

Онтологии актуальных состояний и внутрисистемных двухчастичных взаимодействий в открытых системах

Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин✉

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

✉ bfomin@mail.ru

Аннотация. Открытые системы (природные, общественные, антропогенные, кибер-физические, технические) исходно заданы в актуальных состояниях эмпирическими описаниями, полученными из больших массивов ретроспективных полимодальных гетерогенных эмпирических данных. На уровне факта эмпирические описания содержат сотни и тысячи показателей и представляют системы в естественных масштабах и реальной сложности. На уровне смысла открытые системы представлены в собственных качествах, в эталонах состояний собственных качеств и в реконструкциях актуальных состояний. Они достоверны, научно поняты, усвоены фактом, рационально объясняют факт и в совокупности образуют знание об онтологии систем, полнота и завершенность которого исследованы и доказаны. На уровне онтологического знания получены реконструкции системы «в частях» (в собственных качествах). Для построения реконструкции состояний системы в целом требуется дополнить реконструкции системы «в частях» моделями двух-, трех- и многочастичных взаимодействий между собственными качествами системы. В статье получены и исследованы онтологии всех видов дублетов – моделей двухчастичных взаимодействий SIM, SWI, MIX, SEP, ABS, DIV. Каждый вид модели имеет установленные типы и формы, для которых выявлены состояния с согласованными значениями атрибутов ориентации, деформации и уровня заряда. Таким состояниям дублетов на уровне онтологического знания отвечают их аналоги на уровне факта, в качестве которых выступают состояния объектов физической науки, проявляющие действие деформационных, электрических и магнитных полей, вызывающих многовидовую изменчивость открытых систем.

Ключевые слова: физика открытых систем, познание онтологии систем, собственные качества систем, реконструкции актуальных состояний систем, внутрисистемные взаимодействия

Для цитирования: Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Онтологии актуальных состояний и внутрисистемных двухчастичных взаимодействий в открытых системах // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2022. Т. 15, № 10. С. 67–78. doi: 10.32603/2071-8985-2022-15-10-67-78.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Original article

Ontologies of Actual States and Ontologies of Intrasystem Two-Particle Interactions in Open Systems

T. L. Kachanova, B. F. Fomin✉

Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia

✉ bfomin@mail.ru

Abstract. Open systems (natural, social, anthropogenic, cyber-physic, and technical ones) are initially given in actual states by their empirical descriptions, obtained from huge amount of retrospective multimodal heterogeneous empirical data. At the level of fact, the empirical descriptions contain hundreds and thousands of indicators and represent such systems at their natural scales and real complexity. Furthermore, at the level of sense, open systems are represented in eigen qualities, in ideals of states of these eigen qualities, and in recon-

structions of actual states – all of them are reliable and scientifically understood, are «internalized» by fact and rationally explain it, and collectively constitute knowledge about systems' ontology, knowledge whose fullness and completeness are investigated and proven. At the level of ontological knowledge, the system's reconstructions are obtained «in parts» (in eigen qualities). And, to build reconstruction of system's states as a whole, such system reconstructions «in parts» need to be complemented by models of two-particle, three-particle, and multi-particle interactions between eigen system qualities. Ontologies of all kinds of doublets (models of two-particle interactions named SIM, SWI, MIX, SEP, ABS, DIV) are obtained and investigated in this paper. Each such kind of model possesses discovered types and forms. And, for them, such states are revealed whose attributes of orientation, deformation, and charge level are agreed upon values. These doublets states of the level of ontological knowledge have at the level of fact their analogues represented by states of physical science objects exhibiting effects of deformation field as well as electric and magnetic fields that cause «multispecies» variability of open systems.

Keywords: physics of open systems, cognition of systems ontology, eigen qualities of system, reconstructions of systems' actual states, intrasystem interactions

For citation: Kachanova T. L., Fomin B. F. Ontologies of Actual States and Ontologies of Intrasystem Two-particle Interactions in Open Systems // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2022. Vol. 15, no. 10. P. 67–78. doi: 10.32603/2071-8985-2022-15-10-67-78.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Введение. Эмпирической наукой созданы и продолжают с нарастающим темпом создаваться большие данные о системах. В середине 1990-х гг. возникла область физики открытых систем (далее – ФОС) [1], в рамках которой идет становление системологии, нацеленной на исследования открытых природных, антропогенных, общественных, кибер-физических и сложных технических систем, заданных эмпирическими описаниями с сотнями и тысячами показателей. ФОС исходит из предположения, что для раскрытия сущности системы и научного объяснения наблюдаемых и потенциально возможных форм проявления ее изменчивости достаточно иметь полное представительное эмпирическое описание свойств, состояний и условий существования системы [2].

Процесс познания сущности системы представляет *спираль познания* [3]. Она обосновывает философскую доктрину разработки понятия «Система» и задает в предельно обобщенном и концентрированном виде схему постижения смыслов системы по ее эмпирическому описанию. В ней отображается триадичность диалектического процесса познания сложного, позволяющего осмысливать и оформлять системную сущность явлений действительности в процессе разрешения диалектического противоречия «Сущность – явление» (рис. 1).

Процесс познания отображается в виде трех слоев познания. Слой «Системология феноменального» вводит принципы, меры и механизмы, раскрывающие систему в ее собственных качествах и эталонах состояний этих качеств, завер-

шающих оформление системы в виде реконструкций ее актуальных состояний. Слой «Физика систем» устанавливает простейшие отношения и их системные атрибуты, раскрывающие внутрисистемные взаимодействия, формирующие системогенез. Слой «Начала систем» вводит первопринципы, высшие законы гармонии, иерархические достоинства и порядки, утверждающие сущность системы как организованного *целостного Единства*.

