

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Клепов А.В.<sup>1</sup>, Гузенко В.Л.<sup>1</sup>, Миронов Е.А.<sup>1</sup>, Шестопалова О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГОУ ВПО «Военно–космическая академия имени А.Ф.Можайского, Санкт–Петербург, Россия (197198, г. Санкт–Петербург, ул. Ждановская,13), e–mail:vka@mil.ru

<sup>2</sup> Филиал «Восход» ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) в г. Байконуре, г. Байконур, Республика Казахстан (468320, Республика Казахстан, г. Байконур, проспект Гагарина, д. 5)

Решение проблемы обеспечения надёжности территориально-распределенных информационных систем неразрывно связано с решением частной задачи создания научно-методического аппарата для обоснования вариантов структурного построения и функционирования системы технической эксплуатации этих распределенных информационных систем. Необходимым начальным этапом обоснования и выбора вариантов построения и функционирования системы технической эксплуатации является выбор значимых управляемых параметров. Предлагается в качестве таких параметров использовать совокупность множеств, задающих структуру и характеристики объекта эксплуатации, структуру и алгоритмы функционирования подсистемы технического обслуживания и ремонта, а также характеризующих структуру и порядок функционирования подсистемы обеспечения запасами для данного объекта эксплуатации. Сформулированная в статье задача относится к классу задач векторной дискретной оптимизации. Перечислены основные этапы её решения.

Ключевые слова: система эксплуатации, информационная система, управляемые параметры

## SETTING A TASK TO ENSURE THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE OPERATION OF A DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Klepov A.V.<sup>1</sup>, Guzenko V.L.<sup>1</sup>, Mironov E.A.<sup>1</sup>, Shestopalova O.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Mozhaisky Military Space Academy, Sankt–Petersburg, Russia (197198, Saint-Petersburg, street Gdanovskay, 13), e–mail: vka@mil.ru*

<sup>2</sup> *A Branch «Voskhod» of the Moscow aviation institute (national research university) in Baikonur, Baikonur, Republic of Kazakhstan (468320, Republic of Kazakhstan, Baikonur, Gagarin Ave, 5*

The problem of providing of reliability of distributed information systems is inextricably linked with the decision of the problem of creation of scientific and methodological apparatus to justify variants of the structural construction and functioning of the system of technical operation of these distributed information systems. An essential initial step in justifying and selecting options for the construction and functioning of the technical management is the selection of significant managed parameters. Offered as such parameters use a set of sets that specify the structure and characteristics of the operation, structure and algorithms of functioning of a subsystem maintenance and repair, as well as characterizing the structure and order of functioning of a subsystem of the supplies for this object operation. Formulated in the article the problem belongs to the class of vector discrete optimization. Lists the main stages of its solving.

Keywords: operation system, information system, managed options.

### Введение

Решение проблемы обеспечения надёжности территориально-распределенных информационных систем (ИС) в условиях ресурсных ограничений предполагает обязательность проработки вопросов организации их технической эксплуатации. Решение этих вопросов целесообразно начинать на самых ранних этапах жизненного цикла распределенных ИС [6]. Подобные задачи возникают при изменении технического

состояния, израсходовании технического ресурса, а также при модернизации и замене компонентов уже функционирующих распределенных ИС [2].

Решение этих задач требует разработки методов синтеза (определения значений параметров) систем технической эксплуатации (СТЭ) распределенных ИС [3].

### **Цель исследования**

В рамках решения проблемы обеспечения надёжности территориально-распределенных ИС, необходимым является решение более частной задачи, связанной с созданием научно-методического аппарата для обоснования вариантов структурного построения и функционирования СТЭ территориально-распределенных ИС.

### **Материал и методы исследования**

Необходимым начальным этапом обоснования и выбора вариантов построения и функционирования СТЭ является выбор значимых управляемых параметров.

