

UDC 628.562

## Model of the System of Distribution and Transformation Flows for the Structural and Functional Studies of Complex Objects

<sup>1</sup> Boris K. Grankin<sup>2</sup> Andrey A. Shevchenko

<sup>1</sup> St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS, Russia  
14 line, 39, St. Petersburg, 199178

Dr. (Engineering), leading research scientist

E-mail: grankinboris@yandex.ru

<sup>2</sup> St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS, Russia  
14 line, 39, St. Petersburg, 199178

PhD (Economics), senior researcher

E-mail: tot29@yandex.ru

**Abstract.** A new approach is proposed to the unification of the methods research structural and functional properties of objects with components of different physical nature. Describes the tasks of research facilities at the stages of their life cycle.

**Keywords:** system of distribution and transformation of flows; unification models; structural and functional studies; analysis of structural and functional characteristics; synthesis of the functional structure.

**Введение.** В ведущих отраслях экономики важное место занимают сложные объекты с элементами различной физической природы, функционирование которых состоит в передаче вещественных, энергетических и информационных «рабочих сред» (РС) от источников к потребителям с преобразованием свойств РС в процессе передачи. Это производственные, энергетические, транспортные, ракетно-космические и другие комплексы. Исследования структурно-функциональных свойств при их создании (синтез структуры и анализ процессов функционирования) связаны с необходимостью координации моделей разнородных по физической природе составных частей. Ниже предлагается унифицированная концептуальная модель, позволяющая проводить структурно-функциональные исследования разнородных объектов с единых позиций.

Проблема унификации знаний всегда находилась в поле внимания ученых, разрабатывающих методы исследования сложных объектов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Плодотворным подходом к исследованию сложных объектов явилась концепция, предложенная С.В. Яблонским [9], суть которой состоит в следующем. «Каждая физическая система может быть рассмотрена как управляющая система». Такая концепция позволяет определять границы объектов исследования, выявлять в них управляющие системы (УС) и соответствующие им объекты управления (ОУ), проводить анализ качества выполнения объектом целевых задач и объемы затрат ресурсов на получение целевого эффекта. Однако, задачи синтеза функциональной структуры объектов с различными по природе составными частями вызывают серьезные затруднения.

Возможны два основных подхода к синтезу функциональной структуры таких объектов. Первый из них использует принципы агрегирования, опирающиеся на процедуры морфологического анализа [10,11]. Его достоинством является сравнительно простой способ формирования состава элементов для получения вариантов структуры. Однако, при этом не всегда ясно, как обеспечить непротиворечивое сопряжение элементов, когда заканчивать перебор вариантов. Второй подход использует принципы декомпозиции функций объекта, сохраняющие связи между элементами [12]. При таком подходе любой результат декомпозиции является вариантом структуры, обеспечивающим удовлетворение требований функционально сопряженными элементами. Основным условием применения такого подхода является возможность формализованного представления функциональных требований к создаваемому объекту. Для выполнения упомянутого условия далее описывается концептуальная модель, описывающая структурно-функциональные свойства

объектов различной физической природы, названная «системой распределения и преобразования потоков» (СРПП). По сравнению с «управляющей системой» [9] СРПП имеют следующие отличия. Во-первых, в класс исследуемых объектов помимо физических систем включены и виртуальные системы. Во-вторых, в качестве ОУ рассматривается рабочая среда (РС), описываемая показателями вещественных, энергетических и/или информационных свойств. В-третьих, исследуются только структурно-функциональные свойства объекта. Эти конкретизации, с одной стороны, ограничивают сферу приложений предлагаемого подхода, но, с другой стороны, позволяют решить задачи координации исследований многих сложных объектов, включающих элементы различной физической природы. Таким образом, СРПП это концептуальная модель, отражающая структурно-функциональные свойства сложных объектов произвольной физической природы, предназначенных для передачи «рабочей среды» (РС) от источников к потребителям и преобразования свойств РС в процессе передачи. На основе введенной общей концептуальной модели могут быть разработаны физические (механические, пневмогидравлические, информационные и др.), а также математические модели элементов, структуры, состояний и процессов функционирования СРПП.

Таблица.

