

УДК 658.62

Л.Д. ГРЕКОВ, К.О. ЗАПАДНЯ, Е.В. КОНОВАЛОВА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина*

## АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ В РЕИНЖИНИРИНГЕ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПАНИЙ

*Предложен метод структурного анализа в реинжиниринге информационных управляющих систем (ИУС) территориально-распределенных компаний (ТРК). Основное внимание уделяется выбору и обоснованию архитектуры ИУС ТРК с учетом распределенной топологии системы управления. Для анализа множества вариантов использованы методы теории перечисления, которые позволяют оценить количество возможных вариантов и сформировать их в виде множества архитектурных решений. Представлены основные этапы и аналитические выражения для перечисления структур ИУС ТРК. Для примера приведено исследование множества вариантов структур диспетчерского управления газотранспортной системой.*

**Ключевые слова:** реинжиниринг системы управления, топология распределенной системы управления, перечисление множества вариантов структурных решений.

### Введение

Информационные управляющие системы территориально-распределенных компаний (ИУС ТРК) представляют собой сложные территориально-распределенные и функционально многоуровневые аппаратно-программные комплексы, которые создаются с привлечением значительных материальных и финансовых ресурсов, с расчетом на длительный период эксплуатации. Предполагается, что ИУС ТРК должны устойчиво функционировать в реальном масштабе времени в круглосуточном режиме в течение многих лет.

Частая смена операционных платформ, появление новых функциональных задач, модернизация комплекса технических средств, а также моральное и физическое старение системы приводит к тому, что при проектировании ИУС необходимо включить возможность влияния изменений в архитектуру эксплуатируемой ИУС. Проблема постоянной модернизации является основным содержанием реинжиниринга ИУС. В настоящее время интенсивное развитие получают такие подходы к развитию сложных ИУС как адаптивное проектирование и перспективный реинжиниринг.

Особо важное значение приобретает реинжиниринг ИУС ТРК в таких предметных областях как атомная энергетика, газо- и нефтетранспортные отрасли, телекоммуникационные системы. Это связано с высоким уровнем техногенной опасности, важностью этой сферы для экономики Украины.

Задачи адаптивного проектирования и реинжиниринга ИУС ТРК являются особенно актуальными для разработки и модернизации компьютерных сис-

тем диспетчерского контроля и управления сложными технологическими процессами ТРК [1].

Поэтому уже на ранних стадиях разработки ИУС ТРК, а затем на всех этапах жизненного цикла, необходимо обеспечить возможность получения таких архитектурных решений, которые будут максимально инвариантными по отношению к изменениям, возникающим в предметной области функционирования, что отображается в их структуре. Это в конечном счете обеспечит существенное снижение затрат на проектирование, реализацию и сопровождение, а также повысит готовность системы к появлению новых функциональных задач и модернизацию существующих.

**Постановка задачи исследования.** Из множества задач реинжиниринга ИУС ТРК, в данной статье, рассматривается архитектурный (структурный) аспект, что связано со следующими факторами:

- архитектура ИУС ТРК имеет явно выраженный топологический характер из-за распределенности системы;
- обоснование и формирование архитектуры ИУС ТРК относится к особо важному этапу разработки – системному проектированию;
- из-за удаленности отдельных элементов ИУС ТРК, резко возрастает стоимость системы, что связано с проектированием дорогостоящих телекоммуникационных каналов связи;
- обеспечение требований реального масштаба времени, особенно для диспетчерских уровней управления ТРК, требует минимизации трафиков сообщений и выдачи управляющих воздействий;
- требования повышенной надежности, особенно для ИУС ТРК критических приложений, от-

ражается в топологии системы и пропускной способности телекоммуникационных каналов связи, а также в дополнительном резервировании структурных элементов, что связано с выбором и обоснованием высоконадежного типа архитектуры ИУС ТРК.

Решение архитектурных задач реинжиниринга связано с применением комплекса методов, в первую очередь, методов теории прикладного системного анализа, включающего теоретико-множественное представление ИУС ТРК, декомпозицию уровней проектирования (детализацию), перечисления возможных структурных решений ИУС ТРК, автоматизированный анализ и синтез архитектуры ИУС ТРК [1].

Важной составляющей реинжиниринга ИУС ТРК является решение задачи структурного анализа, что подробно рассматривается в данной работе.

На рис. 1 видно, что к основным составляющим структурного анализа относятся:

- теоретико-множественное представление;
- декомпозиция архитектуры ИУС ТРК;
- выделение типовых структур;
- перечисление вариантов структур ИУС ТРК;
- автоматизированный синтез структур ИУС ТРК;
- оценка и сравнение вариантов для выбора рационального.

### Решение задачи исследования

Характерной чертой реинжиниринга архитектуры ИУС ТРК является многообразие возможных структурных решений.

Учитывая многообразие вариантов архитектуры, сложность топологии телекоммуникационных связей между компонентами, различные режимы функцио-

нирования ИУС ТРК, необходимо формализовать процесс структурного реинжиниринга ИУС ТРК.

