

Гузенко В.Л., Клепов А.В., Миронов А.Н. Многокритериальный выбор варианта построения системы технической эксплуатации распределенной информационной системы [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_11.pdf

УДК 004.942+519.718

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Гузенко В.Л., кандидат технических наук, профессор, ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского».

Клепов А.В., кандидат технических наук, доцент, ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского».

Миронов А.Н., доктор технических наук, профессор, ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского».

В статье рассматриваются вопросы разработки научно-методического аппарата, позволяющего решать задачи, связанные с выбором вариантов структуры и способов функционирования системы технической эксплуатации территориально-распределенных информационных систем с использованием нескольких технико-экономических критериев: максимальному значению готовности, а также минимуму продолжительности простоев и затрат. Изложенные результаты могут быть полезны для развития методического обеспечения технического регулирования при оценке и подтверждении соответствия информационных систем на стадиях проектирования и эксплуатации.

Ключевые слова: техническое регулирование, система эксплуатации, распределенная информационная система, технико-экономические показатели.

UDC 004.942+519.718

MULTICRITERIAL CHOICE OF THE OPERATION SYSTEM VARIANT FOR THE DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Guzenko V.L., candidate of technical sciences, professor,
Mozhaisky Military Space Academy.

Klepov A.V., candidate of technical sciences, associate professor,
Mozhaisky Military Space Academy.

Mironov A.N., doctorate degree of technical sciences, professor,
Mozhaisky Military Space Academy.

http://iea.gostinfo.ru/files/2014_05/2014_05_11.pdf

The article deals with the questions of multicriterial choice of the operation system variant for the distributed information system. The following criteria are used: availability maximization, downtime and operations costs minimization. The results presented here may be useful for the development of methodological support of the technical regulation in the evaluation and demonstration of compliance during the design and operation.

Keywords: technical regulation, operation system, information system, technical indicators, economic indicators.

Обеспечение надёжности функционирования территориально-распределенных информационных систем (ИС) зависит от имеющихся у системы технической эксплуатации (ТЭ) ИС характеристик. Эти характеристики определяются применением передовых технологий эксплуатации ИС, в том числе основанных на учете фактического технического состояния [1, 4, 7-12].

С другой стороны, при решении задач обоснования выбора предпочтительного варианта структуры и способов функционирования системы ТЭ ИС возникает необходимость разработки соответствующего научно-методического аппарата, который учитывал бы то, что технико-экономические показатели вариантов построения системы ТЭ имеют векторный характер [1].

Качество системы ТЭ ИС, которая является сложной системой, а также эффективность ее функционирования не могут оцениваться по значению лишь одного какого-либо свойства [3, 4].

При сравнении различных вариантов построения системы ТЭ и выборе наилучшего варианта возможно возникновение противоречивой и неоднозначной ситуации при принятии решения. Противоречивость заключается в том, что по одному показателю свойства более приемлемым может оказаться один вариант, а по другим – другой. Значения показателей отдельных свойств, при совместном рассмотрении, в виду взаимной противоречивости не позволяют выполнить однозначное оценивание

технико-экономической эффективности. Это приводит к возникновению у лица принимающего решение значительных трудностей при выполнении анализе и задании требований к создаваемой или совершенствуемой системе ТЭ ИС. Если не ввести дополнительные ограничения на показатели качества исследуемой системы, а также на характеристики взаимосвязей этих показателей, задача выбора при принятии решения становится некорректной и неразрешимой. Такие дополнительные ограничения должны следовать из целей, анализа технико-экономической эффективности.

В рассматриваемой ситуации приемлемой, является многокритериальная постановка задачи: система ТЭ ИС должна выстраиваться так, чтобы обеспечивались наилучшие значения по всем показателям качества, т.е. с одной стороны необходимо стремиться обеспечить минимальные значения продолжительностей ожидания средств и подсистем по причинам, связанным с проведением технического обслуживания (ТО), ремонтов, а также минимальные значения затрат на построение и функционирование системы ТЭ, а с другой максимум показателя готовности средств и подсистем, и др.

В такой постановке задача формирования требований к системе ТЭ ИС и нахождения наиболее предпочтительного варианта построения системы требует выполнения ряда частных задач, к которым можно отнести следующие: определение полного перечня показателей эффективности функционирования системы ТЭ; определение вектора управляемых параметров; формирование целевых функций и накладываемых ограничений исходя из требований, предъявленных к ИС; формирование множества альтернатив построения и функционирования системы ТЭ; расчёт значений отдельных показателей качества функционирования системы ТЭ (показателей готовности, показателей стоимостных и временных затрат) и проверка соблюдения накладываемых ограничений; нахождение множества эффективных вариантов решений.

Формальная запись общей постановки задачи имеет вид:

$$\begin{cases} Y_{\langle Ii \rangle} \rightarrow \max, \\ Y_{\langle Ij \rangle} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

где $Y_{\langle Ij \rangle}$ – множества показателей для минимизации; $Y_{\langle Ii \rangle}$ – множества показателей, которые необходимо максимизировать.