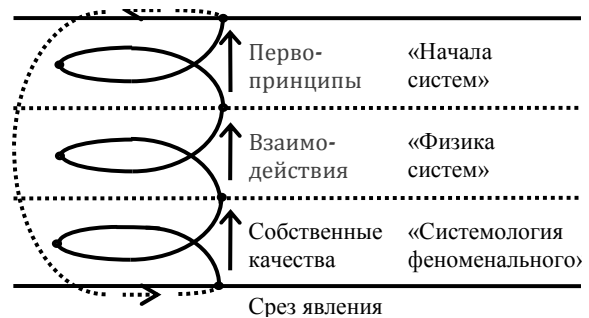


Рис. 1. Спираль познания
Fig. 1. Cognitive spiral

Каждый слой познания представляет определенный *гносеологический* уровень познания сущности системы. Каждый слой имеет свой базис. В нем система представлена как целостное единство, на основе которого в слое разрешается диалектическое противоречие «Единое – многое». Парадигма слоя познания утверждает принцип формы и *всеобщий конструктивный смысл симметризации* в постижении системогенеза.

Система исходно задана эмпирическим описанием. В нем система обособлена конкретными пространственно-временными границами. Фено-

мен системы в этих границах отражает объект (явление, процесс) реального мира, выступающий носителем смыслов системы. Каналами доступа к смыслам системы служат наблюдаемые (измеряемые) величины – показатели актуальных состояний системы с учетом ее окружения. Исходное эмпирическое описание системы имеет формат таблицы «Объект – свойства». Строка таблицы (объект) – описание одного актуального состояния системы вектором значений показателей. Столбец таблицы (свойство) – множество значений одного конкретного показателя системы во всех ее актуальных состояниях. Количество строк таблицы характеризует *представительность* эмпирического описания системы, количество столбцов – *полноту* ее описания [2], [3].

Спираль познания раскрывает *надпредметные смыслы* системы и создает представления системы как «*другого измерения реальности*» [4]. Система как срез явления служит базисом спирали познания. В спирали познания совершается переход от представления системы в данных к представлениям системы различными структурами атрибутированных отношений. Через эти структуры формируется конструктивное научное определение системы на уровне *онтологического знания*. Познание онтологии системы разворачивается от показателей через *собственные качества системы* к ее глубинным свойствам. Понятие «*Показатель*» воспринимается как канал доступа к внутреннему миру системы, рассматриваемой как одно целое. Понятие «*Качество*» раскрывает внутренний мир системы, устроенный из уникальных однородных собственных качественных определенностей системы, взаимодействующих между собой и формирующих единство целого. Понятие «*Свойство*» выявляет и объясняет многовидовые формы изменчивости системы, определяет ее эмерджентные свойства через собственные качества и их взаимодействия [5].

«Системология феноменального» решает проблему постижения внешне явленных форм сущности системы.

«Системология феноменального» раскрывает все качественное разнообразие сложного целого, проявляющегося во множественных внешних формах наблюдаемого мира, порожденных высшими универсальными механизмами системогенеза [6], [7]. Диалектическое противоречие «*Единое – многое*» конкретизируется при этом как противоречие «*Однокачественное – многокачественное*».

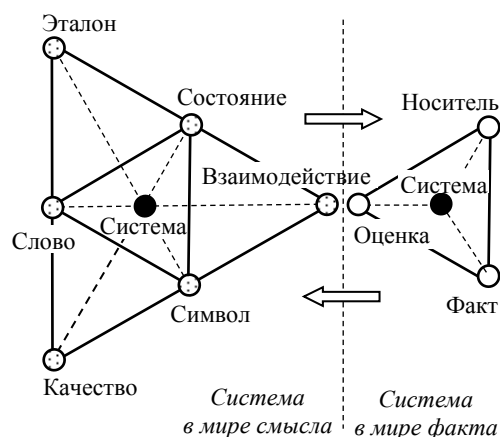


Рис. 2. Система в мире факта и в мире смысла
Fig. 2. System in the world of facts and in the world of sense

Базой слоя служит представление системы как объективированного частного единства (*целокупность величин*, представленная в формате таблицы «Объект – свойства»), имеющего своим прообразом срез явления.

Триада «Символ – Слово – Состояние» (*система в мире смысла*) имеет свое отражение в триаде «Факт – Оценка – Носитель» (*система в мире факта*), рис. 2. Эта триада укоренена в наблюдаемой реальности («Факт»), соприкасается с реальностью через объекты действительности («Носитель»), устанавливает меры способности факта воспринимать и брать на себя смыслы, воплощенные в носителе («Оценка»).

Второе начало («Оценка») триады «Факт – Оценка – Носитель» и отношение между началами «Факт» и «Носитель» требуют доопределения. Это доопределение создает *аксиологический уровень знания онтологии* системы, на котором исследуется его ценность (*полнота и завершенность*). Аксиология онтологического знания отражена триадой «Качество – Эталон – Взаимодействие», выраженной в мерах ценности знания о связи *миров смысла и факта*. Первое начало («Качество») этой триады устанавливает степень определенности полученных форм в мерах, выражающих *полноту проявления и глубину проникновения в смыслы* системы. Второе начало («Эталон») утверждает *меру усвоения* раскрытых и понятых смыслов системы ее реальными носителями. Третье начало («Взаимодействие») измеряет степень *восстановления единства системы как целого* из множества ее актуальных состояний.

Результат «Системологии феноменального» – *реконструкция всех актуальных состояний си-*

стемы [8]. При этом понятие «Объект» становится понятием «Состояние», в котором «сборка» эталонов состояний собственных качеств системы рассматривается как множество частиц, определяющих полный состав «полиморфного тела» системы. Понятие «Свойство» получает атрибут «Уровень величины», обусловленный множественными внутрисистемными взаимодействиями.

Собственные качества системы и внутрисистемные взаимодействия рассматриваются на уровне онтологии. На этом уровне система воспринимается как «полиморфное тело» и интерпретируется как «конденсированное состояние».