Для формирования множества вариантов модернизируемой архитектуры ИУС ТРК выделим следующие этапы:

1. Оценка множества возможных вариантов структурного реинжиниринга архитектуры ИУС ТРК.
2. Формальный синтез архитектурных решений в реинжиниринге ИУС ТРК.

Для небольшого количества вариантов структурного реинжиниринга путем перебора и последующего анализа можно выделить рациональный вариант модернизируемой архитектуры ИУС. В случае, когда число альтернативных вариантов достаточно велико в работе использованы методы теории перечисления и оптимизации [2].

Вначале необходимо перейти от архитектурных свойств модернизируемой системы к теоретико-множественному представлению. Одно множество отображается в другое, например, отдельные компоненты в модернизируемые узлы ИУС ТРК. Далее переходим к группам подстановок, которые являются отражением вводимой эквивалентности (одинаковости) вариантов модернизируемой архитектуры ИУС ТРК.

На следующем этапе осуществляется подсчет возможных классов эквивалентности (вариантов) реинжиниринга с помощью теории Пойа и де Брейна [2]. Пусть  $\Gamma(G)$  – группа подстановок вершин графа  $G$  архитектуры ИУС ТРК, где  $Z(H, x_1, x_2, \dots)$  – цикловой индекс группы подстановок  $H$ ,  $S_p$  – симметрическая группа подстановок степени  $p$ ,  $E_p$  – тождественная группа подстановок,  $D_p$  – диэдральная группа подстановок,  $A [B]$  – композиция группы  $A$  относительно группы  $B$ ,  $A + B$  – сумма групп подстановок  $A$  и  $B$ .

В работе [3] проведено комбинаторное топологическое исследование типовых архитектур ИУС ТРК, что позволяет перечислить возможные варианты структур модернизируемой системы.

Рассмотрим пример структурного анализа радиально-кольцевой топологии ИУС ТРК, используемой для задач диспетчерского управления [4].

Представим кольцевую связь в ИУС ТРК в виде диэдральной группы:  $\Gamma(G) = D_p$ . Для радиально-кольцевой ИУС ТРК к каждой центральной системе подклю-



Рис. 1. Структурный анализ в реинжиниринге ИУС ТРК

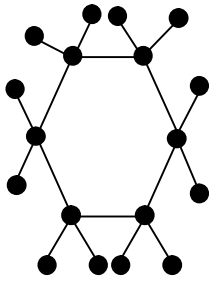


Рис. 2. Радиально-кольцевая связь

нены вспомогательные подсистемы (рис. 2).

Группа графа  $G$  образуется путем использования диэдральной группы  $D_p$  и композиций групп:

$$\Gamma(G) = D_{p'} [S_1 + S_{p''}], \quad (1)$$

где  $p'$  – число основных (региональных) систем (в кольце);  $p''$  – число вспомогательных (районных) подсистем. Используя групповое

представления структуры графа  $G$  с учетом его топологии, можно оценить количество вариантов структурного реинжиниринга ИУС ТРК с помощью следующего выражения из теории перечисления [2]:

$$K = Z\tilde{A}\left(G; \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots\right) Z(H; 1+z_1, 1+2z_2, \dots), \quad (2)$$

при условии  $z_1 = z_2 = \dots = 0$ .

Здесь  $\Gamma(G)$  – группа подстановок вершин графа рассматриваемой топологии ИУС ТРК;  $H$  – группа подстановок исходного множества компонент, используемых для модернизации ИУС ТРК.

Проведем структурный анализ реинжиниринга системы управления нефтедобывающей компании. Пусть топология ИУС ТРК относится к радиально-кольцевой (рис. 2).

Основные системы (региональные узлы) соединены в кольцо, а вспомогательные (районные узлы) связаны с основными с помощью радиальной связи. Рассмотрим случай трех региональных систем. Пусть для региональной компании имеется по две районных системы. Реинжиниринг ИУС ТРК осуществляется на уровне модернизации региональных и районных узлов. Для районных узлов принята стратегия одновременной модернизации всех узлов, присоединенных к основному узлу. Для кольцевой системы, включающей три основных узла ИУС ТРК:  $\Gamma(G) = D_3$ .

Используя выражение (2) получим  $K=3$ . На рис. 3 представлены все варианты кольцевой системы для основных узлов ИУС ТРК. Где «черный» узел означает проведение модернизации, «белый» – отсутствие изменений.

Для каждого из вариантов региональных систем был проведен структурный анализ районных подсистем. Для группы графа радиально-кольцевой ИУС ТРК используя выражение (1), а также учитывая, что  $p'=3$ ,  $p''=2$ , получим:

$$\Gamma(G) = D_3 [S_1 + S_2].$$

На рис. 4 представлены варианты реинжиниринга радиально-кольцевой ИУС ТРК для первого варианта кольцевой структуры (рис. 3), для которого  $K_2 = 6$  (получено с использованием выражения (2)). Общее количество вариантов реинжиниринга ИУС ТРК:

