

Пути и методы управления развитием системы информационного обеспечения эксплуатации космических средств

Ways and methods of developing management for information support systems of space technician maintenance

Ключевые слова: эксплуатация космических средств – space technician maintenance; система информационного обеспечения – information support system; информационная система – information system; модернизация – modernization; функциональная структура – functional structure; техническая структура – technical structure; моральное старение – obsolescence.

Описан подход к определению путей совершенствования системы информационного обеспечения управления эксплуатацией космических средств. Подход предполагает итерационную адаптацию технической структуры информационной системы к изменяющимся требованиям по составу задач управления эксплуатацией космических средств и качеству их решения. Приведен обобщенный алгоритм обоснования варианта модернизации информационной системы. Описано содержание основных этапов его реализации.

The article deals with the approach to identifying ways to improve the system of information support to the management of space technician maintenance. The approach involves iterative adaptation of the information system technical structure to changing requirements for the space technician maintenance tasks composition and the quality of the decisions. A generic algorithm for upgrading the information system presented, the main stages of its implementation are describes.

Информационное обеспечение эксплуатации космических средств (КСр) в настоящее время осуществляется на основе ГОСТ РВ 51217-98. «Системы и комплексы космические. Система информации о техническом состоянии и надеж-

СЕВАСТЬЯНОВ / SEVASTYANOV D.

Дмитрий Анатольевич

(sda@roscosmos.ru)

кандидат технических наук, начальник Центра телекоммуникационных, измерительных и геофизических систем и комплексов ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ЦЭНКИ), Москва

ШЕСТОПАЛОВА / SHESTOPALOVA O.

Ольга Львовна

(neman2004@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент, декан факультета – «Испытание летательных аппаратов» «Филиала «Восход» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) в г. Байконуре», Байконур

ности космических комплексов и входящих в их состав изделий».

Действующей системе сбора и обработки информации (ССОИ) присущ ряд недостатков, в частности, первичной информацией в ССОИ являются сведения об уже происшедших отказах и неисправностях без фиксации динамики изменения параметров технического состояния (ТС), приводящих к отказам; обработка информации носит обобщающий по группам однотипных изделий характер, сосредоточена главным образом на верхних иерархических уровнях системы информации; в ряде случаев информация, представляемая эксплуатирующими КСр организациями, не в полной мере соответствует требуемым единым формам; используемые средства и методы сбора, передачи и обработки информации о техническом состоянии, надежности и эксплуатационных процессах на КСр не соответствуют средствам и методам современных информационных технологий [1].

В связи с этим можно говорить об актуальности и практической важности определения

