УДК 005; 621.396

С.П. БЕЛОВ, С.И. МАТОРИН

S.P. BELOV, S.I. MATORIN

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ**

**APPLICATION OF SYSTEM-OBJECT APPROACH AT MODELING OF PROCESSES IN COMMUNICATION SYSTEMS**

*В данной статье авторы рассматривают задачу обеспечения эффективного функционирования систем спутниковой связи и необходимого уровня защищенности связи в условиях сложной радиоэлектронной обстановки. Предлагается использование для решения поставленной задачи средств системного подхода и системного анализа. Обосновывается выбор системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект». Описываются концептуальные основы данного подхода.*

*Ключевые слова: системы спутниковой связи, защищенность передачи информации, системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект», системно-объектная графоаналитическая модель.*

*In this article, the authors consider the problem of ensuring the effective functioning of satellite communication systems and the required level of communication security in conditions of complex radio electronic situation. The use of system approach and system analysis tools for solving the task is proposed. The choice of the system-object approach "Unit-Function-Object" is substantiated. The conceptual basis of this approach is described.*

*Keywords: satellite communication systems, information transmission security, system-object approach "Unit-Function-Object", system-object graph-analytical model.*

В настоящее время важной областью обеспечения национальных интересов России является Арктика. Естественно, это приводит к интенсивному возрастанию информационных потоков между территориально распределенными объектами в этом регионе, что, в свою очередь, вызывает необходимость модернизации действующих систем связи, для обеспечения качественного обслуживания всех запросов от пользователей.

Среди действующих систем радиосвязи в данном регионе основным видом связи, с учетом географического положения Арктики, являются системы спутниковой связи (ССС). В условиях интенсивного возрастания информационных потоков для обеспечения качественного обслуживания всех запросов от пользователей операторам связи необходимо существенно увеличивать затраты частотно-временных ресурсов ССС, которые ограничены физическими и техническими факторами, или нести огромные финансовые затраты при организации новых каналов спутниковой связи. Таким образом, возникает необходимость поиска путей эффективного использования частотно-временных ресурсов уже существующих ССС, реализация которых позволит увеличить объем передаваемой информации, с требуемым качеством обслуживания, включая обеспечение заданной степени защищенности передачи информации.

Необходимость обеспечения заданной степени защищенности передачи информации обусловлена интенсивным увеличением количества упомянутых выше систем, одновременно осуществляющих передачу информации по каналам связи с ограниченными частотно-временными ресурсами, что приводит к возникновению интерференционных помех. Кроме того, существенному снижению качества предоставляемых мультисервисных услуг с использованием ССС способствуют создаваемые в последние годы системы, предназначенные для генерации преднамеренных помех в канале связи или несанкционированного доступа к передаваемой информации. Таким образом, для эффективного функционирования ССС в условиях сложной радиоэлектронной обстановки, необходимо обеспечить соответствующий уровень их защищенности. Под защищенностью, в общем случае, будем понимать совокупность помехоустойчивости, энергетической и структурной скрытности ССС, достаточных для обеспечения требуемого уровня достоверности информационного обмена в условиях случайных и преднамеренных помех, включая несанкционированный доступ к передаваемой информации.

В связи с очевидной сложностью задачи обеспечения заданной степени защищенности передачи информации в распределенных системах представляется перспективным применение системного подхода для ее решения. Данный подход может быть применен путем системного моделирования и анализа процессов, происходящих в ССС, для повышения их эффективности и защищенности. Такое моделирование имеет целью повышение управляемости технологических процессов, что зафиксировано в ряде государственных программ. Общепризнано, что данная цель достигается посредством разработки и использования типовых формализованных электронных моделей, обеспечивающих анализ и реинжиниринг как организационно-деловых, так и производственно-технологических процессов, в том числе в технических системах.

В связи со сказанным выше авторы планируют применение методов и средств теории систем и системного анализа для решения задачи обеспечения эффективного функционирования ССС и необходимого уровня защищенности связи в условиях сложной радиоэлектронной обстановки. Однако, современные методы и средства системного моделирования и анализа не используют в полной мере даже существующих теоретических наработок в системных исследованиях, которые сами обладают множеством недостатков.

Недостатки существующих методов построения системных теорий и системного анализа сводятся, в конечном счете, к тому, что в нормативных системах, описывающих эти методы, отсутствуют:

- строгая и формализуемая, но адекватная действительности концепция системы, реализующая все принципы системного подхода;

- средства описания специфических содержательных системных свойств и отношений и, в частности, «системного эффекта»;

- средства единообразного описания и обоснования общесистемных закономерностей, а также их взаимосвязей;

- системный подход и формальный аппарат, учитывающие принципиальное отличие понятия «система» от понятия «множество», отмечаемое, например, еще в [1].