**Типовые СРПП, их объекты управления и элементы**

Тип СРП	Объект управления	Примеры типовых элементов управляющей системы					
		Входы и выходы	Аккумуляторы	Коммутаторы	Преобразователи	Коммуникации	Примеры СРП
Механические	Механическая энергия	Источники и потребители	Упругие элементы	Коробки передач	Редукторы, кулисы	Силовые элементы	Механизмы
Пнеumoгидравлические	Жидкость, газ, двухфазная среда	Штуцеры, внешние емкости и генераторы	Баки, накопители, цистерны.	Клапаны, вентили, краны	Насосы дроссели, регуляторы	Трубопроводы	Силовые приводы
Теплоэнергетические	Тепловая энергия	Источники и потребители	Тепловые аккумуляторы	Краны, вентили, клапаны	Теплообменники	Трубопроводы	Тепловые сети
Электрические	Электроэнергия	Источники и потребители	Аккумуляторы, конденсаторы	Реле, контакторы, рубильники	Трансформаторы	Кабели	Электростанции
Информационные	Носители информации	Абонентские пункты	Устройства памяти	Реле, ключи, переключатели,	Кодеры, декодеры	Проводники	Системы связи
Производственные	Полуфабрикаты, продукция	Пункты приема и выдачи	Склады, накопители	Диспетчерские пункты	Технологические участки	Транспортеры	Системы производства
Экономические	Потоки финансовых ресурсов	Источники и потребители	Пункты хранения	Системы планирования и распределения	Системы обработки ресурсов	Системы распределения и доставки	Финансовые структуры предприятий
Комбинированные	Объекты эксплуатации	Источники и потребители	Сооружения	Планы взаимодействия	Эксплуатационные операции	Транспорт	Системы эксплуатации

Обобщенный анализ требований к объектам, описываемым как СРПП выявляет следующие типы функциональных элементов: входы и выходы, через которые СРПП обменивается потоками РС с внешней средой; «аккумуляторы», в которых может накапливаться РС, в которых начинаются и заканчиваются потоки РС внутри системы; «коммутаторы», управляющие распределением потоков РС; «преобразователи», в которых РС изменяет свойства; «коммуникации», которые соединяют перечисленные выше элементы без преобразования свойств РС. Унифицированное математическое описание СРПП в виде комплекса алгоритмически связанных характеристик системы и элементов, моделей (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>), процедур синтеза (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>), анализа (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>) и расчета показателей (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>) по соответствующим моделям представлено схемой на рисунке. Если СРПП представить как элемент системы более высокого уровня, или элементы СРПП представить как системы более низкого уровня, то может быть получено многоуровневое иерархическое описание структурно-функциональных свойств сложного объекта.

