

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОМ АНАЛИЗЕ

*Раков Д.Л.<sup>1</sup>, Барденхаген А.<sup>2</sup>, Печейкина М.А.<sup>3</sup>, Тодоров В.Т.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия;*

<sup>2</sup>*Берлинский технический университет, Берлин, Германия;*

<sup>3</sup>*Московский энергетический институт, Москва, Россия*

**Ключевые слова:** морфологический подход, функционально-стоимостной анализ, системный анализ, жизненный цикл, технические системы, морфологический ящик.

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы о возможном использовании морфологического подхода для функционально-стоимостного анализа (ФСА). Кратко дается обзор о направлениях использования ФСА. Использование морфологии проводится с целью увеличения эффективности поиска и анализа новых технических решений (ТР). Предлагается использовать улучшенный метод морфологического анализа, позволяющий расширить и уточнить информацию об исследуемом объекте. Целью использования является также создание ТР, способных адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и высокой эффективностью на всех этапах жизненного цикла.

## POTENTIAL APPLICATION OF THE MORPHOLOGICAL APPROACH FOR THE PURPOSES OF VALUE ENGINEERING

*Rakov D.L.<sup>1</sup>, Bardenhagen A.<sup>2</sup>, Pecheykina M.A.<sup>3</sup>, Todorov V.T.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Mechanical Engineering Research Institute of the RAS, Moscow, Russia;*

<sup>2</sup>*Technische Universität Berlin, Berlin, Germany;*

<sup>3</sup>*Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia*

**Keywords:** morphological approach, value engineering, system analysis, life cycle, engineering systems, morphological box.

**Abstract.** The paper considers the issues of possible use of morphological approach for value engineering (VE). An overview of the uses of VE is briefly given. The use of morphology is conducted in order to increase the efficiency of search and analysis of new engineering solutions (ES). The paper proposes the use of an improved method of morphological analysis, which allows you to expand and refine the information about the object under study. The purpose of the use is also to create ESs capable of adapting to changing environmental conditions and high efficiency in all phases of the life cycle.

Начиная с 60-х годов прошлого века в инженерной практике появился и стал активно использоваться функционально-стоимостной анализ (ФСА) [1]. Причиной его возникновения и развития лежит тот факт, что при анализе технических систем (ТС) и технологических процессов вследствие недостатка и неопределенности информации некоторая часть решений принимаются интуитивно, на основании опыта, который может устареть. Достаточно часто отсутствует эффективная обратная связь между конструкторами, технологами и производителями. Конструкторы не в полной мере учитывают особенности и стоимость использования технологических процессов и способов обработки, и, как правило, концентрируется на достижении высокого технического уровня и эксплуатационных характеристиках синтезированных технических

решений. При выработке новых технических решений ощущается недостаток новых идей, необходимых для принятия рациональных решений в условиях неопределённости и постоянного увеличения темпов научно-технического прогресса.

ФСА используется для системного анализа объекта исследования. Главной задачей ФСА является снижение затрат при проектировании и создании исследуемого объекта. Снижение затрат должно выполняться без потери качества объекта для конечного потребителя.

ФСА содержит ряд основополагающих положений:

- Как правило, ТС обладает скрытыми резервами и соответственно возможностями для модернизации.

- Анализ и снижение затрат следует осуществлять на стадии проектирования.

- Отдельные подсистемы проще усовершенствовать, чем саму ТС в целом.

ФСА рассматривается на всем жизненном цикле продукции и в том числе включают в себя следующие основные стадии: затраты, материалы, изготовление, эксплуатацию и утилизацию. Можно рассмотреть следующие основные этапы проведения ФСА.

- Выбор объекта для проведения исследования.

- Анализ информации

- Декомпозиция и выбор элементов технической системы.

- Анализ и определение функций элементов частей ТС.

- Построение функциональной схемы ТС.

- Разработка структурной схемы технического решения.

- Конвергенция.

- Анализ полученных решений и оценка работоспособности.

На некоторых этапах проведения ФСА можно использовать морфологические методы [2, 3]. Методы базируются на создании морфологической матрицы (ММ) (рис. 1).

Классические методы морфологического анализа имеют ряд недостатков. В частности, относительно легко сгенерировать множество потенциальных ТР, но остается проблема выбора из этого множества ряда действительно наилучших.

С целью устранения этого и ряда других недостатков был предложен улучшенный морфологический подход. В основе разработанного метода лежат методы кластерного и системного анализа, теории множеств и экспертных оценок [4, 5]. Так, в подходе возможно сгенерировать пространство потенциальных ТР и выбрать число сгенерированных и рассматриваемых ТР (рис. 2).

При поиске новых технических решений в ФСА исследуются вопросы оптимального и рационального использования ресурсов и материалов, а также эксплуатационные характеристики ТР и технологических процессов.

