

А. Д. КАЛУЖСКИЙ
**О РОЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ**

Калужский А.Д. О роли функционально-параметрического анализа в оценке эффективности работы системы.

Аннотация. В работе рассматривается вопрос формирования процедуры функционально-параметрического анализа, лежащего в основе проведения расчета эффективности работы многофункционального комплекса при решении оперативных задач, предлагаются соотношения для расчета, отмечается целесообразность введения в комплексы устройств информационной поддержки.

Ключевые слова: система, функция, параметр, эффективность, комплекс, информационная поддержка, оперативные задачи.

Kaluzhskiy A.D. About the role of functional and parametric analysis in estimation of effectiveness of system's operation.

Abstract. In this article we treat a question how to develop a procedure of functional and parametric analysis, which is based on calculation of effectiveness of multifunctional complex operation during decision making; we offer correlations for calculation, mark practicability of adding of support devices to information complexes.

Keywords: system, function, parameter, effectiveness, complex, informational support, operational tasks.

1. Постановка задачи. Современные системы, в своем большинстве, как отмечено в [1], представляют собой многофункциональные управляемые человеком комплексы (СМК) и, соответственно, относятся к классу эргатических систем. Каждый СМК предназначен для выполнения ряда конкретных функций, которые реализуются входящим в его состав оборудованием (подсистемами), обслуживаемым соответствующим персоналом. Эффективность выполнения каждой функции определяется, соответственно, как эффективностью работы оборудования, так и профессионализмом и квалификацией персонала.

Оценка эффективности работы СМК в общем случае предполагает учет эффективности работы всех его подсистем и обслуживающего персонала (коллектива комплекса). Работа системы в целом оценивается, например, при регламентных работах системы, когда контролируются все необходимые параметры оборудования всех ее подсистем, участвующих в выполнении всех функций системы, а члены коллектива проходят переаттестацию, включающую в себя и диспансеризацию (определение эффективности работы организма).

Однако, в конкретных эксплуатационных условиях — в соответствии с каждой поставленной задачей, СМК из всего спектра функций по назначению выполняет, как правило, одну–две из них, причем для одной задачи это могут быть одни функции, для другой — другие и т. д. В таких вариантах использования часть подсистем СМК могут быть не задействованы или задействованы частично — соответственно, эффективность их работы не так важна, как эффективность подсистем, выполняющих поставленную задачу. Например, если спасательное судно, имеющее на борту специальное глубоководное оборудование, будет решать задачу транспортировки личного состава и техники (что в определенной ситуации вполне реально), то эффективность выполнения данной задачи судном (системой в целом) не должна, естественно, зависеть от эффективности работы или исправности этого оборудования.

Расчет эффективности СМК в период эксплуатации, как отмечено в работе [2], может проводиться, как правило, в двух режимах: это либо периодические *плановые расчеты эффективности* (ПРЭ) функционирования СМК, либо — *внеплановые расчеты эффективности* (ВРЭ). ПРЭ должны проводиться, как правило, в период регламентных работ комплекса, после ремонта и т.п., в то время, как ВРЭ, — при возникновении оперативной задачи, поставленной перед СМК, или после серьезных отказов оборудования его конкретной подсистемы.

Таким образом, степень выполнения комплексом функций по назначению определяется либо по отношению ко всем его функциям (ПРЭ), либо по каждой функции отдельно (ВРЭ) — когда ее выполнение обеспечивается частью подсистем СМК, причем с разной степенью важности каждой из них (например, при дальнем походе корабля важно иметь каналы связи и с большой и с малой дальностью, а при коротком переходе — может быть достаточно ближней связи; в этом случае неработоспособность части аппаратуры связи на эффективность системы не влияет); последняя операция определяется процедурой *функционально-параметрического анализа* системы.

Под функционально-параметрическим анализом системы (ФПА) понимается процедура определения соответствия стоящих перед системой задач, которые определяются функциональным назначением системы и параметров ее составных частей (подсистем, узлов, элементов), необходимых для реализации этих задач, с учетом уровня важности каждой составной части в решении каждой задачи.