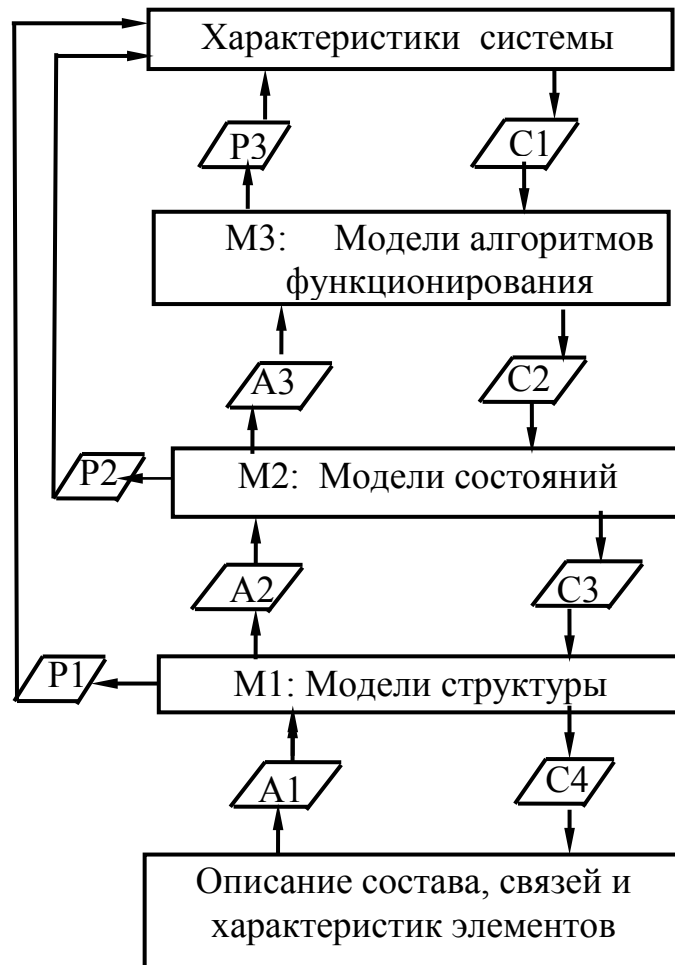


Рис. Комплекс моделей структурно-функциональных исследований

Модели M1 структуры СРПП представляют собой математическое описание в виде графов (диаграмм, матриц, списков, кодов). Вершинам графа соответствуют элементы, а ребрам и дугам – связи элементов. Функции элементов (в общем случае многополюсных и имеющих множество состояний) описываются логическими матрицами  $\mathbf{R}$ , в которых строки соответствуют входам, столбцы – выходам. Ячейки матрицы содержат многозначные логические переменные, отражающие условия проводимости для РС и преобразования ее свойств при передаче от  $i$ -го входа на  $j$ -й выход элемента. В различных состояниях элементов переменные принимают значения: 0 – при отсутствии проводимости в канале, 1 – при наличии проводимости без преобразования свойств РС и  $\mathbf{q} = 2^{\omega_1} \cdot 3^{\omega_2} \cdot 5^{\omega_3} \cdot 7^{\omega_4} \cdot 11^{\omega_5} \dots$ , где  $\omega_j = 0$  при отсутствии преобразования,  $\omega_j = 1$  при выполнении преобразования,  $j$  – номер преобразуемого свойства РС. Значения  $\mathbf{q}$  функций преобразований РС представляют собой произведения степеней простых чисел и однозначно определяют наличие проводимости и состав преобразований РС. Модели M2 состояний и переходов отражают условия наличия потоков и преобразований РС и представляются графом переходов, вершины которого соответствуют состояниям, а дуги – переходам между состояниями. Отличием моделей M2 от графов переходов в теории автоматов [13] является многозначность логических функции соединений элементов, описывающая преобразования свойств РС. Модели M3 алгоритмов функционирования представляются в виде путей графов переходов СРПП. Комплекс моделей позволяет формализовать постановки задач синтеза и анализа функциональной структуры СРПП. Синтез можно представить как переход от характеристик системы к модели структуры путем выполнения процедур C1...C4. Анализ может быть представлено

алгоритмом обратного перехода путем выполнения процедур А1...А3.

Разработка методов анализа и синтеза различных по физической природе объектов в рамках единой системной концепции позволит привести в общие методологические рамки результаты исследований различных объектов рассматриваемых как СРПП. Это, на наш взгляд, будет способствовать исключению параллелизма в использовании одних и тех же математических моделей и методов для прикладных направлений науки с различной объектовой ориентацией. Изложенные предложения реализованы в методах структурно-функциональных исследований механических, пневмогидравлических и комбинированных СРПП, представленных в [14, 15].

#### **Примечания:**

1. Платон. Собр. соч. В 4-х т. Т. 3. М., Мысль, 1994. С. 502-504.
2. Поваров Г.Н. Ампер и кибернетика. М.: Советское радио, 2007, 96 с.
3. Богданов А.А. Тектология: Всеобщая организационная наука. В 2-х книгах. Москва, «Экономика», 1989.
4. Л. фон Берталанфи Л. История и статус общей теории систем. В кн. Системные исследования: Ежегодник, 1973. М., Наука, 1973. С. 20–37.
5. Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. М., «Советское радио», 1962. 382 с.
6. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. М., «Радио и связь», 1985. 200 с.
7. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М.: «Мир», 1978. 311 с.
8. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М.: «Советское радио», 1968. 214 с.
9. Яблонский С.В. Основные понятия кибернетики. В сб. Проблемы кибернетики, вып.2, М., 1959.
10. Zwicky F., *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*. McMillan, 1969.
11. Раков Д.Л. Структурный анализ и синтез новых технических систем на базе морфологического подхода Издательство: "Либроком", 2011. 162 с.
12. Гранкин Б.К., Козлов В.В., Лысенко И.В. Принципы декомпозиции в проектных исследованиях сложных объектов // Мехатроника, Автоматизация, Управление. 2008. № 6. С. 2-6.
13. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. М.: Энергоатомиздат, 1988. 480 с.
14. Голиков И.О., Гранкин Б.К., Структурные методы проектирования агрегатов технологического оборудования. ВИКА им. А.Ф. Можайского, 1996. 146 с.
15. Бирюков Г.П., Гранкин Б.К., Козлов В.В., Соловьев В.Н. Основы проектирования ракетно-космических комплексов. СПб.: «Алфавит», 2002. 398 с.

УДК 628.562

### **Унификация структурно-функциональных исследований объектов с разнородными элементами**

<sup>1</sup> Борис Константинович Гранкин

<sup>2</sup> Андрей Андреевич Шевченко

<sup>1</sup> СПИИ РАН, Россия

199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, 39

Доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник

E-mail: grankinboris@yandex.ru

<sup>2</sup>СПИИ РАН, Россия

199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, 39

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

E-mail: tot29@yandex.ru

**Аннотация.** Предложен подход к унификации моделей и методов исследований структурно-функциональных свойств объектов с компонентами различной физической природы. Описаны задачи исследований объектов на этапах их жизненного цикла.

**Ключевые слова:** системы распределения и преобразования потоков; унификация моделей; структурные и функциональные исследования; анализ структурных и функциональных характеристик; синтез функциональной структуры.