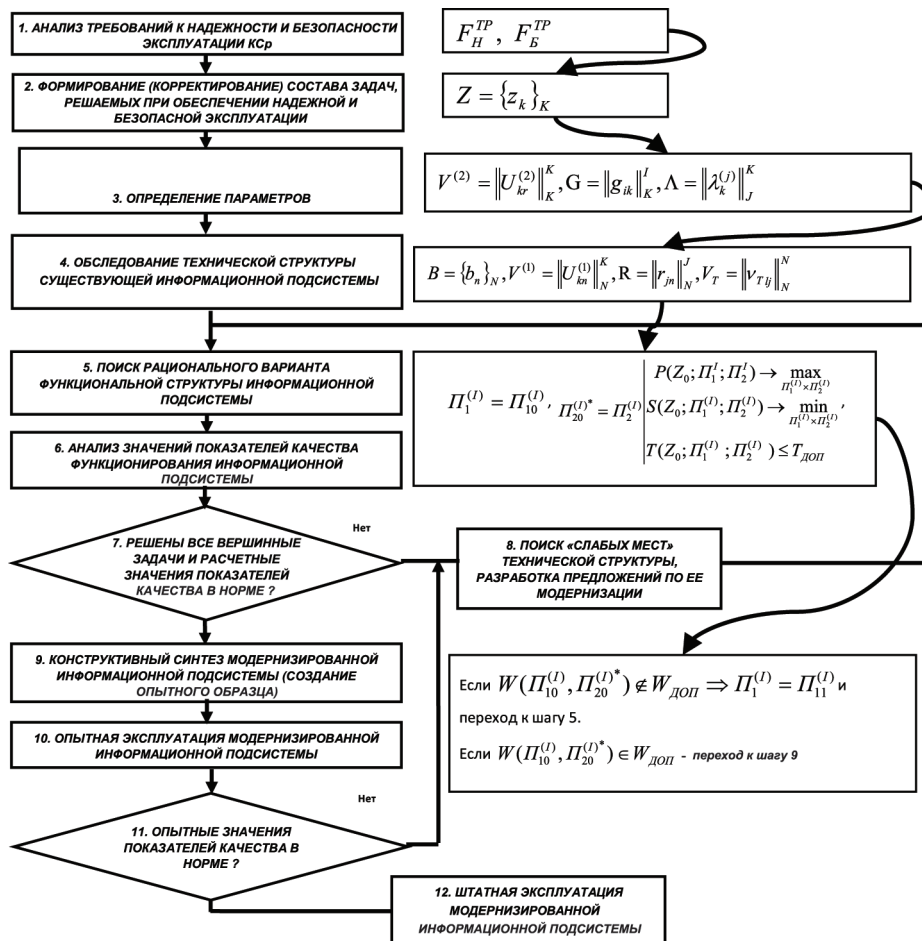


Рис. 1. Схема алгоритма обоснования варианта модернизации ССОИ

рационального варианта построения ССОИ. При этом под рациональным вариантом построения ССОИ будем понимать совокупность территориально распределенных средств сбора и обработки информации, каналов сбора и передачи данных с зафиксированными на данных элементах функциональными задачами, при которой достигаются требования по достоверности и своевременности решения указанных задач при наименьших затратах на сбор, обработку и передачу необходимой информации.

Итерационный алгоритм обоснования варианта модернизации ССОИ представлен на рис. 1. При этом на основе анализа требований к надежности и безопасности эксплуатации КСр в вышестоящей системе формируется множество задач, подлежащих решению в ходе управления эксплуатацией. Данное множество подвергается анализу с определением информационной взаимосвязи задач, очередности их решения и потребных ресурсов.

Существующая техническая структура действующей ССОИ обследуется с определением состава элементов, наличия на них первичной информации и ресурсов для решения множества выделенных задач, а также конкретной конфигурации и характеристик каналов сети передачи данных между элементами.

Далее решается задача поиска оптимального варианта распределения задач по элементам технической структуры по критериям достоверности, финансовых и временных затрат. Если такое решение существует и по показателям качества удовлетворяет пользователя, то процедура обоснования рационального варианта построения ССОИ считается завершенной.

В противном случае проводится поиск «слабых мест» технической структуры, разрабатываются конкретные предложения по ее модернизации и задача поиска оптимальной функциональной структуры ССОИ решается итерационно на новой технической структуре до тех пор, пока

не будет достигнут приемлемый для пользователя результат.

Разработан метод поиска оптимальной функциональной структуры ССОИ, в рамках которого можно выделить три основных этапа [2].

Этап 1. Выполняется формализованное описание структуры задач, решаемых в ССОИ. Оно включает: описание состава множества задач по сбору и обработке информации в ССОИ $Z = \{z_k\}_K = \{z_1, z_2, \dots, z_K\}$; описание информационных взаимосвязей между задачами $V^{(2)} = \|U_{kr}^{(2)}\|_K^K$, с выделением множества вершинных, т.е. конечных задач $Z = Z_{np} \cup Z_0$; описание очередности решения информационно связанных задач $G = \|g_{ik}\|_K^I$,

$$g_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если очередность } k\text{-й задачи равна } i, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

а I есть число классов задач, которые могут решаться одновременно; описание потребности в ресурсах для всей совокупности решаемых задач

$\Lambda = \|\lambda_k^{(j)}\|_J^K$, где $\lambda_k^{(j)}$ – потребность в ресурсах j -го вида для решения k -й задачи,

$\lambda_k = \langle \lambda_k^{(1)}, \lambda_k^{(2)}, \dots, \lambda_k^{(j)}, \dots, \lambda_k^{(J)} \rangle$ – общие потребности в ресурсах на решение задачи z_k , J – число видов ресурсов.

В состав множества λ_k наряду с другими видами ресурсов включаются показатели требуемых значений морального остаточного срока службы $\lambda_k^{(M)} = \langle \lambda_k^{(M_1)}, \lambda_k^{(M_2)} \rangle$, где $\lambda_k^{(M_1)}$ – остаточный моральный срок службы 1-го рода; $\lambda_k^{(M_2)}$ – остаточный моральный срок службы 2-го рода. Под остаточным моральным сроком службы 1-го рода понимается интервал времени, в течение которого существует потенциальная способность решать требуемую функциональную задачу с заданными характеристиками качества. Под остаточным моральным сроком службы 2-го рода понимается интервал времени, в течение которого возможно восстановление способности решать требуемую функциональную задачу с требуемыми характеристиками качества после возникновения отказов оборудования.

Этап 2. Выполняется формализованное описание технической структуры ССОИ. Оно включает: описание состава множества элементов технической структуры ССОИ на различных уровнях иерархии $B = \{b_n\}_N = \{b_1, b_2, \dots, b_N\}$; описание наличия на элементах ССОИ первичной информации $V^{(1)} = \|U_{kn}^{(1)}\|_N^K$; описание необходимых для решения

задач ресурсов $R^{(j)} = \langle R_1^{(j)}, R_2^{(j)}, \dots, R_n^{(j)}, \dots, R_N^{(j)} \rangle, j = \overline{1, J}$; описание структуры сети связи между элемен-

тами технической структуры ССОИ различных уровней $V_T = \|v_{Tij}\|_N^N$.

