе интегрированного управления сложными процессами [8-10].

### **Список использованных источников и литературы**

1. Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Сиротюк В.О. Теоретические основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 660 с.

2. Бурый А.С. Введение в теорию синтеза отказоустойчивых многозвенных систем переработки навигационно-баллистической информации: монография / А.С. Бурый. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 1999. – 297 с.

3. Ломакин М.И., Докукин А.И., Коровайцев А.А. Оценка метрологической надежности средств измерений в условиях неполных данных // Измерительная техника. – 2013. – № 10. – С. 14-18.
4. Ломакин М.И., Миронов А.Н., Шестопалова О.Л. Многомодельная обработка измерительной информации в интеллектуальных системах прогнозирования надежности космических средств // Измерительная техника. – 2014. – № 1. – С. 8-13.
5. Ириков В.А., Тренев В.Н. Распределенные системы принятия решений. Теория и приложения. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 288 с.
6. Тарасов А.А. Функциональная реконфигурация отказоустойчивых систем: Монография. – М.: Логос, 2012. – 152 с.
7. Волкович В.Л., Горчинский А.П. Об одном алгоритме максимизации надежности сложной системы управления с учетом ограничений // Кибернетика и вычислительная техника. – 1975. – Вып. 27. – С. 20-28.
8. Бурый А.С. Обеспечение устойчивости бизнес-процессов на основе интегрированного управления // Транспортное дело России. – 2013. – № 6-2. – С. 114-116.
9. Ломакин М.И., Скальский А.В. Оценка вероятности перехода бизнес-процесса в состояние, не соответствующее его регламенту // Транспортное дело России. 2011. № 12.
10. Ломакин М.И. Модель оценки затрат на качество бизнес-процессов в условиях неполных данных // Транспортное дело России. 2012. № 6-1.

© А.С. Бурый, 2014