

5. Harris, L. Trading and Exchanges: Market Microstructure for Practitioners [Text] / L. Harris. – Oxford University Press, 2003 – 656 p.
6. Cont, R. Volatility Clustering in Financial Markets: Empirical Facts and Agent-Based Models [Text] / R. Cont. – Springer, 2006. – P. 289–310.
7. O'Connor, B. Comparison of data analysis packages: R, Matlab, SciPy, Excel, SAS, SPSS, Stata [Electronic resource] / Available at: <http://brenocon.com/blog/2009/02/comparison-of-data-analysis-packages-r-matlab-scipy-excel-sas-spss-stata/> (Last accessed: 28.11.2014).
8. Steinhaus. Comparison of mathematical programs for data analysis [Electronic resource] / Available at: <http://www.scientificweb.de/ncrunch/> (Last accessed: 28.11.2014).
9. Basaran, F. U. New Approach for the Short-Term Load Forecasting with Autoregressive and Artificial Neural Network Models [Text] / F. U. Basaran, M. Kurban // International Journal of Computational Intelligence Research. – 2007. – Vol. 3, Issue 1. – P. 66–71. doi: 10.5019/ijcir.2007.88
10. Forrester, J. W. World Dynamics. Second Edition [Text] / J. W. Forrester // Wright-Allen Press inc, 1976. – 144 p.
11. Нейлор, Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем [Текст] / Т. Нейлор. – М.: Мир, 1975. – 500 p.
12. Theil, H. Optimal Decision Rules for Government and Industry [Text] / H. Theil. – Rand McNally, 1964.
13. Theil, H. Applied economic forecasting [text] / H. Theil. – Rand McNally, 1966.

*Проведено аналіз факторів, що визначають ефективність систем великомасштабного моніторингу, формалізовані мета їх реінжинірингу та їх структурний опис. Запропонована трирівнева схема декомпозиції проблеми реінжинірингу систем великомасштабного моніторингу, визначені склад і схема взаємозв'язку проблемно пов'язаних задач за вхідними та вихідними даними. Запропонована модель дозволяє підвищити ефективність результатів розв'язання практичних задач реінжинірингу*

*Ключові слова: система великомасштабного моніторингу, реінжиніринг, системологічна модель, оптимізація, декомпозиція, методологія*

*Проведен анализ факторов, определяющих эффективность систем крупномасштабного мониторинга, формализована цель их реинжиниринга и их структурное описание. Предложена трехуровневая схема декомпозиции проблемы реинжиниринга систем крупномасштабного мониторинга, определены состав и схема взаимосвязи проблемно связанных задач по входным и выходным данными. Предложенная модель позволяет повысить эффективность результатов решения практических задач реинжиниринга*

*Ключевые слова: система крупномасштабного мониторинга, реинжиниринг, системологическая модель, оптимизация, декомпозиция, методология*

УДК 004.9

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43471

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКОГО РЕИНЖИНИРИНГА СИСТЕМ КРУПНОМАСШТАБНОГО МОНИТОРИНГА

**В. В. Бескорвайный**

Доктор технических наук, профессор\*

E-mail: [vvbeskorovainiy@mail.ru](mailto:vvbeskorovainiy@mail.ru)

**К. Е. Подоляка**

Аспирант\*

E-mail: [podolyakakseniya@gmail.com](mailto:podolyakakseniya@gmail.com)

\*Кафедра системотехники

Харьковский национальный

университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

## 1. Введение

В процессе информатизации и глобализации мирового сообщества решение многих социально-экономических и научно-исследовательских задач основывается на данных, предоставляемых системами крупномасштабного мониторинга (СКММ). Приме-

рами могут служить системы экологического, гидрометеорологического, экономического, радиационного, астрономического, медицинского мониторинга. Известно, что проектирование подобных объектов предполагает итерационное решение комплекса комбинаторных задач структурной, топологической (территориальной), параметрической и технологической

оптимизации. На практике это приводит к серьезной проблеме, требующей разработки комплекса математических моделей, методов, алгоритмов и соответствующего программного обеспечения.