Анализ показывает, что в качестве таких параметров целесообразно использовать совокупность множеств:

$$n(S) = \{n_1(S), n_2(S)\},$$

где множество  $S$  задаёт структуру и характеристики объекта эксплуатации;

-  $n_1(S)$  – множество параметров, характеризующих структуры и алгоритмы функционирования подсистемы технического обслуживания и ремонта (топология системы, число и типы бригад обслуживающего персонала, их производительности, стратегии технического обслуживания и ремонта, распределение функций по ТО и ремонту между эксплуатирующим персоналом и специализированными организациями, число уровней в системе ремонта и т.п.) для данного объекта эксплуатации;

-  $n_2(S)$  – множество параметров, характеризующих структуру и порядок функционирования подсистемы обеспечения запасами (распределение запасов по уровням обслуживаемой системы и системы ТО и ремонта, начальные уровни запасов, стратегии восполнения запасов и т.п.) для данного объекта эксплуатации.

Синтез СТЭ предполагает сравнение различных вариантов технической структуры СТЭ по ряду показателей, характеризующих величину затрат и достигаемые при этом полезные результаты. Анализ целей, задач, свойств и характеристик системы эксплуатации распределенных ИС показывает [1], что в качестве таких показателей целесообразно использовать следующие основные группы показателей, описываемые вектором

$$Y_{(I)} = \langle G_{(I1)}, \Theta_{(I2)}, C_{(I3)} \rangle,$$

где  $G_{(I1)}$  – вектор показателей готовности распределенной ИС, её функциональных подсистем и отдельных средств;

$\Theta_{\langle I2 \rangle}$  – вектор временных показателей отдельных процессов эксплуатации средств и подсистем распределенной ИС;

$C_{\langle I3 \rangle}$  – вектор стоимостных показателей, характеризующих затраты на построение и функционирование СТЭ распределенной ИС.

При обосновании структуры СТЭ следует ориентироваться на то [5], что основной задачей СТЭ на весь период эксплуатации распределенной ИС является обеспечение требуемой или максимальной технической готовности её средств и подсистем к применению по функциональному назначению в течение всего срока эксплуатации. Это наиболее общее требование к СТЭ, независимо от вида распределенной ИС, решаемых ею задач и выбранных для неё показателей эффективности.

Показатели готовности наиболее полно отражают степень достижения указанных требований, при этом показатели готовности  $Y_{\langle I1 \rangle}$  являются комплексными показателями и позволяют учесть как структуру и уровень надёжности средств и подсистем распределенной ИС, так и структуру и характеристики системы технического обслуживания и ремонта, а также степень обеспеченности необходимыми для эксплуатации запасами.

Вектор временных показателей  $\Theta_{\langle I2 \rangle}$  отражает оперативность отдельных процессов эксплуатации средств и подсистем распределенной ИС, в частности, продолжительности технического обслуживания, восстановления работоспособности, простои в ожидании обслуживания, простои из-за отсутствия необходимых ресурсов на эксплуатацию и др.

Свойства, характеризуемые показателями вида  $G_{\langle I1 \rangle}$  и  $\Theta_{\langle I2 \rangle}$ , оказывают непосредственное влияние на эффективность функционирования распределенной ИС в целом и в значительной степени определяют возможности распределенной ИС по обеспечению требуемой производительности, вероятности выполнения задачи и другим целевым показателям.

Вектор стоимостных показателей  $C_{\langle I3 \rangle}$  отражает уровень потребляемых ресурсов в стоимостном выражении и включает в себя компоненты, характеризующие стоимости как отдельных составляющих процесса эксплуатации распределенной ИС, так и затраты на создание СТЭ и эксплуатацию всей распределенной ИС в течение планового периода при заданной структуре системы эксплуатации.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Таким образом, технико-экономическую эффективность функционирования СТЭ целесообразно оценивать целым рядом разнородных показателей, характеризующих отдельные существенные свойства данной системы.

Целесообразность выбора того или иного варианта построения и функционирования СТЭ обуславливается требованиями, предъявляемыми к распределенным ИС в целом. При

этом задача определения значений параметров структуры СТЭ может решаться как в рамках более общей проблемы обеспечения надёжности распределенных ИС, так и представлять вполне самостоятельный научно-практический интерес.

Анализ показывает, что в общем случае при выборе структуры СТЭ стремятся к тому, чтобы обеспечивать как можно более лучшие значения по всем показателям качества и при этом, чтобы значения ни одного из показателей не оказались хуже заданных предельно допустимых значений.