Через начало «Качество» фиксируются множества элементарных ячеек системы (синглетов), формирующих «кристаллическую фазу тела» системы. Система в «кристаллической фазе» раскрывается в устройении порядков и порождаемых этими порядками состояний. Начало «Качество» проявляет наличие в системе наряду с «кристаллической фазой» также и «аморфной фазы». Система в «аморфной фазе» не имеет центров порядка. «Аморфную фазу тела» системы образуют псевдосинглеты.

«Системология феноменального» выявляет все синглеты, определяет собственные качества и строит реконструкции актуальных состояний системы.

«Физика систем» выявляет все псевдосинглеты и наряду с синглетами использует их в качестве участников внутрисистемных взаимодействий.

Реконструкция каждого актуального состояния в системологии феноменального является «сборкой», построенной на множестве эталонов всех собственных качеств системы. «Системология феноменального» определяет только актуальные формы эталонов состояний. Помимо актуальной формы эталоны состояний собственных качеств системы имеют также латентную и блокированную формы. Начало «Эталон» фиксирует степень усвоения фактом системного смысла, раскрытого в актуальных формах эталонов состояний. В «Физике систем», исследующей многообразии внутрисистемных взаимодействий, работают все три формы эталонов.

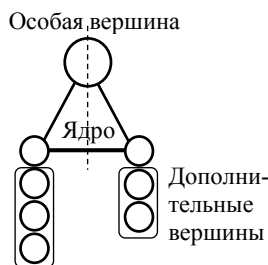
В базисе «Системологии феноменального» ключевым является понятие «Свойство», выраженное через показатель состояния системы. Базис «Физики систем» образуют все реконструкции актуальных состояний системы, представляющие систему как одно целое в виде «полиморфного тела». В базисе «Физики систем» ключевыми служат понятия «Синглет» и «Псев-

досинглет», определяющие носители внутрисистемных взаимодействий.

Результат «Физики систем» – закономерности устройства «полиморфного тела» системы. Понятие «Состояние» стало понятием «Взаимодействие», в котором реконструкция актуального состояния системы раскрыто как координированная сеть отношений между эталонами состояний собственных качеств системы, формирующих эмерджентные свойства системы. Понятие «Свойство» конкретизирует условия формирования признака или реализации процесса.

Постановка задачи. Понятие «Локальность» – первое ключевое понятие «Системологии феноменального». Локальность имеет двухфакторную структуру, рис. 3.

Каждый фактор состоит из множества вершин, объединенных смыслом конкретного системного механизма. Факторы взаимодействуют (двухфакторное взаимодействие), формируя локальность как целое. Системообразующую роль в локальности играет ее ядро, состоящее из синглетов с общей особой вершиной и разными базами. Синглет – трехвершинная структура с осевой симметрией, проходящей через одну (особую) вершину и противоположное ей ребро (базу), рис. 4.



Фактор 1 Фактор 2

Рис. 3. Локальность
Fig. 3. Locality

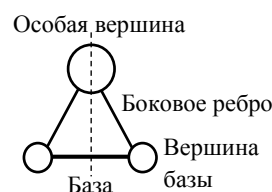


Рис. 4. Синглет
Fig. 4. Singleton

Фактор включает вершины баз и дополнительные вершины. Дополнительные вершины не входят в синглеты ядра локальности, но формируют его окружение. Каждая локальность порождает эталоны состояний собственного качества системы – конститuentы реконструкций ее актуальных состояний. Локальность представляется приведенным треугольником – интегральным концентрированным образом уникального собственного качества системы, выраженным в этой локальности. Приведенный треугольник – интегральный синглет, особая вершина которого совпадает с особой вершиной локальности, а каждая вершина базы представляет все вершины соответствующего фактора локальности.

Вторым ключевым понятием «Системологии феноменального» является понятие «Реконструкция состояний». Локальности порождают эталоны состояний собственных качеств системы. На основе полного семейства эталонов осуществляется реконструкция актуальных состояний системы на конкретном пространственно-временном интервале ее наблюдения. Реконструкция каждого состояния представляет собой «сборку» эталонов состояний собственных качеств системы, каждый из которых является частью системного целого. Реконструкции значений показателей состояния системы моделируют актуальные значения показателей уровнями этих величин.

Реконструкция системы в частях («сборка» эталонов состояний) должна быть преобразована в реконструкцию организованного системного целого. Полная реконструкция системы в целом дополняет реконструкцию системы в частях моделями внутрисистемных взаимодействий. Эти модели порождаются на базе синглетов и псевдосинглетов. Исследование внутрисистемных взаимодействий относится к задачам «Физики систем».

Метод. Понятие «Синглет» – фундаментальное понятие ФОС. Каждая вершина синглета имеет атрибут ориентации «↑» или «↓». Атрибуты вершин базы синглета – антипараллельны «↑↓» или «↓↑» (боковой контакт). Сама по себе база не активна. Суммарное значение атрибутов ориентации вершин базы – нулевое. Особая вершина синглета – центр порядка, имеет два значения своего атрибута ориентации «↑» или «↓». Существуют четыре варианта разметки синглета.

Двухфакторное взаимодействие в синглете дает целое. Синглет как целое имеет атрибут общей ориентации «↖» или «↗». С учетом атрибута общей ориентации синглет в целом имеет восемь возможных вариантов разметки (рис. 5). Обоснованных вариантов разметки синглета всего два (рис. 6).

Два варианта разметки синглета как целого отвечают двум его стереотипам поведения. Для вершин базы достаточно взять какой-то один,

например «↓↑». Атрибут ориентации синглета как целого согласован с атрибутом ориентации особой вершины: если особая вершина имеет атрибут «↑», то синглет как целое имеет атрибут «↖», иначе – наоборот. *Синглет в целом активен* (имеет не нулевую ориентацию).