При изменении условий и средств мониторинга (например, объемов поступающей информации, совершенствовании элементов и технологии функционирования обработки и хранения информации) возникает необходимость проведения реинжиниринга (перепроектирования) систем. Это делает актуальной проблему разработки методологии реинжиниринга СКММ, включая разработку комплексов эффективных математических моделей, методов и инструментальных средств для реинжиниринга их топологических структур.

---

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

---

Одним из первых понятие «реинжиниринг» использовали Майкл Хаммер и Джеймс Чампи [1]. В их работах представлены принципы реинжиниринга бизнес-процессов компаний, но не представлены формальные модели и методы для его проведения.

Более формальные подходы представлены в работах Т. Дэвенпорта [2], Д. Морриса, Й. Брендона [3], Р. Манганелли, М. Клайна [4]. При этом наряду с понятием «реинжиниринг» в них используется понятие «перепроектирование» (BPR Business – Process Redesign).

Обширный обзор по проблеме реинжиниринга проведен в работе Т. Хесса, Л. Брехта [5]. В нем было показано, что нет общепринятого подхода к анализу существующих систем и выбору процессов, которые будут подвергнуты реинжинирингу.

Вариант декомпозиции и формализации этапов процесса реинжиниринга был предложен для крупных программных систем в [6]. Однако такой подход может быть применен только на уровне абстракции и не дает определения входным и выходным параметрам каждого уровня, что требует его доработки для применения в области реинжиниринга СКММ.

Подавляющее большинство публикаций, посвященных различным аспектам проблемы реинжиниринга, относятся к реинжинирингу бизнес-процессов или структур программного обеспечения. Кроме того, в области технических систем вместо понятия «реинжиниринг» принято использовать такие понятия как «перепроектирование» [3], «эволюция» [7, 8], «миграция», «модернизация», «реструктуризация» [9].

Популярные в настоящее время методологии структурного анализа и проектирования, такие как Data Flow Diagrams, Structured Analysis and Design Technique, используют механизм декомпозиции в качестве основного элемента абстракции, при этом они не поддерживают анализ и представление альтернативных способов достижения цели [10].

Анализ публикаций, посвященных проблеме реинжиниринга топологических структур территориально распределенных объектов [11], показал, что к настоящему времени остается нерешенным ряд задач, среди которых:

- формализация процесса анализа унаследованных СКММ по требуемым количественным и каче-

- ственным показателям с целью определения области и направления их реинжиниринга;

- формализация описания процесса реинжиниринга топологических структур СКММ;

- разработка математических моделей решения задач реинжиниринга СКММ;

- разработка методов решения задач реинжиниринга СКММ;

- разработка автоматизированных средств для решения задач реинжиниринга.

---

## 3. Цель и задачи исследования

---

Целью исследования является разработка системологической модели структурно-топологического реинжиниринга систем крупномасштабного мониторинга.

Достижение поставленной цели предполагает решение комплекса задач:

- определение места реинжиниринга в структуре жизненного цикла системы;

- формализация описания системы крупномасштабного мониторинга;

- декомпозиция проблемы структурно-топологического реинжиниринга системы крупномасштабного мониторинга.

---

## 4. Формализация проблемы реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга

---

### 4.1. Определение места реинжиниринга в структуре жизненного цикла системы

Проведенный анализ показал, что к настоящему времени не существует единой универсальной модели жизненных циклов систем. Наиболее часто в жизненном цикле объекта выделяются стадии: замысла; разработки; производства; применения; сопровождения (поддержки применения); прекращения применения и списания.

Традиционно сопровождение системы рассматривается как деятельность, предусматривающая выполнение изменений, направленных на коррекцию и исправление недостатков системы, выявленных в процессе эксплуатации. В процессе сопровождения выполняются изменения, которые не влияют на структуру системы. В отличие от сопровождения, разработка новой системы мониторинга подразумевает реализацию новой функциональности с использованием новых технологий и ресурсов. Модернизацию (развитие) системы мониторинга можно охарактеризовать как деятельность, которая предусматривает значительные изменения существующей системы (в отличие от сопровождения), но в процессе модернизации не принимается решение об утилизации системы или замещении ее новой [6].