Формальная запись такой постановки задачи выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} G_{\langle I1 \rangle} \rightarrow \max_{\Pi(S) \in \{\Pi^{\text{дон}}(S)\}} ; \\ \Theta_{\langle I2 \rangle} \rightarrow \min_{\Pi(S) \in \{\Pi^{\text{дон}}(S)\}} ; \\ C_{\langle I3 \rangle} \rightarrow \max_{\Pi(S) \in \{\Pi^{\text{дон}}(S)\}} \end{cases} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} G_{i1} &\geq G_{i1}^{\text{тп}}, \quad i1 \in \{I1\}, \\ \Theta_{i2} &\leq \Theta_{i2}^{\text{тп}}, \quad i2 \in \{I2\}, \\ C_{i3} &\leq G_{i3}^{\text{тп}}, \quad i3 \in \{I3\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Сформулированная в такой постановке задача относится к классу задач векторной дискретной оптимизации [4]. При решении данной задачи в рамках проблемы обеспечения надёжности распределенных ИС в постановке (1)–(2) целесообразно остановиться на этапе нахождения множества эффективных (Парето-оптимальных) решений с последующим выбором компромиссного варианта.

Как следует из приведённой постановки, решение задачи обоснования вариантов построения и функционирования СТЭ распределенных ИС требует последовательного решения ряда частных задач, к основным из которых относятся:

- разработка математической модели функционирования СТЭ, позволяющей описать различные варианты организации эксплуатации;
- разработка методического обеспечения для расчёта показателей готовности и временных показателей распределенных ИС с учётом параметров СТЭ;
- разработка методического обеспечения для расчёта затрат на создание СТЭ и эксплуатацию распределенных ИС;
- разработка методического обеспечения для решения задачи выбора вариантов построения и функционирования СТЭ распределенных ИС.

### **Особенности решения частных задач**

1. Математическая модель функционирования СТЭ должна базироваться на основе совместного представления обслуживаемой распределенной системы сбора и обработки

информации и системы ее технической эксплуатации в виде замкнутой неоднородной сети массового обслуживания.

Сеть массового обслуживания должна включать системы массового обслуживания двух типов: моделирования процесса возникновения заявок на ремонт и моделирования процессов функционирования ремонтных органов по удовлетворению этих заявок.

Знание стационарных вероятностей нахождения сети массового обслуживания в любом из возможных состояний позволяет совместно с использованием логико-вероятностных методов произвести расчёт показателей готовности и временных показателей как для отдельных средств, так и для заданной совокупности средств.

Значение показателя надежности при этом может быть получено в виде суммы вероятностей нахождения сети массового обслуживания во множестве состояний, в которых выполняется условие работоспособности для обслуживаемой системы.

Целесообразно рассмотреть два варианта: двухуровневую структуру системы технической эксплуатации «персонал – ремонтный орган» и трехуровневую структуру «персонал – ремонтный орган – специализированная ремонтная организация».

2. Методическое обеспечение для расчёта показателей готовности и временных показателей распределенных ИС с учётом параметров СТЭ должно обеспечивать решение следующих задач: описание структуры рассматриваемой обслуживаемой системы в виде графа и описание состава и типов элементов, составляющих рассматриваемую систему; определение интенсивностей потоков заявок на обслуживание с учётом интенсивностей отказов элементов и периодичностей проведения плановых мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности элементов различных типов; описание структуры и состава обслуживающих (ремонтных) органов, а также распределения технических средств, обслуживаемых каждым органом СТЭ; определение средних интенсивностей обслуживания заявок (без учёта времени нахождения в очереди на обслуживание) в зависимости от алгоритмов функционирования обслуживающих органов; составление функций работоспособности рассматриваемой обслуживаемой системы; получение для каждой функции работоспособности с помощью одного из известных алгоритмов вероятностной функции в форме разделённых произведений; выделение сочетаний состояний элементов обслуживаемой системы, являющихся зависимыми через общую систему обслуживания, и расчёт стационарных вероятностей состояний для таких групп элементов с использованием математического аппарата сетей массового обслуживания; расчёт требуемых показателей готовности; обслуживаемой системы и её отдельных функциональных подсистем; расчёт среднего времени восстановления работоспособности элемента обслуживаемой сети; расчёт коэффициентов готовности отдельных элементов обслуживаемой системы.