Значение атрибута общей ориентации задается атрибутом ориентации особой вершины, поскольку суммарный атрибут ориентации вершин баз – нулевой. Особая вершина вступает с вершинами базы в осевой контакт. Атрибуты ориентации этих вершин должны быть параллельны при учете атрибута общей ориентации: если атрибут общей ориентации «↖», то особая вершина и вершина базы фактора 2 имеют атрибут «↑», иначе – наоборот.

Кроме атрибутов ориентации каждой вершине синглета присвоен атрибут «Уровень величины» с двумя значениями «High» (H) или «Low» (L). Этот атрибут несет *смысл «заряда»*. Синглет как целое всегда имеет значение атрибута «Уровень величины», совпадающее со значением этого атрибута у особой вершины.

Каждая локальность в виде приведенного треугольника (интегрального синглета) порождает четыре эталонных состояния. Эти состояния представлены через состояния, связанные *зарядовой и пространственной симметриями*. Состояния представлены через атрибуты особой вершины. Каждое эталонное состояние приведенного треугольника есть интегрированное состояние какого-то одного собственного качества системы. (Факторы однородны, вершины факторов неразличимы и представлены двумя вершинами базы.) Эталонные состояния этого собственного качества различаются значениями атрибутов ориентации и уровня величины особой вершины синглета как центра порядка локальности. Особая вершина играет определяющую роль в идентификации эталонных состояний собственных качеств системы.

Между эталонными состояниями локальности существует связь, выражающая внутрисистемные

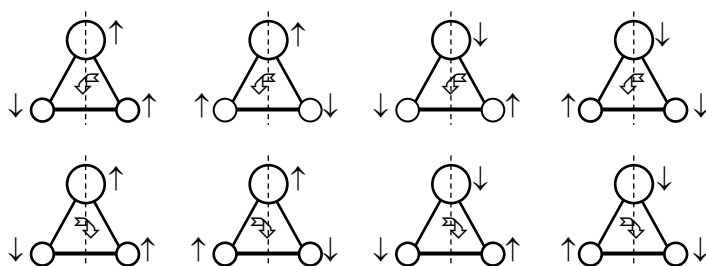


Рис. 5. Варианты разметки синглета
Fig. 5. Options for singleton marking

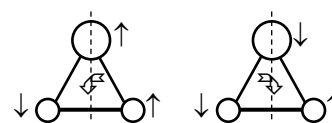


Рис. 6. Обоснованные варианты
Fig. 6. Reasonable Options

закономерности, проявляющиеся через атрибуты уровня величины и ориентации, рис. 7: по горизонтали имеем одинаковые значения атрибута ориентации особой вершины («↑» и «↓») и атрибута общей ориентации синглета («↺» и «↻»); по вертикали пары эталонов имеют одинаковые значения атрибута «Уровень величины» (H, high – высокий или L, low – низкий); по диагонали пары эталонов различаются значениями всех атрибутов, при этом уровни вершин базы совпадают, что свидетельствует о потенциале скачкообразного изменения уровня величины особой вершины. Идея вертикалей (уровни величин одинаковые, атрибуты ориентации – разные) утверждает способность синглета изменять атрибуты ориентации, сохраняя значение атрибута «Уровень величины» (*пространственная четность* – P), рис. 8. Идея горизонталей (уровни величин разные, атрибуты ориентации – одинаковые) утверждает единую шкалу величин, задающую порядок значений атрибута «Уровень величины» и устанавливающую третье промежуточное значение (M) этого атрибута как центра инверсии. Идея диагоналей (уровни величин разные, атрибуты ориентации разные) утверждает смену атрибутов ориентации при изменении уровня величины (*комбинированная пространственно-зарядовая четность* – PC), рис. 9.

В каждом конкретном состоянии системы актуализируется только какой-то один из четырех эталонов состояния ее собственного качества. На множестве всех состояний системы проявляются все эталонные состояния каждого собственного качества системы. Последовательность их проявления определяется внутрисистемными взаимодействиями. В этой последовательности *уровни особых вершин изменяются с высокого на низкий и обратно, совершая сложно устроенный колебательный процесс*.

Эталонные состояния – это *предельные формы* выражения собственного качества системы. По-

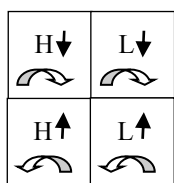


Рис. 7. Связь состояний эталонов
Fig. 7. Connection between states of ideals

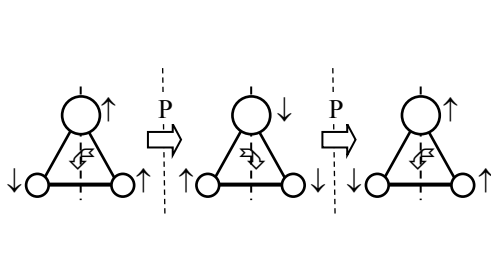


Рис. 8. Идея вертикалей
Fig. 8. Idea of «verticals»

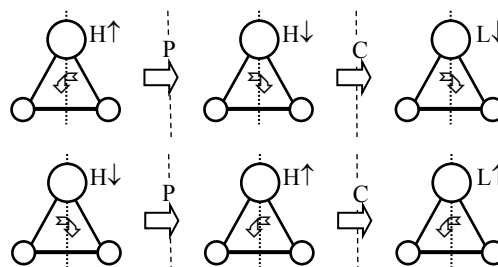


Рис. 9. Идея горизонталей
Fig. 9. Idea of «horizontals»

мимо четырех эталонных форм состояния каждая локальность имеет неэталонные формы. Наличие неэталонных форм обусловлено множественными внутрисистемными взаимодействиями. Каждая особая вершина в своей локальности есть *центр порядка*, а также центр порядка в системе в целом. *Множественные внутрисистемные взаимодействия раскрываются через взаимодействия центров порядка, формирующие единство целого системы*. Эти взаимодействия рассматриваются как двухчастичные, трехчастичные и многочастичные.