Методика оценки эффективности системы применительно к плановому расчету эффективности достаточно подробно изложена в ряде

работ автора [1, 2]. Что же касается эффективности функционирования СМК при выполнении последним одной или нескольких функций по назначению, то методика ее расчета должна быть откорректирована с учетом эффективности работы и важности каждой подсистемы СМК, участвующей в выполнении соответствующих функций. Этот вопрос рассматривается в настоящей работе в форме проведения функционально-параметрического анализа и учета его результатов при оценке эффективности функционирования СМК; отметим, что в работе обсуждается только "техническая" составляющая эффективности СМК, составляющая, определяемая эффективностью работы персонала, рассмотрена в [3].

2. Функционально-параметрический анализ.

2.1. Функции и подсистемы СМК. Перед началом процедуры ФПА должен быть проведен анализ функций СМК и определены те из них, выполнение которых необходимо для решения поставленной задачи. Далее, необходимо провести ранжирование выбранных функций и определить их весовые коэффициенты (например, используя метод лингвистических переменных [4]). Выполнение каждой функции СМК обеспечивается работой одной или нескольких его подсистем; соответственно, следует провести анализ состава СМК и определить подсистемы, которые должны участвовать в выполнении этих функций; в каждой из подсистем необходимо выделить оборудование, непосредственно выполняющее функции, эффективность работы которого будет определять эффективность решения данной задачи СМК. Исходя из важности данного оборудования относительно другого оборудования, участвующего в выполнении данной функции, необходимо определить его весовые коэффициенты.

2.2. Процедура ФПА. Процедура ФПА состоит, как отмечалось, в определении соответствия каждой выполняемой СМК функции перечню и значимости подсистем, их выполняющих. Такая процедура требует, с одной стороны, их "привязки" к соответствующим подсистемам СМК, а с другой — определения групп показателей, характеризующих оборудование, которое обеспечивает выполнение каждой функции; при этом должны быть определены значения каждого показателя и относительная величина его веса (важности).

Следующим шагом в проведении ФПА является формирование таблицы соответствия групп показателей каждой из функций. В эту таблицу вносится перечень функций и соответствующие каждой из них названия подсистем, их реализующих, а также их весовые коэффициенты. Кроме того, в отдельные графы записываются показатели

оборудования каждой подсистемы и значения весовых коэффициентов соответствующих показателей.

2.3. Основные соотношения для расчета эффективности по результатам ФПА. В качестве исходных соотношений для расчета используются предложенные в [1] соотношения для расчета эффективности СМК и коэффициентов успеха показателей.

Эффективность работы СМК $\gamma_{СМК}$ определяется эффективностью работы γ_n каждой n -ой подсистемы СМК и их взаимным приоритетом (весовыми коэффициентами β_n):

$$\gamma_{СМК} = \sum \beta_n \gamma_n . \quad (1)$$

Выражение для расчета эффективности подсистемы γ_n и ее составляющих может быть представлено в виде:

$$\gamma_n = \sum \beta_i \eta_i , \quad (2)$$

где β_i — весовой коэффициент i -го показателя подсистемы; η_i — коэффициенты успеха i -го показателя подсистемы; N — число рассматриваемых показателей, $i = [1; N]$.

Выражения для расчета коэффициентов успеха η_i каждого из i показателей записывается следующим образом:

$$\eta_i = 1 - \alpha_{i\min} / \alpha_i ; \quad \eta_i = 1 - \alpha_i / \alpha_{i\max} , \quad (3)$$

где $\alpha_{i\min}$, $\alpha_{i\max}$ — минимальная, максимальная (но всегда наилучшая) величина i -го показателя; α_i — текущее значение i -го показателя.

Данные соотношения определяют потенциальную эффективность работы СМК без "привязки" к выполнению его конкретных функций. Процедура ФПА, как отмечалось, позволяет рассчитать величину эффективности работы СМК применительно к решению конкретных задач путем учета в соотношениях (1), (2) только тех подсистем, которые определяют выполнение поставленных задач.