Задача реинжиниринга СКММ решается в процессе ее эксплуатации и связана с необходимостью кардинальных структурных, технологических, топологических или параметрических изменений в связи с изменениями множества и (или) характеристик контролируемых объектов, расширением множества функциональных задач, совершенствованием элементной

базы и (или) технологий реализации функций системы, делающими существующий вариант системы малоэффективным [11]. При этом допускается как полная замена элементов и отношений СКММ, так и их модернизация, связанная с изменением их стоимостных и функциональных характеристик.

Таким образом, проведя сравнение по структурным и функциональным изменениям, используемым ресурсам и технологиям можно сделать вывод, что по указанным показателям реинжиниринг топологических структур СКММ занимает промежуточное положение между сопровождением, разработкой новой системы и ее модернизацией.

#### 4. 2. Формализация описания системы крупномасштабного мониторинга

В качестве базы для формализованного описания системы крупномасштабного мониторинга воспользуемся формализацией описания территориально-распределенной системы S, предложенной в [11]:

$$S = \langle E, R, G \rangle, \tag{1}$$

где E – множество элементов; R – множество отношений (связей) между элементами; G – топологическая реализация структуры  $\langle E, R \rangle$ .

Топологическая реализация СКММ, как территориально-распределенной системы S, может быть представлена как совокупность топологий элементов  $G_E$ , отношений  $G_R$ , траекторий передачи информации  $G_A$ .

На этапе структурно-топологического реинжиниринга необходимо выделить подмножество свойств, которыми система уже обладает P' и которыми она должна обладать P''. Свойства P' и P'' являются подмножеством множества свойств P<sup>U</sup>, которые могут быть получены на универсальных множествах элементов E<sup>U</sup>, отношений R<sup>U</sup> и топологий G<sup>U</sup> [11]:

$$P^U = \Phi(E^U, R^U, G^U), \tag{2}$$

где j – некоторое отображение.

Множество E<sup>U</sup> состоит из всевозможных типов элементов, которые могут использоваться при реинжиниринге СКММ. Множество R<sup>U</sup> определяется составом множества E<sup>U</sup>. Состав множества E<sup>U</sup> определяется составом множеств E<sup>U</sup> и R<sup>U</sup> [11].

При этом, если найти разность множеств элементов в новой E'' и в существующей структурах E', получим множество элементов, которые должны быть включены в новую структуру E<sup>+</sup>:

$$E^+ = E'' \setminus E'. \tag{3}$$

С учетом этого можно определить подмножество элементов существующей структуры СКММ, которые можно исключить из дальнейшего рассмотрения в процессе ее реинжиниринга E<sup>-</sup>:

$$E^- = E' \setminus E''. \tag{4}$$

Множество элементов E<sup>S</sup>, которые могут быть повторно использованы при реинжиниринге, можно представить в виде пересечения множеств E' и E'':

$$E^S = E' \cap E'', E' = E^S \cup E^-, E'' = E^+ \cup E^S. \tag{5}$$

С учетом того, что состав множеств связей между элементами R', R'' и топологий G', G'' определяется составом множеств E' и E'', можно определить соответствующие им подмножества отношений, которые должны будут включены в СКММ в процессе ее реинжиниринга, будут повторно использоваться и не будут использоваться:

$$R^+ = R'' \setminus R', E^- = R' \setminus R'', \tag{6}$$

$$R^S = R' \cap R'', R' = R^S \cup R^-, R'' = R^+ \cup R^S,$$

$$G^+ = G'' \setminus G', G^- = G' \setminus G'',$$

$$G^S = G' \cap G'', G' = G^S \cup G^-, G'' = G^+ \cup G^S. \tag{7}$$

С учетом схемы взаимосвязей категорий "элемент", "отношение", "топология" и "свойство" в процессе реинжиниринга СКММ можно представить множество свойств системы, которые будут добавлены в нее P<sup>+</sup> = P'' \setminus P' и могут быть исключены из рассмотрения P<sup>-</sup> = P' \setminus P'' (рис. 1).