Кроме того, различные схемы системного анализа, предлагаемые ведущими учеными в этой области (Оптнер С.Л., Янг С., Федоренко Н.П., Никаноров С.П., Черняк Ю.И., Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П., Симанков В.С., Казиев В.М., Лийв Э.Х.) и подробно описанные в работе [2], при пристальном рассмотрении практически не используют декларируемые этими же учеными принципы системного подхода и никак не учитывают известные общесистемные закономерности. В данном случае возникает ситуация, отмеченная в работе [3], если теория и основанные на ней анализ связаны только с понятиями структуры и цели и не связаны с понятиями субстанции и содержания, то бесполезно ожидать появления конкретных полезных результатов данного анализа.

В первую очередь отмеченные выше недостатки и проблемы, очевидно, обусловлены тем, что сложные слабо формализуемые системы, в том числе распределенные технические, предъявляет особые требования к методам их описания. Поэтому все большее значение приобретает разработка методов и инструментальных средств, обеспечивающих существенное повышение эффективности описания, анализа, синтеза и прогнозирования поведения сложных систем. Отсутствие таких средств тормозит решение разнообразных слабо формализованных задач, для решения которых и предназначались изначально известные системные методы.

В представленной выше ситуации авторы для решения поставленной задачи обеспечения эффективного функционирования ССС и необходимого уровня защищенности связи с помощью средств системного подхода ориентируются на разработку концептуального и формального аппарата системной теории, основанной на оригинальном системно-объектном подходе «Узел-Функция-Объект» (УФО-подход) [4].

УФО-подход - это системный подход, представляющий систему в виде целостной трехэлементной конструкции, состоящей из узла, функции и объекта. Он является развитием системных представлений Г.П. Мельникова, наиболее подробно описанных в его работе [5]. Понимание системы как функционального объекта, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса, что соответствует определению системы в упомянутой выше работе, является основополагающим для данного подхода. Дальнейшее представление системы как триединой конструкции (т.е. одновременно структурного, функционального и субстанциального элемента надсистемы) является прямым следствием из этого определения. При этом основные концептуальные положения данного подхода сводятся к следующему.

Во-первых, каждая система характеризуется определенными видами связей с другими системами. Если связи отсутствуют, то данную систему рассматривать вообще не имеет никакого смысла. При этом «с точки зрения» других систем, любая конкретная система представляется перекрестком, то есть узлом, связей, по которым что-либо поступает к ней («втекает») от других и что-либо поступает от нее («вытекает») к другим. Следовательно, любая система, в первую очередь, имеет структурную характеристику.

Во-вторых, с точки зрения втекающих и вытекающих потоков/связей, каждая система характеризуется функциональными способностями (процессами, функциями), обеспечивающими преобразование «втекающих» по связям ресурсов в «вытекающие» ресурсы. Эти функциональные способности (процессы) обеспечивают баланс «притока» и «оттока» по функциональным связям узла, занимаемого данной системой. Следовательно, любая система имеет динамическую (процессуальную) характеристику.

В-третьих, с точки зрения функциональных способностей балансировать определенный узел, каждая система характеризуется как материальный объект, реализующий эти функциональные способности (функциональные зависимости), то есть физически осуществляющий эти процессы. Следовательно, любая система имеет субстанциальную характеристику.

Данные рассуждения приводят к необходимости единовременного представления любой системы с трех точек зрения:

- как структурного элемента надсистемы в виде перекрестка связей с другими системами — узла;

- как динамического элемента, выполняющего определенную роль с точки зрения поддержания надсистемы путем балансирования данного узла — функции;

- как субстанциального элемента, реализующего данную функцию в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т.д. характеристиками — объекта.

Следовательно, разбиение системы на подсистемы, представляющие собой трехэлементные конструкции «Узел-Функция-Объект» (УФО-элементы), обеспечивает единство функциональной и объектной декомпозиций, так как является наиболее адекватным реальной действительности способом представления структуры, состава и функциональности системы, с учетом ее взаимодействия со средой. При этом УФО-подход позволяет рассматривать любую систему или предметную область как совокупность взаимодействующих УФО-элементов (как УФО-конфигурацию), так как любое явление действительности представляет собой структурную часть еще более целого (взаимодействует с другими явлениями); функционирует определенным образом и при этом является каким-то материальным образованием