Полученные структуры локальности и синглета наделены двумя атрибутами (заряд, ориентация). Этот набор атрибутов следует дополнить атрибутом согласования «Смена знака», выражающим связанность *«электрических, магнитных и деформационных полей»*. Атрибут «Смена знака» – это атрибут парной связи. Каждая парная связь между вершинами в исходной структуре отношений имеет положительный или отрицательный знак. Смена знака в моделях взаимодействия связана с изменением знака на противоположный, что означает напряженное состояние (*упругую деформацию*) связи.

Локальность как замкнутая система – многократное повторение одного и того же приведенного треугольника (интегрального синглета), формирующее структуру локальности, – представляет область проявления уникального собственного качества системы в четырех эталонных формах. Каждая эталонная форма передает наивысшую степень порядка, представляющего собственное качество системы.

Локальность как открытая система – участник множественных внутрисистемных взаимодействий. Локальности в моделях взаимодействий *участвуют синглетами своих ядер*. Формы локальности проявляются как актуальные, латент-

ные и заблокированные. Актуальная форма – все синглеты ядра локальности подчиняются какому-то его эталону. Латентная форма – хотя бы один синглет ядра подчиняется эталону. Блокированная форма – никакой синглет ядра не подчиняется эталону.

В основу метода исследования двухчастичных внутрисистемных взаимодействий в ФОС положен *поиск симметрий* (ось симметрии, плоскость симметрии, центр симметрии). Каждый синглет имеет одну ось симметрии. Осевые симметрии синглетов ядра локальности образуют главную осевую симметрию локальности. Атрибуты ориентации элементов локальности коллинеарны ее главной осевой симметрии. Локальность имеет базисную плоскость, в ней лежат базы синглетов ядра. Оси симметрии синглетов локальности могут не совпадать с ее главной осевой симметрией. Локальность может включать в себя элементы диссимметрии (противоречивые ребра, не отвечающие эталонам локальности). *Диссимметрии в локальности разрешаются моделями взаимодействия. В локальности проявляются элементы симметрии, свойственные моделям взаимодействия.* Первой формой взаимодействия является *двухчастичная форма*. В основе этой формы лежит структура отношений, отражающая пересечение двух локальностей с образованием ядра и его окружения в этой структуре отношений.

Каждая структурная форма модели взаимодействия дополняется областями пересечения факторов локальностей – участниками двухчастичного взаимодействия (f_1^1 – первый фактор первой локальности; f_2^1 – второй фактор первой локальности; f_1^2 – первый фактор второй локальности; f_2^2 – второй фактор второй локальности). Областей пересечения этих факторов четыре; 1-1 – пересечение f_1^1 и f_1^2 ; 1-2 – пересечение f_1^1 и f_2^2 ; 2-1 – пересечение f_2^1 и f_1^2 ; 2-2 – пересечение f_2^1 и f_2^2 (рис. 10).

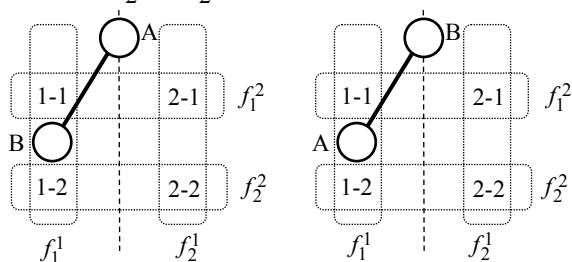


Рис. 10. Структурная форма полной модели
Fig. 10. Structural form of full model

Два участника, образующие полную модель взаимодействия, представлены своими особыми вершинами (А – первый участник, В – второй) и факторами. Локальность В включена в локальность А. Локальность А включена в локальность В. Все виды моделей взаимодействия объясняют взаимообусловленность изменчивости величин А и В (связанные заряды).

Результаты. Каждая локальность представлена приведенным треугольником с особой вершиной и базой, вершины которой выражают факторы локальности. Структура моделей двухчастичных взаимодействий задает: способ соприкосновения двух локальностей через два синглета; расположение синглета одной из взаимодействующих локальностей в другой локальности.

Всего имеется шесть видов моделей двухчастичных взаимодействий, рис. 11. Из них два вида – *базовые модели*. В этих моделях две локальности соприкасаются общим ребром синглетов своих ядер. Другие четыре вида – основные структуры включения синглета одной локальности в другую локальность. Шесть видов моделей служат платформой для построения всех *возможных структурных типов и форм* этих видов с учетом дополнительных ребер (модели SIM, SWI), различия факторов локальностей (модели ABS, SEP, DIV, MIX) и двойственности (модели SEP, DIV).

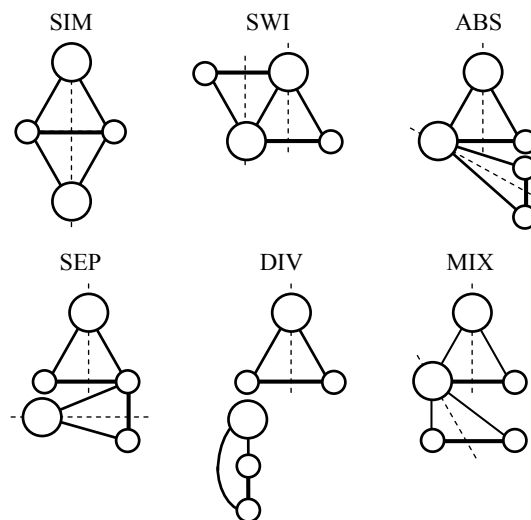


Рис. 11. Виды моделей
Fig. 11. Types of models

В модели SIM синглеты имеют общую базу. В модели SWI синглеты имеют общее боковое ребро, связывающее их особые вершины. В модели ABS особая вершина синглета принадлежит ядру одного фактора локальности, вершины базы синглета лежат в другом факторе локальности. В модели SEP особая вершина синглета не при-

надлежит ядру локальности, лежит в одном факторе локальности, а база синглета – в другом ее факторе. В модели DIV синглет как целое включен в один фактор локальности, особая вершина синглета, как правило, не принадлежит ядру локальности. В модели MIX особая вершина синглета, как правило, находится в ядре локальности, а вершины базы лежат в разных факторах этой локальности.