Этап 3. Выполняется поиск оптимального варианта функциональной структуры ССОИ. Построение функциональной структуры ССОИ можно представить в виде решения задачи многокритериального выбора варианта распределения задач по элементам технической структуры ССОИ с двухкомпонентной векторной целевой функцией, включающей максимизацию показателя достоверности и минимизацию показателя затрат на решение вершинных (конечных для пользователя) задач

$$f_1(X) = \min_{z_j \in Z_0} P(z_j) \Rightarrow \max \quad (1)$$

$$f_2(X) = \max_{z_j \in Z_0} S(z_j) \Rightarrow \min \quad (2)$$

где $P(z_j)$ – показатель достоверности решения вершинной задачи Z_j ;

$S(z_j)$ – показатель затрат на решение вершинной задачи Z_j

при ограничениях:

$$\sum_{k \in \Gamma_i} g_{ik} x_{kn} \leq 1, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где Γ_i – есть множество номеров задач из класса $Z^{(i)}$

$$\max x_{kn} \lambda_k^{(j)} \leq R_n^{(j)}, j = \overline{1, J}, n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K} \quad (4)$$

$$g_{ik} x_{kn} \lambda_k^{(j)} \leq R_n^{(j)}, k \in \Gamma_i, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}. \quad (5)$$

$$x_{kn} d_{kn} = 1, k = \overline{1, K}, n = \overline{1, N}. \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^N x_{kn} \sum_{r=1}^K \sum_{l=1}^N v_{kl}^{(1)} \beta_{nl} = \sum_{l=1}^N v_{kl}^{(1)}, k = \overline{1, K}, \quad (7)$$

$$\sum_{n=1}^N x_{kn} \sum_{r=1}^K \sum_{l=1}^N x_{rl} \beta_{nl} v^{(2)} = \sum_{r=1}^N v_{kr}^{(2)}, k = \overline{1, K}, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^K \sum_{n=1}^N x_{kn} \left(\sum_{l=1}^N v_{kl}^{(1)} \beta_{nl} + \sum_{r=1}^K \sum_{l=1}^N v_{kr}^{(2)} x_{rl} \beta_{nl} \right) \leq V_{доп},$$

$$\text{где } \beta_{nl} = \text{sign}[v_{Tnl}] \quad (9)$$

КОСМОС И ИНФОРМАТИКА

$$\max_{z_j} T(z_j) \leq T_{\text{доп}}, \quad (10)$$

Сущность ограничений: (3) – каждую задачу из класса $Z^{(i)}$ можно выполнять на любом одном элементе; (4) – промежуточные задачи одного класса не могут решаться одновременно, т.е. на любом элементе системы не должно выполняться более одной задачи $z_k \in Z^{(i)}$; (5) – необходимость обеспечения соответствия потребных ресурсов на решение задачи z_k с ресурсами элемента b_n ; (6) – совместимость задач с элементами системы при заданной матрице $D = \|d_{kn}\|_N^K$; (7), (8) и (9) – ограничения по возможностям сети связи; (10) – ограничение на время решения вершинных задач.

Сформулированная задача относится к классу задач целочисленного комбинаторного программирования, решение которых методом полного перебора вариантов затруднено в силу ограниченности вычислительных ресурсов порогом Бремермана-Эшби [2]. Поэтому предложен алгоритм ее решения, заключающийся в сужении множества вариантов распределения задач по элементам технической структуры ССОИ методом целенаправленного перебора альтернатив на множестве информационно несвязанных задач.

Применение описанного в статье научно-методического обеспечения к задачам совершенствования информационного обеспечения управления эксплуатацией КСр позволяет обеспечить решение полного спектра задач по внедрению современной стратегии эксплуатации КСр, основанной на комплексном сочетании принципов группового и индивидуального оценивания ТС при выполнении требований к надежности и безопасности эксплуатации КСр. Сформированная техническая и функциональная структуры ССОИ позволяют обеспечить информационную поддержку решения как текущих, так и перспективных задач с требуемым уровнем качества на рассматриваемом интервале планирования функционирования системы эксплуатации. При этом на данном интервале гарантируется ненаступление предельного состояния элементов ССОИ по критерию морального старения и минимизируются затраты на модернизацию и последующую эксплуатацию ССОИ. Проведенные расчеты показателей качества функционирования ССОИ с оптимизированной на основании разработанной в ходе исследований модели и алгоритма функциональной структурой показали, что при этом достигаются приемлемые для пользователя значения данных показателей.

Литература

1. Шестопалова, О.Л. Методологические основы развития системы информационного обеспечения эксплуатации ВВТ Космических войск / А.В. Корсун, А.Н. Новиков, О.Г. Пивоваров, О.Л. Шестопалова // Сб. трудов академии ВКА имени А.Ф. Можайского № 631, СПб, 2011. - С.62-68.
2. Шестопалова, О.Л. Основы построения систем сбора и обработки информации о техническом состоянии космических средств / О.Л. Шестопалова // Московский госуд. технич. ун-т (МАИ), филиал «Восход». - Набережные Челны: Изд-во Камской госуд. инж.-экон. акад., 2007. - 92 с.