В процессе моделирования систем в терминах УФО-подхода модельные УФО-элементы, собранные в различные конфигурации, образуют диаграммы взаимодействия элементов, которые позволяют визуализировать функциональность элементов системы более высоких уровней. Таким образом, моделируемая система представляется в виде иерархии УФО-элементов. Данное представление позволяет учесть различные аспекты рассмотрения этой системы (структурные, функциональные, субстанциальные) в одной системно-объектной модели – УФО-модели. Для агрегации модели системы из готовых составных частей или для декомпозиции модели системы на составные части определены следующие правила комбинирования УФО-элементами (именуемые правилами системной композиции), которые являются следствием системологического отношения между системой и надсистемой - отношения поддержания функциональной способности целого:

1. Присоединения: элементы должны присоединяться друг к другу в соответствии с качественными характеристиками присущих им связей (потоков).

2. Баланса: при присоединении элементов друг к другу (в соответствии с первым правилом) должен обеспечиваться баланс «притока» и «оттока» по входящим и выходящим функциональным связям (потокам).

3. Реализации: при присоединении элементов друг к другу (в соответствии с первым и вторым правилами) должно быть обеспечено соответствие интерфейсов и количественных объектных характеристик функциональным.

4. Замкнутости: поток, не связанный так или иначе с «проточными» потоками от входа к выходу, замкнут т.е. образует цикл.

В целях автоматизации применения УФО–подхода спроектирован и реализован CASE-инструментарий UFO-toolkit (http://www.ufo-toolkit.ru). Иерархия УФО-элементов и их конфигураций, которую поддерживает UFO-toolkit, основана на классификации связей (потоков), пересечения которых и образуют узлы.

Моделирование любой системы начинается со специализации базовой классификации связей под конкретную предметную область. Абстрактный класс «Связь (L)» в базовой классификации связей делится на подклассы «Материальная связь (M)» и «Информационная связь (I)»; класс материальных связей делится на подклассы «Вещественная связь (S)» и «Энергетическая связь (E)», класс информационных связей – на подклассы «Связь по данным (D)» и «Управляющая связь (C)».

Разработанные элементы УФО-подхода формализованы авторами с помощью алгебраических средств теории паттернов Гренандера, исчисления процессов Милнера и исчисления объектов Абади-Кардели. Это позволило впервые создать методы трансформации визуальных компьютерных моделей процессов в алгебраические выражения и обеспечить их минимизацию, верификацию и т.д. формальными средствами.

Авторами показано, например, в работах [6, 7], что на основе уже разработанных элементов концептуального и формального аппарата системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» может быть построена полноценная системная теория, включающая в себя известные общесистемные принципы и закономерности, и разработаны механизмы учета этих закономерностей при системно-объектном моделировании систем и процессов, т.е. при проведении междисциплинарного системного анализа, в том числе технических систем.

Таким образом, появляется реальная возможность построения не теоретико-множественной теории систем, основанной на действительно системном подходе, а также создания компьютерных формализованных графоаналитических методов моделирования систем и процессов, впервые учитывающих основные общесистемные принципы и закономерности. Это позволило бы путем моделирования средствами упомянутой теории процессов передачи информации найти новые пути обеспечения заданной степени защищенности при передаче информации в распределенной организационной системе.

Исследования выполняются при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-07-00356а.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Шрейдер Ю. А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982.

2. Луценко Е. В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002.

3. Гиг Дж. ванн Прикладная общая теория систем. – М.: Мир, 1981. – Т.1.

4. Маторин С. И., Зимовец О. А., Жихарев А. Г. О развитии технологии графоаналитического моделирования бизнеса с использованием системного подхода «Узел-Функция-Объект» // Научно-техническая информация. Сер. 2. 2007. № 11.

5. Мельников Г.П. «Системология и языковые аспекты кибернетики». - М.: Советское радио, 1978.

6. Маторин С.И., Зимовец О.А., Щербинина Н.В., Сульженко Т.С. Концепция формализованной теории систем, основанной на подходе «Узел-Функция-Объект» // Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика. Информатика. – 2016. - №16 (237), Выпуск 39.

7. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» // Труды ИСА РАН. - 2016. - №1.- Том 66.

**Белов Сергей Павлович**

НИУ «Белгородский государственный университет», Белгород

Д.т.н., профессор, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

Тел.: +7(4722) 30-13-92

E-mail: [Belov@bsu.edu.ru](mailto:Belov@bsu.edu.ru)

**Маторин Сергей Игоревич**

НИУ «Белгородский государственный университет», Белгород

Д.т.н., профессор, профессор кафедры информационных и робототехнических систем

Тел.: +7(4722) 30-13-76

E-mail: [matorin@bsu.edu.ru](mailto:matorin@bsu.edu.ru)