Таким образом, эффективность выполнения СМК поставленной оперативной задачи γ_3 определяется эффективностью работы оборудования каждой n -ой подсистемы по выполнению каждой m -ой функции задачи $\gamma_{П/Cnm}$ и их взаимным приоритетом $\beta_{П/Cnm}$, а также взаимным приоритетом функций $\beta_{Фnm}$

$$\gamma_3 = \sum \beta_{Фm} \sum (\beta_{П/Cnm} \gamma_{П/Cnm}) . \quad (4)$$

Развернутое выражение величины эффективности работы СМК по выполнению его каждой m -ой функции $\gamma_{\Phi m}$ определяется, как:

$$\gamma_{\Phi m} = \beta_{\Phi m}(\beta_{\Pi/C1m}\gamma_{\Pi/C1m} + \beta_{\Pi/C2m}\gamma_{\Pi/C2m} + \beta_{\Pi/C3m}\gamma_{\Pi/C3m} + \dots). \quad (5)$$

Заключение. В заключение надо отметить, что предложенная в работе процедура функционально-параметрического анализа может быть реализована на практике при введении в состав СМК Устройства информационной поддержки комплекса (УИПК), предназначенного для проведения расчетов эффективности функционирования СМК в период эксплуатации. Дело в том, что вопрос принятия решения о возможности выполнения СМК той или иной задачи относится к классу оперативных задач; соответственно, достоверность принятия решения определяется уровнем достоверности информации о реальной эффективности работы оборудования, задействованного в решении данной задачи подсистем. Реальная эффективность работы, в свою очередь, может быть определена только на основе оперативной информации от соответствующего оборудования. Такой расчет может быть выполнен в УИПК, где предполагается наличие интерфейсов, обеспечивающих прием оперативной информации от оборудования СМК по локальным линиям связи.

УИПК, представляющее собой относительно несложное и недорогое устройство, является аппаратурой автономной и может быть введено в состав практически любого СМК на любой стадии его жизненного цикла. Некоторые вопросы построения УИПК рассмотрены в разделе 6 [1] и в [5].

Литература

1. *Калужский А.Д.* Некоторые вопросы информационного обеспечения эргатических систем // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 1(16).
2. *Калужский А.Д., Третьяков О.В.* Метод оценки изменения эффективности судна в период его эксплуатации // Материалы 7-й Общероссийской конференции «Моринтех-2008», СПб, 2008. С. 364–371.
3. *Калужский А.Д.* Функционально-параметрический анализ в вопросах обеспечения безопасности работы современных систем. СПб.: БЕРГ-коллегия, 2010. (В печати).
4. *Заде Лотфи А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня: сборник статей / Пер. с англ. М.: Знание, 1974. С. 5–48.
5. *Калужский А.Д.* О предупреждении аварий в сложных системах // БЕРГ-коллегия. 2010. №11. С. 15–17.

Калужский Александр Давидович — канд. техн. наук. Область научных интересов: информационные технологии, разработка системных методов в разных областях деятельности. Число научных публикаций — 101. sakak@mail.ru, www.insis10.ru; +7(911)212-72-38.

Kaluzhskiy Alexander Davidovich — PhD. Research interests: information technology, development of system methods in various fields. The number of publications — 101. sakak@mail.ru, www.insis10.ru; +7(911)212-72-38.

Рекомендовано СПИИРАН, зам. директора Соколов Б.В., д.т.н., профессор.
Статья поступила в редакцию 14.03.2011.

РЕФЕРАТ

Калужский А.Д. О роли функционально-параметрического анализа в оценке эффективности работы системы.

Большинство современных систем представляет собой многофункциональные управляемые человеком комплексы (СМК). Каждый СМК предназначен для выполнения ряда конкретных функций, которые реализуются входящим в его состав оборудованием (подсистемами), обслуживаемым соответствующим персоналом. Эффективность выполнения каждой функции определяется, соответственно, как эффективностью работы оборудования, так и профессионализмом и квалификацией персонала.