$$N = K_1 + K_2 + K_3 = 6 + 4 + 4 = 14.$$

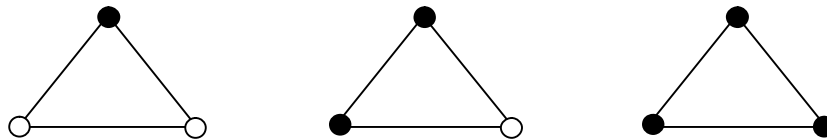


Рис. 3. Множество вариантов кольцевой системы ИУС ТРК

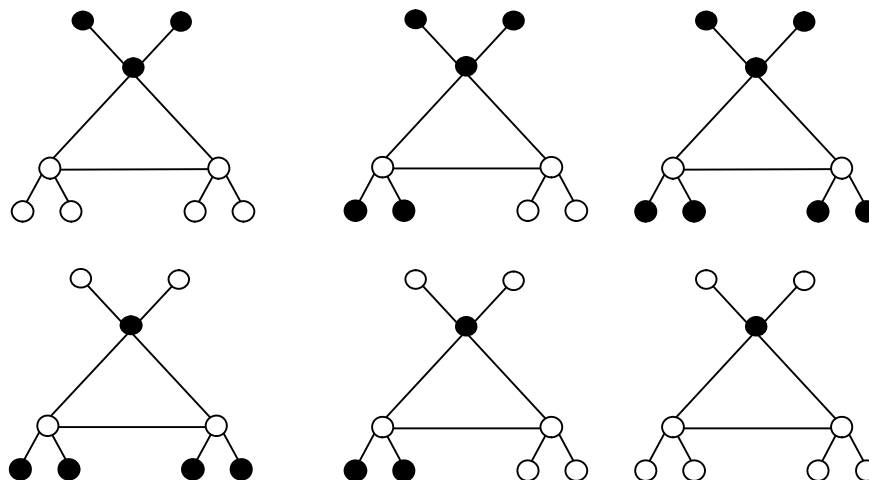


Рис. 4. Множество вариантов радиально-кольцевой ИУС ТРК

**Выводы**

Предложенный метод позволяет перечислить множество вариантов модернизируемой ИУС ТРК, которые в дальнейшем необходимо исследовать и оценить с учетом заданных критериев и ограниченный реинжиниринга. Окончательный выбор варианта зависит от целей и ресурсов, выделяемых на реинжиниринг.

**Литература**

1. Петров Э.Г. *Методология структурного системного анализа и проектирования крупно-*

*масштабных ИУС* / Э.Г. Петров, С.И. Чайников, А.О. Овезгельдыев. – Х.: Рубикон, 1997. – 140 с.

2. *Прикладная комбинаторная математика*. Под ред. Э. Беккенбаха. – М.: Мир, 1988. – 360 с.

3. Греков Л.Д. *Структурный анализ реинжиниринга территориально распределенных компаний* / Л.Д. Греков, О.Е. Федорович // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*. – Вып. 35. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2007. – С. 176-179.

4. Западня К.О. *Топологический анализ и синтез структур распределенных технологических комплексов* / К.О. Западня // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2004. – № 4 (8). – С. 131-136.

Поступила в редакцию 12.01.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ В РЕІНЖІНІРІНГУ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ  
ТЕРИТОРІАЛЬНО-РОЗПОДІЛЕНИХ КОМПАНІЙ**

*Л.Д. Греков, К.О. Западня, О.В. Коновалова*

Запропоновано метод структурного аналізу в реінжинірингу інформаційних управляючих систем (ІУС) територіально-розподілених компаній (ТРК). Основна увага приділяється вибору й обґрунтуванню архітектури ІУС ТРК із урахуванням розподіленої топології системи управління. Для аналізу безлічі варіантів використані методи теорії перерахування, які дозволяють оцінити кількість можливих варіантів і сформувані їх у вигляді безлічі архітектурних рішень. Представлено основні етапи й аналітичні вираження для перерахування структур ІУС ТРК. Для прикладу наведено дослідження безлічі варіантів структур диспетчерського управління газотранспортною системою.

**Ключові слова:** реінжиніринг системи управління, топологія розподіленої системи управління, перерахування безлічі варіантів структурних рішень.

**ARCHITECTURE DECISIONS IN THE CONTROL SYSTEM REENGINEERING  
FOR THE TERRITORY-DISTRIBUTED COMPANIES**

*L.D. Grekov, K.O. Zapadnya, E.V. Konovalova*

The method of structural analysis in information control system (ICS) reengineering for the territory-distributed companies is proposed (TDC). The main attention is paid to the selection and substantiation of the TDC ICS architecture with the account for the distributed topology of the control system. To analyze the set of variants the enumeration theory methods are used. Such methods can help not only to evaluate the number of possible variants but also to represent them in a form of architecture decision set. The basic stages and analytical expressions for enumeration of TDC ICS structures are represented. For example, the research of variant structure set for the gas transport dispatching control system is made.

**Key words:** control system reengineering, distributed control system topology, enumeration of the set of structural decision variants.

**Греков Леонид Дмитриевич** – канд. техн. наук, докторант кафедры производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: Leonid\_Grekov@k502.khai.edu.

**Западня Ксения Олеговна** – канд. техн. наук, научный сотрудник кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Коновалова Елена Викторовна** – младший научный сотрудник кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.