Базовые модели SIM и SWI по построению имеют дублетную структуру, включающую два синглета с разными особыми вершинами. Базовые модели служат основой для четырех не базовых видов моделей.

На рис. 12 показан дублет SWI из двух синглетов с особыми вершинами A и B. Ребро A-B у этих синглетов – общее. Вершины баз C и D принадлежат одному и тому же фактору в локальностях A и B. Особая вершина одного синглета является вершиной базы другого синглета.

Модель вида SEP порождается по схеме модели SWI (рис. 13). В модели SEP представлены два синглета с особыми вершинами A и B. В отличие от SWI особая вершина одного синглета не является вершиной базы другого синглета. Общей вершиной синглетов в модели SEP является вершина базы C. Взаимосвязь двух синглетов в дублетной структуре SWI показана пунктирным контуром, а в SEP – штриховой прямой. Если в локальности A имеет место модель вида SEP с особой вершиной B, то в локальности B имеет место модель вида SEP с особой вершиной A, и наоборот. Этот факт выражает двойственность модели вида SEP.

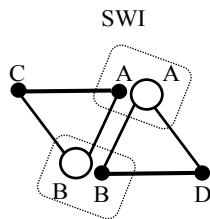


Рис. 12. Дублет SWI
Fig. 12. Doublet «SWI»

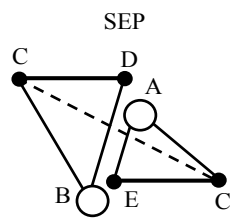


Рис. 13. Дублет SEP
Fig. 13. Doublet «SEP»

Модель вида DIV – производная модели вида SEP (рис. 14). В отличие от SEP в этой модели особая вершина и база синглета B принадлежат одному и тому же фактору локальности A. Если в локальности A существует модель вида DIV с особой вершиной B, то в локальности B – модель вида DIV с особой вершиной A, и наоборот. Этот факт выражает двойственность модели вида DIV.

Модель вида MIX – производная модели вида SIM (рис. 15). В модели SIM и в модели MIX база синглета B лежит между факторами локальности A. В отличие от модели SIM база в модели MIX явля-

ется противоречивым ребром (пунктирная линия). Двойственность – не характерное свойство MIX.

Модель вида ABS сама по себе не обладает свойством двойственности структуры, поскольку в ней реализуется функция поглощения (разрушения) одной локальности другой локальностью. Модель ABS отличается от модели SEP вхождением особой вершины модели ABS в ядро локальности. ABS и SEP могут быть двойственными.

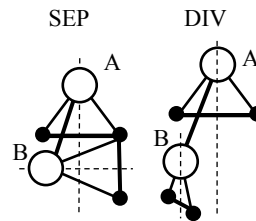


Рис. 14. Порождение дублета DIV
Fig. 14. Doublet «DIV» generation

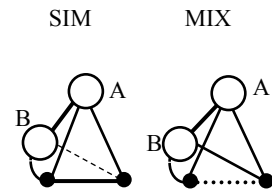


Рис. 15. Порождение дублета MIX
Fig. 15. Doublet «MIX» generation

Псевдосинглет – треугольник противоречий с главной осевой симметрией (подобно синглету), в котором выделяются *псевдоособая вершина* и *псевдобаза*. Псевдоособая вершина – не центр порядка и не формирует локальность системы. Синглеты в локальности проявляют ближний и дальний порядки, псевдосинглеты – только ближний порядок. Синглеты и псевдосинглеты участвуют во взаимодействиях. Базовые модели двухчастичных взаимодействий построены как дублетные структуры синглетов. На основе псевдосинглетов вводятся *псевдодублеты* – модели взаимодействий, упорядоченность которых устанавливается центром порядка локальности, выступающей третьим участником взаимодействия.

Структура псевдодублета подобия аналогична структуре модели вида SIM. Псевдодублет состоит из двух псевдосинглетов с общей псевдобазой. Две псевдоособые вершины A и B связаны ребром, знаковая разметка которого устанавливает в модели четыре треугольника противоречий (рис. 16, a). В локальность третьего участника C псевдодублет подобия может входить в одной из четырех форм (рис. 16). В результате упорядочения, направленного центром порядка C, возникают четыре варианта структур с различным расположением вершин псевдодублета (композиционное упорядочение вершин):

1. Псевдоособые вершины и псевдобаза принадлежат разным факторам локальности C (модель вида SPE, рис. 16, a). Псевдосинглеты расположены в базисной плоскости локальности и ориентированы перпендикулярно ее главной оси.

2. Псевдодублет лежит в одном факторе локальности (модель вида SPI, рис. 16, б). Его псевдосинглеты расположены вдоль оси этого фактора.

3. Псевдобаза находится в одном факторе локальности, а псевдоособые вершины – в разных факторах (модель вида ASP, рис. 16, в). Псевдосинглеты ориентируются вдоль двух разных неколлинеарных осей.

4. Псевдоособые вершины и вершины псевдобазы принадлежат разным факторам локальности (модель вида PAR, рис. 16, г). Псевдосинглеты ориентируются вдоль двух разных коллинеарных осей.