Значения частных показателей, при этом, должны лежать в области допустимых значений, границы которой определены предъявляемыми к данной системе требованиями:

$$\begin{aligned} C_{nnn}(T) &\leq C_{nnn}^{\text{тп}}, \\ P_{n_{i \geq n_{доп}}} &\geq P_i^{\text{тп}}, \\ K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}} &\geq K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}}^{\text{тп}}, \\ K_{\Gamma_{st}} &\geq K_{\Gamma_{st}}^{\text{тп}}, \\ \bar{N}_{pi} &\geq N_{pi}^{\text{тп}}, \\ \bar{Q}_{ВЭ_j} &\geq Q_{ВЭ_j}^{\text{тп}}, \\ K_{\Gamma_{Э_j}} &\geq K_{\Gamma_{Э_j}}^{\text{тп}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $C_{nnn}(T)$ – материальные затраты на функционирование ИС в течение заданного периода T ;

$P_{n_{i \geq n_{доп}}}$ – вероятность нахождения в произвольный момент времени некоторого множества работоспособных средств типа i , количество которых больше или равно заданному значению;

$K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}}$, $K_{\Gamma_{st}}$, $K_{\Gamma_{Э_j}}$ – коэффициенты, характеризующие готовности компонент ИС;

\bar{N}_{pi} – среднее количество работоспособных компонент ИС i -го типа;

$\bar{Q}_{ВЭ_j}$ – среднее значение времени, затрачиваемого на восстановление работоспособности элементов типа j ;

$P_i^{\text{тп}}$, $K_{\Gamma_{\Phi_{ni}}}^{\text{тп}}$, $K_{\Gamma_{st}}^{\text{тп}}$, $N_{pi}^{\text{тп}}$, $Q_{ВЭ_j}^{\text{тп}}$, $K_{\Gamma_{Э_j}}^{\text{тп}}$ – требуемые значения перечисленных показателей.

Решая задачу в такой постановке, одновременно достичь наилучших результатов по каждому показателю невозможно. Поэтому дальше задача должна сводиться к поиску в некоторого компромиссного решения с учётом налагаемых ограничений по каждому из показателей [1, 3].

Алгоритм формирования требований и выбора наиболее предпочтительного варианта системы ТЭ ИС должен включать в себя следующие основные процедуры:

1. Определение полного перечня показателей качества функционирования системы ТЭ.

Здесь необходимо отметить, что для различных ИС перечень показателей может в общем случае оказаться различным в зависимости задач, которые возлагаются на данную ИС и её структуры.

2. Определение вектора управляемых параметров.

Обоснование требований к системе ТЭ сводится к задаче нахождения состава и соответствующих значений показателей подсистемы обеспечения запасными частями и подсистемы ТО и ремонта ИС.

3. Формирование целевых функций и налагаемых ограничений.

При формировании целевых функций и налагаемых ограничений (1) – (2) следует учитывать требования, предъявленные к ИС по готовности функциональных подсистем и средств ИС, по затратам на построение системы ТЭ и её функционирование [2], а также по оперативности выполнения основных мероприятий ТЭ.

Комплекс указанных требований должен быть сформулирован на основе целевых задач по функционированию данного оборудования, и требований к эффективности всей ИС в целом.

4. Формирование множества альтернатив построения и функционирования системы ТЭ.

Формирование множества альтернатив выполняется путём комбинирования отдельных параметров системы ТЭ на множествах их

возможных значений. Полученное в результате множество вариантов системы ТЭ, при этом, является конечным и счётным для каждой обслуживаемой подсистемы.

5. Расчёт отдельных показателей качества функционирования системы ТЭ (показателей готовности, показателей стоимостных и временных затрат) и проверка выполнения ограничений.

Расчёт значений показателей этих групп выполняется с использованием моделей и методик для различных вариантов построения и функционирования системы ТЭ.

Необходимо отметить, что на практике анализ всех возможных вариантов затруднителен, а часто и не возможен. В таких случаях, для поиска оптимального решения имеет смысл отбросить заведомо непригодные варианты из всех теоретически возможных.

В результате реализации данной процедуры исключаем из рассмотрения варианты, которые не обеспечивают выполнение хотя бы одного ограничения вида (2).

6. Определение множества эффективных решений.

Как известно, вариант значений показателей u_0 называется эффективным (или оптимальным по Парето), если множество допустимых сочетаний значений показателей не содержит такого сочетания значений показателей u^* , для которого выполняются следующие неравенства

$$\begin{aligned} f_i(u^*) &\geq f_i(u_0), \forall i \in I^1, \\ f_i(u^*) &\geq f_i(u_0), \forall i \in I^2 \end{aligned} \quad (3)$$

при этом хотя бы одно из неравенств было строгим.

Здесь $f_i(u)$ – значения i -го показателя качества системы ТЭ ИС на варианте значений параметров u , I^1 , I^2 – множества соответствующих индексов для максимизируемых и минимизируемых показателей качества функционирования системы ТЭ ИС.

Определить множество эффективных решений возможно с помощью применения известных алгоритмов [5, 6].

7. Определение компромиссного варианта построения системы ТЭ и её функционирования.