На первом этапе множество допустимых решений в процессе реинжиниринга СКММ S\* = {s}, S\* ⊆ S'' определяется подмножествами элементов E\* ⊆ E'' ⊆ E<sup>U</sup>, отношений между ними R\* ⊆ R'' ⊆ R<sup>U</sup> и топологий G\* ⊆ G'' ⊆ G<sup>U</sup>. На следующих этапах реинжиниринга топологической структуры СКММ производится выбор подмножеств элементов E° ⊆ E\*, отношений R° ⊆ R\* и топологий G° ⊆ G\* из допустимой области S\* = {s}, при которых достигается множество требуемых свойств P'' ⊆ P<sup>U</sup>, задаваемых в виде одной или нескольких целевых функций, стоимостных и (или) функциональных ограничений.

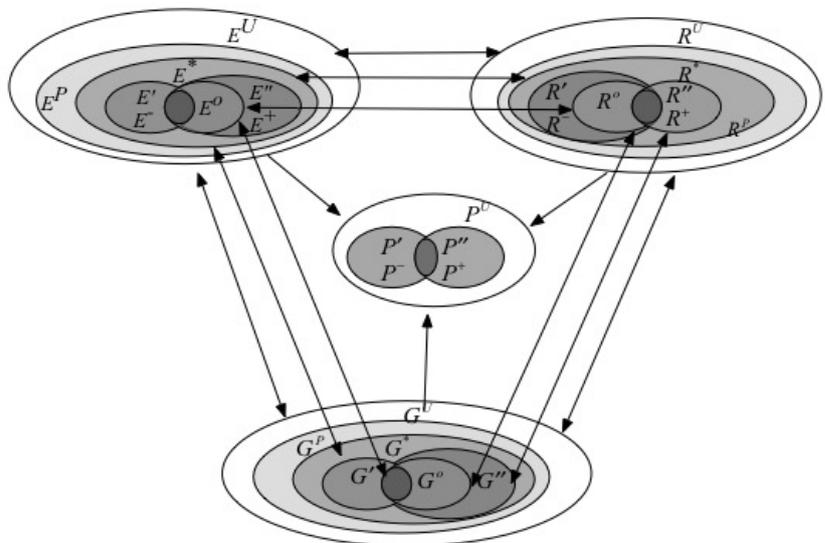


Рис. 1. Схема связи категорий "элемент", "отношение", "топология" и "свойство" в процессе реинжиниринга СКММ

**4. 3. Декомпозиция проблемы структурно-топологического реинжиниринга системы крупномасштабного мониторинга**

Множество задач (этапов) структурно-топологического реинжиниринга СКММ во многом совпадает с множеством задач синтеза первоначального варианта системы. При этом сами задачи будут несколько отличаться постановками, входными данными и ограничениями.

Согласно общей схеме декомпозиции проблемы синтеза территориально распределенных объектов [11] задачу реинжиниринга СКММ будем рассматривать на мета-, макро- и микроуровнях (рис. 2):

$$\begin{aligned} \text{MetaTask} &= \text{Task}_1^0, \text{Task}_1^0 = \{\text{Task}_i^1\}, \\ i &= \overline{1, i_1}, \text{Task}_i^1 = \{\text{Task}_j^2\}, j = \overline{1, i_2}, \end{aligned} \tag{8}$$

где  $\{\text{Task}_i^l\}$  – множество задач реинжиниринга СКММ уровня  $l$ ,  $l = \overline{0, 2}$ ;  $i_1, i_2$  – количество задач, решаемых на первом и втором уровнях.

Каждая из задач будет представляться в виде:

$$\text{Task}_i^l : \text{In}_i^l \rightarrow \text{Out}_i^l, i = \overline{1, i_1}, l = \overline{0, 2}, \tag{9}$$

где  $\text{In}_i^l, \text{Out}_i^l$  – соответственно входные и выходные данные  $i$ -й задачи  $l$ -го уровня.