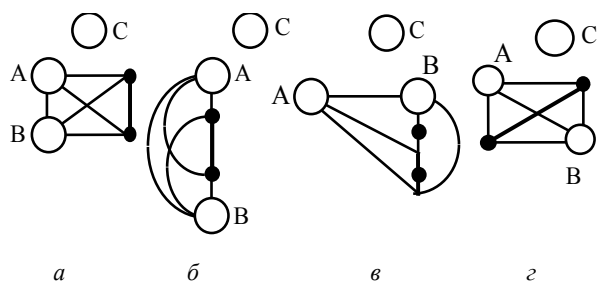


Рис. 16. Структуры псевдодублетов
Fig. 16. Pseudo-doublets structures

Морфология и атрибуты псевдосинглета аналогичны морфологии и атрибутам синглета. Модели взаимодействий, построенные на базе синглетов и псевдосинглетов, порождают различные эталонные и неэталонные формы внутрисистемных взаимодействий.

Двухчастичные внутрисистемные взаимодействия представлены моделями базовых взаимодействий (SIM, SWI, ABS) [3], тремя типами модели SIM [9], тремя типами модели SWI [10], моделью MIX (порождается моделью SIM первого типа), моделями SPE, SPI, ASP, PAR (порождаются моделью SIM третьего типа), моделями SEP и DIV (порождаются моделью SWI первого типа), моделью ABS (в отличие от SIM и SWI участники взаимодействия по модели ABS неравнозначны (дублет несимметричный, взаимодействие направленное)). Совместно с моделью SEP модель ABS может сформировать двойственную структуру взаимодействия.

Каждая из этих моделей задает разные варианты взаимодействий. Конкретные варианты определяются конфигурацией и допустимыми разметками элементов моделей (атрибутами ориентации, смены знака, уровнями величин).

Обсуждение результатов. Первый слой спирали познания («Системология феноменального») имеет своим базисом представление системы как

среза явления. Метод познания системы в этом слое – реконструктивный анализ (собственный аппарат ФОС). В основе метода лежат понятия «Отношение», «Знак», «Равновесие как знаковый баланс». Эти понятия обусловлены внешним восприятием системы как явления реальности. Главным результатом метода является семейство локальностей (полное множество моделей собственных качеств системы).

Бинарное отношение (парная связь) и его атрибуты (значимость, знак) исходно заданы статистически. Каждая парная связь – проекция множественных внутрисистемных взаимодействий. Для построения структуры бинарных отношений, представляющей систему вовне в виде абстрактного схемного образа (графа связей), используются различные статистические меры связи. Знак связи (положительный или отрицательный) отображает взаимообусловленную изменчивость показателей [2], [8].

Второй слой спирали познания – «Физика систем». Ключевыми для базиса этого слоя познания являются понятия «Синглет» и «Псевдосинглет». Полные семейства синглетов и псевдосинглетов выступают носителями внутрисистемных взаимодействий. «Физика систем» нацелена на поиск закономерностей устройства «полиморфного тела» системы. Достижение этой цели связано с исследованием внутреннего мира систем на основе понятий «Элементарная ячейка системы», «Ориентация», «Заряд», «Напряжение».

Элементарной ячейкой системы является синглет. Синглет имеет осевую симметрию, задающую морфологическое различие его элементов (особая вершина, база). Синглет, выражающий идею приведенного треугольника, порождает локальность, представляющую одно конкретное уникальное собственное качество системы. В локальности синглет утверждает ближний (ядро) и дальний (факторы) порядки.

Каждый синглет (псевдосинглет) и его элементы (вершины) имеют атрибуты ориентации, направленной вдоль осевой симметрии синглета (псевдосинглета). Для каждого эталона состояния собственного качества системы атрибуты ориентации в синглете зафиксированы. Для каждого варианта модели взаимодействия устанавливается особая конфигурация ориентационных атрибутов. Модель взаимодействия привязана к конкретной локальности. Атрибут ориентации центра порядка этой локальности задан эталонном ее состоянии и коллинеарен ее главной ори-

ентационной оси. Согласно принципу суперпозиции в модели устанавливается новая ориентация элементов, и в ней возникает определенная конфигурация ориентационных моментов. Ориентационное состояние системы может быть изменено внешним воздействием.

Заряд (атрибут вершины) характеризует уровень величины и служит мерой изменчивости показателя состояния системы. Исходно эта мера задается на двухпунктной шкале (High/Low, H/L). Пунктам шкалы отвечает, соответственно, область высоких или низких значений величины. Система в ее равновесных состояниях задается четырьмя эталонными формами, в каждой из которых уровень величины центра порядка локальности имеет наибольшую определенность и наименьшее энергетическое значение. На шкале уровней для ее симметрии требуется ввести третий пункт (M), которому отвечает уровень с наименьшей определенностью и наибольшим энергетическим значением (неравновесное состояние).

Шкала уровня значений построена для эталона состояния одного качества системы. В двухчастичном взаимодействии участвуют эталоны двух разных качеств системы. В моделях SIM и SWI уровни величин особых вершин определяются непосредственно на шкале уровней. В модели SIM в идеале особые вершины синглетоучастников взаимодействия тождественны. В модели SWI особые вершины в синглетаучастниках различаются по их системной роли.

Первая модель, порожденная моделью SWI, – это модель SEP. В этой модели особые вершины синглетоучастников различаются и по системной роли, и по заряду. Они могут иметь одинаковые (H-H, L-L) и разные (H-L, L-H) заряды. Системный смысл модели SEP состоит во введении механизма разделения уровней величин при двухчастичном взаимодействии. В результате каждый пункт шкалы уровней разделяется на два подпункта: H_1 , H_2 и L_1 , L_2 . Каждый пункт шкалы характеризует определенный энергетический уровень. При разделении пункта шкалы на два подпункта энергетический уровень расщепляется на два подуровня. Модели DIV и MIX не детерминируют уровни величин.

Модели, построенные на основе дублетов, не объясняют изменчивость псевдоособых вершин. Изменчивости псевдоособых вершин исследуются на моделях псевдодублетов. В данной статье эти модели не рассматриваются.