В работе отмечается, что в конкретных эксплуатационных условиях — в соответствии с каждой поставленной задачей, СМК из всего спектра функций по назначению выполняет, как правило, одну–две из них, причем для одной задачи это могут быть одни функции, для другой — другие и т. д. В таких вариантах использования часть подсистем СМК может быть не задействована или задействована частично — соответственно, эффективность их работы не так важна, как эффективность подсистем, выполняющих поставленную задачу.

Отмечается также, что расчет эффективности СМК в период эксплуатации может проводиться, как правило, в двух режимах: это либо периодические *плановые расчеты эффективности* (ПРЭ) функционирования СМК, либо — *внеплановые расчеты эффективности* (ВРЭ), причем ПРЭ должны проводиться, как правило, в период регламентных работ комплекса, а ВРЭ — при возникновении оперативной задачи, поставленной перед СМК, или после серьезных отказов оборудования его конкретной подсистемы.

Таким образом, степень выполнения комплексом функций по назначению определяется либо по отношению ко всем его функциям (ПРЭ), либо по каждой функции отдельно (ВРЭ) — когда ее выполнение обеспечивается частью подсистем СМК, причем с разной степенью важности каждой из них (например, при дальнем походе корабля важно иметь каналы связи и с большой и с малой дальностью, а при коротком переходе — может быть достаточно ближней связи; в этом случае неработоспособность части аппаратуры связи на эффективность системы не влияет); последняя операция определяется процедурой *функционально-параметрического анализа* системы.

В работе дается определение понятия «функционально-параметрический анализ системы», приводятся соотношения для расчета эффективности выполнения СМК оперативных задач, указывается на возможность и целесообразность разработки устройства информационной поддержки комплекса (УИПК), предназначенного для проведения расчетов эффективности функционирования СМК в период эксплуатации. Отмечается также, что УИПК представляет собой относительно несложное и недорогое устройство, является аппаратурой автономной и может быть введено в состав практически любого СМК на любой стадии его жизненного цикла.

SUMMARY

Kaluzhskiy A. About the role of functional and parametric analysis in estimation of effectiveness of system operation.

The majority of modern systems are multifunctional complexes managed by humans (CMC). Every CMC is developed for definite purposes and functions which are realized by its technical components (sub-systems) managed by personnel. Effectiveness of every step and function is determined both by effectiveness of equipment operation and personnel professionalism and qualification.

In the article we show that in specific operational situation — in accordance with specific task, CMC usually makes one or two tasks of all possible ones, where for the first task can be used one part of functions and for another — other ones. In this case some of CMC subsystems can not be used at all or used partly, thereafter effectiveness of their work is not so important as effectiveness of subsystems fulfilling an assigned task.

Also we mark that calculation of CMC effectiveness during operation can be passed in 2 different modes: periodical *planned CMC effectiveness calculations (PEC)* or *off-schedule effectiveness calculations (OSEC)*, where PEC should be passed during regulation complex operation, and OSEC should be used for operational task assigned to CMC or after important accidents or failure of subsystem equipment.

As a result a level of compliance of functions by the complex is fixed both concerning all its functions (PEC) or every function apart (OSEC) — when its compliance is ensured by some sub-system of CMC, at that with various level of importance of every sub-system (for example, for distant sailing it's very important to have different channels with long and short-distance coverage in a ship, but for coast navigation it's possible to have only short-distance coverage channels; in this case not functioning of some equipment will not influence the system effectiveness); the last activity is determined by a procedure of system *functional and parametric analysis*

We give a definition for “system functional and parametric analysis”, present correlations to calculate effectiveness of CMC operations and operational tasks performed by CMC, show a possibility and practicability of development of the complex information support hardware (CISH), destined to calculate effectiveness of CMC during operation. Also we mark that the CISH is not a very complicated and not expensive hardware, which is autonomic and can be included as a part of any CMC on every step of the complex life cycle.