Согласно принятой терминологии, компромиссным вариантом можно считать такое решение, которое обеспечивает одинаковые и минимальные взвешенные относительные потери по всем показателям (отклонения от оптимумов одинаковы и минимальны) [3]:

$$\rho_1 w_1(u^k) = \dots = \rho_M w_M(u^k) = \min_{u \in U_{\text{доп}}} \rho_i w_i(u), \quad (4)$$

где M – частные показатели качества;

ρ_i – весовые коэффициенты относительной важности частных показателей эффективности системы в целом;

$U_{\text{доп}}$ – допустимые значения параметров;

$w_i(u)$ – относительные отклонения от оптимумов показателей качества функционирования на значениях параметров, $0 \leq w_i \leq 1$; $I = I_1 \cup I_2$.

Относительные отклонения от оптимумов:

$$w_i = \frac{f_i(\cdot) - f_i^0}{f_i^* - f_i^0}, \quad (5)$$

где f_i^* и f_i^0 – наихудшее и оптимальное значения i -го показателя качества соответственно, достигаемые на множестве вариантов решений с учётом ограничений.

Нахождение весовых коэффициентов относительной важности представляет собой самостоятельную задачу. Предположим, что в данной задаче они априорно известны.

Нахождение компромиссного решения в соответствии с [3] сводится к решению задачи следующего вида:

$$u^k = \arg \min \max \rho_i w_i(u). \quad (6)$$

Исходя из этого, решением задачи определения варианта построения системы ТЭ ИС и её функционирования является нахождение такого набора параметров системы ТЭ, при котором максимальное взвешенное отклонение от оптимума на множестве показателей минимально.

В том случае, если решение (6) не является единственным, к множеству эквивалентных в смысле (3) решений $u^k \in U^k$ применим дополнительный критерий

$$\sum_{i \in I} \rho_i w_i(u) \rightarrow \min_{u^k \in U^k} . \quad (7)$$

Для поиска компромиссного решения в постановке (6), (7) могут быть применены алгоритмы последовательного анализа и отсеивания вариантов [5].

Таким образом, в статье рассмотрены вопросы разработки научно-методического аппарата предназначенного для решения задачи выбора вариантов структуры системы ТЭ ИС и вариантов её функционирования по множеству технико-экономических показателей. Показано, что применение многокритериальной постановки задачи является наиболее приемлемым. Следует обеспечить построение системы ТЭ ИС таким образом, чтобы обеспечивались наилучшие значения по всем показателям качества, то есть необходимо достичь максимум показателя готовности подсистем и средств, минимальные значения времени простоев подсистем и средств по причинам, связанным с проведением ТО, ремонтов, а также минимальные значения затрат на построение системы ТЭ и её функционирование.

Рассмотренная в статье задача может быть отнесена к классу задач многокритериальной дискретной оптимизации. Математический аппарат этого класса задач позволяет найти компромиссное решение, учитывающее требования по каждому из частных показателей. Значения этих показателей должны лежать в области допустимых значений, границы которой определяются предъявляемыми системе требованиями. В рамках решения задачи многокритериальной оптимизации компромиссным является такое

эффективное решение, для которого относительные взвешенные потери по всем показателям одинаковы и минимальны.

Список использованных источников и литературы

1. Клепов А.В. Постановка задачи обеспечения технико-экономической эффективности эксплуатации распределенной информационной системы / В.Л. Гузенко, А.В. Клепов, Е.А. Миронов, О.Л. Шестопалова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12361>.
2. Кокарев А.С. Метод обоснования объема инвестиций в проекты внедрения типовых производств / А.С. Кокарев, А.И. Птушкин // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: www.science-education.ru/111-10516.
3. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем управления / В.Л. Волкович, А.Ф. Волошин, Т.М. Горлова и др. – Киев: Наукова думка, 1984. 216 с.
4. Миронов А.Н. Моделирование процесса функционирования системы технической эксплуатации территориально-распределенной информационной системы / В.Л. Гузенко, А.В. Клепов, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопалова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12362>.
5. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1982. 286 с.
6. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 254 с.
7. 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.
8. Korovaitsev A.A., Lomakin M.I., Dokukin A.V. Evaluation of metrological reliability of measuring instruments under the conditions of incomplete data // Measurement Techniques. 2014. Т. 56. № 10. С. 1111-1116 .
9. Коровайцев А.А., Ломакин М.И., Докукин А.И. Оценка метрологической надежности средств измерений в условиях неполных данных // Измерительная техника. 2013. № 10. С.14-17.
10. Lomakin M.I., Mironov A.N. Shestopalova O.I. Multimodel Processing of Measurement Data in Intelligent Systems for Predicting the Reliability of Spaceborne Equipment // Measurement Techniques. 2014. Т. 57, № 1. С. 8-15.

11. Ломакин М.И. Гарантированные оценки вероятности безотказной работы в классе распределений с фиксированными моментами // Автоматика и телемеханика. 1991. № 1. С.154–161.

12. Lomakin M.I. Guaranteed bounds on failfree operation probability in the class of distributions with fixed moments // Автоматика и телемеханика. 1991. № 1. С 154-161.

© Гузенко В.Л.

© Клепов А.В.

© Миронов А.Н.