3. Методическое обеспечение для расчёта затрат на создание СТЭ и эксплуатацию распределенных ИС должно учитывать наличие двух основных составляющих: капитальных затрат на построение СТЭ и затрат, расходуемых собственно в процессе эксплуатации ИС – эксплуатационных затрат.

Расчёт капитальных затрат на создание СТЭ должен быть основан на калькулировании составляющих. Расчёт затрат на эксплуатацию ИС должен базироваться на проведении прогноза себестоимости работ, выполняемых в процессе эксплуатации ИС.

4. Методическое обеспечение для решения задачи выбора вариантов построения и функционирования СТЭ распределенных ИС должно учитывать следующие свойства вариантов ИС: свойство готовности отдельных элементов и функциональных систем ИС; свойство оперативности основных эксплуатационных мероприятий; затраты на построение и функционирование системы.

СТЭ ИС должна быть построена и функционировать таким образом, чтобы стремиться при этом к наилучшим значениям по всем показателям качества, т.е. стремиться обеспечить максимум готовности средств и подсистем, минимальные продолжительности простоев средств и подсистем по причинам проведения ТО, ремонтов и в ожидании обслуживания; а также минимальные затраты на построение и функционирование СТЭ и др.

При этом значения частных показателей должны быть не хуже заданных, определяемых предъявляемыми к данной системе требованиями.

Одновременно достичь наилучших результатов по каждому показателю при такой постановке задачи невозможно, поэтому далее задача сводится к поиску в некотором смысле «компромиссного» решения с учётом возможности учёта требований по каждому из показателей.

При такой формулировке требований к анализируемым существующим и перспективным вариантам построения и функционирования СТЭ процедура формирования требований и выбора наиболее предпочтительного варианта СТЭ ИС должна включать в себя следующие основные этапы: определение вектора управляемых параметров; определение полного состава показателей качества функционирования СТЭ; формирование целевых функций и ограничений на основании требований, предъявленных к ИС по оперативности проведения основных мероприятий технической эксплуатации, по готовности отдельных средств и функциональных подсистем ИС и затратам на построение и функционирование СТЭ; формирование множества альтернативных вариантов построения и функционирования СТЭ; расчёт значений частных показателей качества функционирования СТЭ (показателей готовности, временных и стоимостных показателей) и проверка выполнения ограничений; формирование множества эффективных решений.

## **Заключение**

В статье обсуждаются вопросы создания научно-методического аппарата для обоснования вариантов структурного построения и функционирования системы технической эксплуатации распределенных информационных систем. Предлагается в качестве значимых управляемых параметров использовать совокупность множеств, задающих структуру и характеристики объекта эксплуатации, структуру и алгоритмы функционирования подсистемы технического обслуживания и ремонта, а также характеризующих структуру и порядок функционирования подсистемы обеспечения запасами для данного объекта эксплуатации. Сформулированная в статье задача относится к классу задач векторной дискретной оптимизации. Перечислены особенности её решения.

## **Список литературы**

1. Зеленцов В.А., Гагин А.А. Надёжность, живучесть и техническое обслуживание сетей связи. – МО СССР, 1991.
2. Кокарев А.С., Птушкин А.И. Метод обоснования объема инвестиций в проекты внедрения типовых производств // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: [www.science-education.ru/111-10516](http://www.science-education.ru/111-10516) (дата обращения: 12.02.2014).
3. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений / М.М. Арипов, Г.П. Захаров, С.Т. Малиновский, Г.Г. Яновский: Под ред. Г.П. Захарова. – М.: Радио и связь, 1988.
4. Хомоненко А. Д. Численные методы анализа систем и сетей массового обслуживания. – МО СССР, 1991.
5. Шестопалова О.Л. Определение потребности в модернизации средств технического обеспечения распределенной системы сбора и обработки информации / А.Н.Дорохов, А.Н.Миронов, О.Л. Шестопалова // Информация и космос. – 2014. – № 1. – С.9–12.
6. Шестопалова О.Л. Пути и методы управления развитием системы информационного обеспечения эксплуатации космических средств / Д.А. Севастьянов, О.Л. Шестопалова // Информация и космос. – 2013. – № 1. – С. 6–9.

## **Рецензенты:**

Козлов В.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.

Садин Д.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.