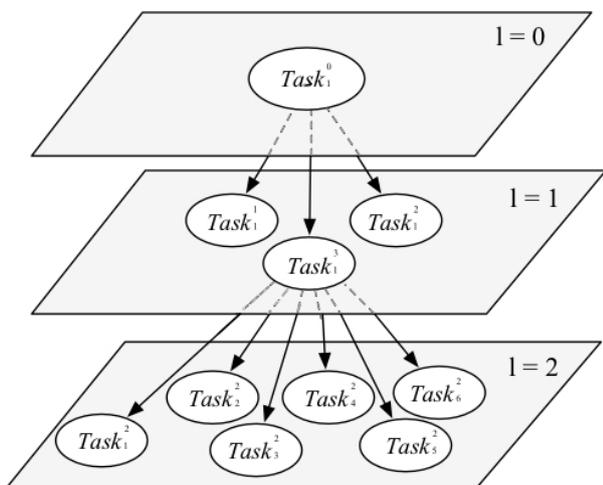


Рис. 2. Схема декомпозиции проблемы структурно-топологического реинжиниринга системы крупномасштабного мониторинга

**Задача метауровня ( $l=0$ ).** Целью реинжиниринга является получение такого архитектурного решения относительно системы мониторинга, которое, с одной стороны, будет максимально учитывать современное состояние объекта и средств мониторинга, а, с другой, будет достаточно устойчивым к будущим их изменениям. Задачу реинжиниринга СКММ целесообразно рассматривать в рамках общей проблемы синтеза территориально распределенных объектов [11]. В этом случае задача реинжиниринга СКММ формально может быть представлена следующим образом:

$$\text{MetaTask} = \text{Task}_1^0 : \{\text{ObjS}, s, Q^*, C^*, S'\} \rightarrow \{s^0, K(s^0)\}, \tag{10}$$

где  $\text{ObjS}$  – множество количественных и качественных характеристик объектов СКММ;  $s$  – существующий вариант построения СКММ;  $Q^*$  – требуемый набор функциональных свойств системы;  $C^*$  – предельные значения стоимостных характеристик системы;  $S'$  – область реинжиниринга (возможные варианты построения) системы;  $s^0$  – вариант построения СКММ, полученный в результате ее реинжиниринга;  $K(s^0)$  – покритериальная оценка выбранного варианта структуры и топологии СКММ.

**Задачи макроуровня ( $l=1$ ).** Представленные на данном уровне задачи представляют верхний уровень структуры процесса реинжиниринга, описываются в общем виде и состоят из множества подзадач:

$$\text{Task}_i^1 = \{\text{Task}_j^2\}, i = \overline{1, 3}, \tag{11}$$

где  $\text{Task}_1^1$  – оценка свойств существующей системы;  $\text{Task}_2^1$  – принятие решения о реинжиниринге;  $\text{Task}_3^1$  – разработка технического задания на реинжиниринг.

**Task<sub>1</sub><sup>1</sup> – оценка свойств существующей системы.** Оценка свойств существующего варианта построения СКММ осуществляется путем проведения ее всестороннего анализа по соотношению «эффект–затраты». В ходе этого процесса анализируется эффективность существующих структуры и топологии системы, параметров ее элементов, технологии функционирования. При этом исходная информация имеет оценочный характер, а некоторые из оценок могут быть получены экспертным путем.

Входными данными задачи являются: множество объектов мониторинга  $\text{ObjS}$ ; существующий вариант построения системы  $s$ ; множество элементов системы мониторинга  $E$ ; множество связей между элементами  $R$ ; топология элементов и связей между ними  $G$ ; технология функционирования системы  $A$ .

Выходными данными задачи являются оценки эффекта от использования системы  $Q(s)$ , затрат на ее функционирование  $C(s)$ , а также определение отношения «эффект–затраты» в выбранной системе критериев  $K(s)$ :

$$\text{Task}_1^1 : \{\text{ObjS}, s, E, R, G, A\} \rightarrow \{Q(s), C(s), K(s)\}. \tag{12}$$

**Task<sub>2</sub><sup>1</sup> – принятие решения о реинжиниринге.** При решении этой задачи на основании результатов решения задачи  $\text{Task}_1^1$  проводится анализ возможных вариантов изменений по показателям качества (затрат, рисков), выбирается лучший из них  $s^*$  и принимается решение о проведении модернизации, реинжиниринга или отказе от реинжиниринга существующей системы.

Входными данными для задачи являются выходные данные предыдущей задачи, а также множество ограничений, накладываемых на варианты реинжиниринга (модернизации) системы  $\text{Los}$ .