	F <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	F <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>		F <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	F <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>
F <sup>1</sup>	F <sub>1</sub> <sup>1</sup>	F <sub>1</sub> <sup>2</sup>	F <sub>1</sub> <sup>3</sup>		F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> <sup>1</sup>	F <sub>1</sub> <sup>2</sup>	F <sub>1</sub> <sup>3</sup>	
F <sup>2</sup>	F <sub>2</sub> <sup>1</sup>	F <sub>2</sub> <sup>2</sup>			F <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> <sup>1</sup>	F <sub>2</sub> <sup>2</sup>		
F <sup>3</sup>	F <sub>3</sub> <sup>1</sup>	F <sub>3</sub> <sup>2</sup>	F <sub>3</sub> <sup>3</sup>	F <sub>3</sub> <sup>4</sup>	F <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> <sup>1</sup>	F <sub>3</sub> <sup>2</sup>	F <sub>3</sub> <sup>3</sup>	F <sub>3</sub> <sup>4</sup>
F <sup>4</sup>	F <sub>4</sub> <sup>1</sup>	F <sub>4</sub> <sup>2</sup>	F <sub>4</sub> <sup>3</sup>		F <sub>4</sub>	F <sub>4</sub> <sup>1</sup>	F <sub>4</sub> <sup>2</sup>	F <sub>4</sub> <sup>3</sup>	
F <sup>5</sup>	F <sub>5</sub> <sup>1</sup>	F <sub>5</sub> <sup>2</sup>	F <sub>5</sub> <sup>3</sup>	F <sub>5</sub> <sup>4</sup>	F <sub>5</sub>	F <sub>5</sub> <sup>1</sup>	F <sub>5</sub> <sup>2</sup>	F <sub>5</sub> <sup>3</sup>	F <sub>5</sub> <sup>4</sup>

Рис. 1. ММ (слева) и один из вариантов ТР (справа)

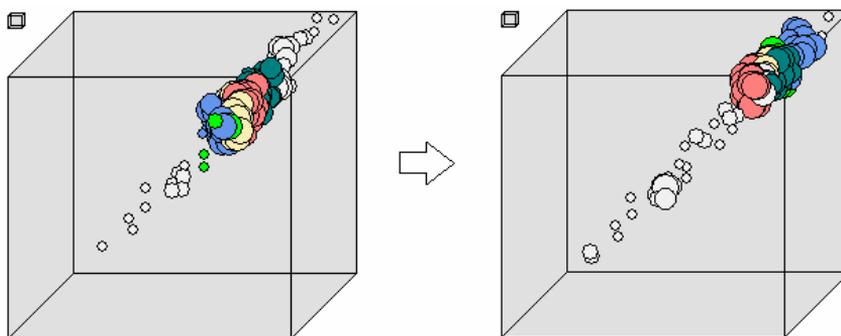


Рис. 2. Пространство ТР, (слева 1400 сгенерированных вариантов, справа 14000 сгенерированных ТР)

Использование совместных творческих усилий и обсуждений специалистами разных специальностей позволяют достичь широкого синтеза спектра ценных идей в области функционально-стоимостного анализа. Создание рабочих групп состоящих из специалистов различных специальностей является одним из главных условий успешного проведения анализа.

Использование морфологического анализа при ФСА можно рассматривать, как непрерывный процесс повышения технико-экономических показателей синтезированных технических систем и технологических процессов, организационных структур.

#### Список литературы / References

1. Sato Y., Kaufman J. Value analysis tear-down: a new process for product development and innovation. – Industrial Press, 2005. – 207 p.
2. Zwicky F. Discovery, Invention Research – Through the Morphological Approach. – Toronto: The Macmillan Company, 1969.
3. Zwicky F., Wilson A. New Methods of Thought and Procedure: Contributions. – Berlin: Springer, 1967.
4. Todorov V.T., Rakov D., Bardenhagen A. Structured Expert Judgment Elicitation in Conceptual Aircraft Design // Aerospace. 2023, no. 10(3), pp. 1-27.
5. Bardenhagen A., Rakov D. Advanced morphological approach in aerospace design during conceptual stage // Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering. 2019, no. 3, pp. 321-332.

<b>Раков Дмитрий Леонидович</b> – кандидат технических наук, старший научный сотрудник	<b>Rakov Dmitry Leonidovich</b> – candidate of technical sciences, senior researcher
<b>Барденхаген Андреас</b> – доктор, профессор института аэронавтики и астронавтики	<b>Bardenhagen Andreas</b> – doctor, professor of Institute of Aeronautics and Astronautics
<b>Печейкина Марина Анатольевна</b> – старший преподаватель	<b>Pecheykina Marina Anatolievna</b> – senior lecturer
<b>Тодоров Владислав Тихомиров</b> – докторант института аэронавтики и астронавтики	<b>Todorov Vladislav Tihomirov</b> – Ph.D.-student, Institute of Aeronautics and Astronautics
rdl@mail.ru	

Received 05.05.2023