Формально задачу можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \text{Task}_2^1 : \{\text{ObjS}, s, E, R, G, A, Q(s), C(s), K(s), \text{Los}\} \rightarrow \\ \rightarrow \{s^*, Q(s^*), C(s^*), K(s^*)\}. \end{aligned} \tag{13}$$

**Task<sub>3</sub><sup>1</sup> – разработка технического задания на реинжиниринг.** На основании проведенного анализа существующей системы  $s$  (задача  $\text{Task}_1^1$ ), контролирующей множество объектов  $\text{ObjS}$ , допустимых принципов ее

построения  $\Pi$ , имеющихся ресурсов  $C^*$ , предъявляемых к системе требований  $Q^*$  и существующих ограничений  $Los$  проводится разработка технического задания на ее реинжиниринг:

$$\begin{aligned} \text{Task}_3^1 : \{ \text{ObjS}, \Pi, E, R, G, A, C^*, Q^*, Los \} \rightarrow \\ \rightarrow \{ s^0, Q(s^0), C(s^0), K(s^0) \}. \end{aligned} \quad (14)$$

**Задачи микроуровня ( $l=2$ ).** Задачи микроуровня являются подзадачами задач макроуровня:

$$\text{Task}^2 = \{ \text{Task}_j^2 \}, j = \overline{1,6}, \quad (15)$$

где  $\text{Task}_1^2$  – выбор принципов построения системы;  $\text{Task}_2^2$  – реинжиниринг структуры системы;  $\text{Task}_3^2$  – реинжиниринг топологии элементов и связей;  $\text{Task}_4^2$  – реинжиниринг технологии функционирования;  $\text{Task}_5^2$  – определение параметров элементов и связей;  $\text{Task}_6^2$  – оценка эффективности и выбор лучшего варианта реинжиниринга.

При этом одна и та же задача микроуровня может быть решена как часть нескольких задач макроуровня.

**Task<sub>1</sub><sup>2</sup> – выбор принципов построения системы.** Выбор новых принципов построения и функционирования СКММ  $\pi$  из множества допустимых  $P$  осуществляется неформальными методами на основании знаний и опыта проектировщиков. Формально задача выбора принципов построения может быть представлена в том же виде, что и при решении традиционной задачи синтеза территориально распределенной системы [11]:

$$\text{Task}_1^2 : \{ \text{ObjS}, \Pi, S', K, Q^*, C^* \} \rightarrow \{ p, S^* \}, \quad (16)$$

где  $\text{ObjS}$  – множество характеристик обслуживаемых объектов;  $P$  – множество допустимых принципов построения СКММ;  $K$  – множество частных критериев для оценки и выбора варианта построения системы;  $Q^*$  – требуемый уровень эффекта системы;  $C^*$  – предельный уровень затрат на систему;  $\pi \in P$  – множество новых принципов построения системы;  $S^*$  – множество допустимых вариантов построения системы, определяемых выбранными принципами ее построения  $\pi \in P$ .

**Task<sub>2</sub><sup>2</sup> – реинжиниринг структуры системы.** Задача реинжиниринга структуры системы состоит в определении варианта ее построения  $s_{ER}^0 \in S^*$  путем уточнения множества элементов  $E$  и связей между ними  $R$ , а также оценки свойств полученного варианта в критериальном пространстве  $K(s_{ER}^0)$ . Задача решается в условиях заданных ограничений на уровни эффекта  $Q^*$  и затрат  $C^*$ :

$$\begin{aligned} \text{Task}_2^2 : \{ \text{ObjS}, s, S^*, E, R, G, A, B, Q^*, C^* \} \rightarrow \\ \rightarrow \{ E^0, R^0, s_{ER}^0, K(s_{ER}^0) \}. \end{aligned} \quad (17)$$

где  $G$  – топология (территориальное размещение) элементов и связей;  $B$  – множество значений параметров элементов и связей;  $A$  – технология функционирования СКММ.

**Task<sub>3</sub><sup>2</sup> – реинжиниринг топологии элементов и связей.** Решение этой задачи состоит в изменении варианта построения СКММ  $s \in S^*$  (с заданными множества-

ми элементов  $E$ , связей между ними  $R$ , значениями их параметров  $B$  и технологией функционирования  $A$ ) путем оптимизации топологии (размещения) элементов и связей  $G \subseteq G^*$ . При этом учитываются ограничения на допустимые уровни эффекта  $Q^*$  и затрат  $C^*$ :

$$\begin{aligned} \text{Task}_3^2 : \{ \text{ObjS}, s, S^*, E, R, G, A, B, Q^*, C^* \} \rightarrow \\ \rightarrow \{ G^0, s_G^0, K(s_G^0) \}, \end{aligned} \quad (18)$$

где  $G^0$  – вариант топологии системы, полученный после ее реинжиниринга;  $s_G^0$  – вариант реинжиниринга системы с выбранной топологией;  $K(s_G^0)$  – покритериальная оценка полученного варианта  $s_G$ .

**Task<sub>4</sub><sup>2</sup> – реинжиниринг технологии функционирования.** Задача состоит в дополнении варианта реинжиниринга  $s \in S^*$  лучшей технологией функционирования  $A \subseteq A^*$  при ограничениях на требуемые уровни эффекта  $Q^*$  и стоимости  $C^*$ :

$$\begin{aligned} \text{Task}_4^2 : \{ \text{ObjS}, s, S^*, E, R, G, A, B, Q^*, C^* \} \rightarrow \\ \rightarrow \{ A^0, s_A^0, K(s_A^0) \}, \end{aligned} \quad (19)$$

где  $s_A^0$  – вариант построения системы с оптимизированной технологией ее функционирования  $A^0$ ;  $K(s_A^0)$  – покритериальная оценка полученного варианта  $s_A^0$ .

**Task<sub>5</sub><sup>2</sup> – определение параметров элементов и связей.** В процессе функционирования СКММ параметры  $B$  ее всех или некоторых элементов  $E$  и связей  $R$  могут стать далеко не оптимальными. Это требует внесения параметрических изменений в систему. Задача получения варианта построения системы с оптимальными значениями параметров элементов и связей  $s_B^0$  может быть представлена в виде:

$$\begin{aligned} \text{Task}_5^2 : \{ \text{ObjS}, s, S^*, E, R, G, A, B, Q^*, C^* \} \rightarrow \\ \rightarrow \{ B^0, s_B^0, K(s_B^0) \}, \end{aligned} \quad (20)$$

где  $B^0$  – оптимальный вариант значений параметров элементов и связей системы;  $s_B^0$  – вариант реинжиниринга с наилучшими значениями параметров элементов и связей;  $K(s_B^0)$  – покритериальная оценка полученного варианта  $s_B^0$ .

**Task<sub>6</sub><sup>2</sup> – оценка эффективности и выбор лучшего варианта реинжиниринга.** Суть этой задачи заключается в оценке вариантов построения СКММ  $s \in S^*$  по множеству критериев  $K(s)$  и выборе наилучшего варианта построения системы  $s^0 = \arg \text{opt}_{s \in S^*} K(s)$ . Ее решение осуществляется в условиях заданных структурных ( $E, R$ ), топологических  $G$  и технологических  $A$  характеристик системы, параметров элементов и связей  $B$ , а также ограничений на уровни эффекта  $Q^*$  и затрат  $C^*$ :

$$\begin{aligned} \text{Task}_6^2 : \{ \text{ObjS}, s, S^*, E, R, G, A, B, Q^*, C^* \} \rightarrow \\ \rightarrow \{ s^0, K(s^0) \}. \end{aligned} \quad (21)$$

Процесс структурного синтеза СКММ, кроме перечисленных, может включать другие задачи, связанные со спецификой синтезируемой системы, используемой методологией синтеза, а также комплексы задач микроуровня, например, структурно-топологического, структурно-технологического, структурно-параметрического синтеза [11].

Дальнейшая декомпозиция задач микроуровня  $Task_j^2$ ,  $j=1,6$  приводит к комплексу задач синтеза элементов, элементарных связей и элементов технологий функционирования СКММ. В процессе системного проектирования СКММ решения по этому комплексу задач считаются определенными и используются в качестве исходных данных (ограничений) в виде множеств допустимых значений их функциональных и стоимостных характеристик [11].

## 5. Выводы

Анализ современных публикаций, посвященных вопросам реструктуризации и планирования развития сложных систем, показал, что до настоящего времени в них недостаточно внимания уделяется задачам реинжиниринга территориально распределенных объектов, в частности СКММ. Установлено, что по характеру структурных, функциональных, топологических, параметри-

ческих изменений, используемым ресурсам и технологиям реинжиниринг занимает промежуточное положение между сопровождением и разработкой новой системы.

Предложенная формализация описания СКММ и установленная схема связей "элемент", "отношение", "топология" и "свойство" позволяет определить подмножества элементов, отношений, топологий и свойств, которые будут включены и (или) исключены из СКММ в процессе ее реинжиниринга. Это определяет множество допустимых решений проблемы реинжиниринга, наиболее сложной задачей, в которой является задача структурно-топологического реинжиниринга.

Для снижения сложности задачи структурно-топологического реинжиниринга СКММ была предложена ее трехуровневая декомпозиция, с выделением задач мета-, макро- и микроуровня. Формализация выделенного набора задач с учетом степени определенности наборов входных и выходных данных позволит создать логическую схему процесса реинжиниринга СКММ.

Полученные результаты использованы при решении задач оптимизации информационных систем и систем обслуживания. Практическое применение полученных результатов позволяет сократить сроки решения задач реинжиниринга, за счет совместного решения задач повысить качество решений и на этой основе улучшать функциональные характеристики реструктуризируемых систем.

## Литература

1. Хаммер, М. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе [Текст] / М. Хаммер, Д. Чампи; пер. с англ. – СПб.: Издательство С. Петербургского университета, 1997. – 332 с.
2. Davenport, T. H. Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology [Text] / T. H. Davenport. – Boston: Harvard Business School Press, 1993. – 352 p.
3. Morris, D. Reengineering Your Business [Text] / D. Morris, J. Brandon. – London: McGraw Hill, 1993. – 247 p.
4. Manganelli, R. The Reengineering Handbook: A Step-By-Step Guide to Business Transformation [Text] / R. Manganelli, M. Klein. – New York: Amacom, 1996. – 318 p.
5. Hess, T. State of the Art des Business Process Redesign: Darstellung und Vergleich Bestehender Methoden [Text] / T. Hess, L. Brecht. – Wiesbaden : Springer. Verlag, 2013. – 117 p.
6. Bergey, J. A Reengineering Process Framework [Text] / J. Bergey, W. Hefley, W. Lamia, D. Smith. – Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. – Pittsburgh. , 1995. – 13 p.
7. Kazman, R. Requirements for integrating software architecture and reengineering models: CORUM II [Text] / R. Kazman, S. G. Woods, S. J. Carriere // Fifth Working Conference on. IEEE, 1998. – P. 154–163. doi: 10.1109/wcre.1998.723185
8. Comella-Dorda, S. A survey of legacy system modernization approaches [Text] / S. Comella-Dorda, K. Wallnau, R. C. Seacord, J. Robert // Carnegie-Mellon univ pittsburgh pa Software engineering inst. –2000. – No. CMU/SEI-2000-TN-003. – P. 1–17.
9. Ахтырченко, К. В. Методы и технологии реинжиниринга ИС [Текст] / К. В. Ахтырченко, Т. П. Сорокваша // Труды Института системного программирования. – 2003. – № 4. – С. 116–128.
10. Yu, E. Social modeling for requirements engineering [Text] / E. Yu, P. Giorgini, N. Maiden, J. Mylopoulos. – London: The MIT Press, 2011. – 717 p.
11. Бескоровайный, В. В. Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем [Текст] / В. В. Бескоровайный // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2002. – № 120. – С. 29–37.
12. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем [Текст] / В. П. Тарасик. – Минск: Дизайн ПРО, 2004. – 320 с.
13. Борщев, А. В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика [Текст] / А. В. Борщев // Exponenta Pro. – 2004. – № 3-4. – С. 38–47.
14. Лычкина, Н. Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития [Текст] / Н. Н. Лычкина // Бизнес-информатика. – 2009. – № 3 (09). – С. 55–67.
15. Бескоровайный, В. В. Композиционная модель динамической распределенной задачи структурного синтеза территориально распределенных объектов [Текст] / В. В. Бескоровайный, Е. В. Соболева // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – 2012. – № 2 (976). – С. 60–76.