Конкретные конфигурации ориентационных моментов свидетельствуют о напряженном состоянии модели (упругая деформация «сжатия», «растяжения» или «изгиба»). Напряженное состояние проявляется через атрибут смены знака на ребре, связывающем вершины с характерными атрибутами ориентации. Смена знака означает изменение характера отношений между элементами модели. Такое изменение рассматривается как действие напряжения, связанное с изменением идеальных положений элементов.

Модели взаимодействия имеют связи двух видов: связи, сохраняющие и изменяющие знак. Связь первого вида – ненапряженная, связь второго вида – напряженная. Напряженность связи рассматривается как упругая деформация сжатия или упругая деформация растяжения.

В «Физике систем» используются физические аналогии. Взаимодействия в системе строятся с учетом связанности «деформационных», «электрических» и «магнитных» полей. Каждое поле отображается через соответствующий атрибут: «электрическое» поле представлено атрибутом уровня величины (зарядом), «магнитное» – атрибутом ориентации, «деформационное» – атрибутом смены знака. Действие «магнитного» и «деформационного» полей влияет на изменение внутреннего «электрического» поля. При приложении «магнитного» поля вследствие «магнитоstriction» возникают «упругие деформации», которые вызывают «поляризацию электрической подсистемы» посредством «пьезоэлектрического» эффекта.

Модели взаимодействия отражают три свойства, присущих системе: ориентация элементов модели (вершины) вдоль осей симметрии (аналогично намагниченности); напряжение на ребрах структуры отношений (подобно упругой деформации); вершины моделей обладают уровнями величин (зарядами), заряды разделяются (поляризуются). Порядок ориентации элементов моделей вызывает напряжение в отношениях между элементами, следствием которого является поляризация уровней величин.

Связь ориентации и атрибутированной структуры проявляется через «магнитоупругое» взаимодействие. Локальность обладает полярной осью (главная ориентационная ось). Вектор поляризации коллинеарен главной осевой симметрии локальности. Результирующий эффект поляризации измеряется (отображается) на специальной шкале разделения уровней величин. Явление по-

ляризации обусловлено наличием у особых (псевдоособых) вершин атрибута «Уровень величины» (заряда). Эти уровни величин связаны между собой. Смена знака проявляет упругость и деформацию связи, вызывающую напряжение в структуре отношений. Знак связи (знак отдельно взятого ребра модели взаимодействия) проявляет доминантную форму изменчивости двух взаимосвязанных вершин, отражает их двухполярность. Знак связи в системно организованной структуре бинарных отношений характеризует *самоорганизацию системы*, изменяется в процессе гармонизирующего внутрисистемного взаимодействия и представляет результат этого взаимодействия. Знак связи в эталонах состояний собственных качеств системы определяет основные формы существования *равновесного состояния* системы. Знак связи в двухчастичных внутрисистемных взаимодействиях определяет *основные (эталонные) и возбужденные (не эталонные) формы изменчивости* состояний системы.

Собственные качества системы и внутрисистемные взаимодействия рассматриваются на уровне онтологии систем. На этом уровне система воспринимается как тело и интерпретируется как конденсированное состояние. *Собственное качество представляется «твердым кристаллическим телом», имеющим организованную структуру с ближним и дальним порядками*. Его свойства передают модели двухчастичных взаимодействий, построенные на базе дублетов. *Модели псевдодублетов выражают состояния и свойства системы как «аморфной среды» (твердого тела, обладающего только ближним порядком)*. Система может существовать в «агрегатном состоянии», воспринимаемом как бесструктурная сущность (аналог «жидких фаз»). В этом состоянии система не имеет симметрий, ее гетерогенность отражают не гармонизированные структуры. На

уровне онтологии ее сущность не получила смыслового оформления.

Выводы. Исходное абстрактное представление системы должно отвечать требованию гармонизации (знаковой согласованности бинарных отношений). Требованию гармонизации отвечает новый формат описания системы как гетерогенной сущности в виде полного семейства ее локальностей (собственных качеств). В исходном эмпирическом описании каждое актуальное состояние системы задано набором значений показателей. «Системология феноменального» раскрывает каждое актуальное состояние системы как реконструкцию, представляющую собой сборку эталонов состояний всех ее собственных качеств. Каждый показатель, исходно заданный в каждом конкретном состоянии системы его измеряемым значением, реконструируется уровнем значения (проявлением его энергичности в данном состоянии системы).

Во втором слое познания система воспринимается как «полиморфное тело». Элементарными ячейками «тела» системы являются синглеты («кристаллическая» фаза) и псевдосинглеты («аморфная» фаза). Главная проблема ФОС – это исследование внутрисистемных взаимодействий. Участниками таких взаимодействий выступают синглеты и псевдосинглеты.

В физической науке электромагнитоупругость объединяет электродинамику, теорию магнетизма и механику сплошной среды [11], [12]. Модели электромагнитоупругости строятся с учетом связанности деформационных, электрических и магнитных полей. В ФОС по аналогии с физической наукой участники внутрисистемных взаимодействий наделены атрибутами «Смена знака», «Заряд», «Ориентация», проявляющими действие «деформационных, электрических и магнитных полей» в «теле» системы на изменчивость ее состояний.

Список литературы

1. Fomin B. F., Kachanova T. L., Fomin O. B. Generating scientifically proven knowledge about ontology of open systems. Multidimensional knowledge-centric system analytics. Chapter 8. Ontology in information science. InTech / ed. by Ciza T. Croatia, Zagreb, 2018. P. 169–204. doi: 10.5772/intechopen.72046.
2. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф., Фомин О. Б. Информационный ресурс знания об открытых системах (аналитический обзор) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2021. № 10. С. 44–63.

3. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Основания системологии феноменального. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999. 180 с.
4. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990. 544 с.
5. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Введение в язык систем. СПб.: Наука, 2009. 340 с.
6. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 132 с.

7. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Квалитология системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 132 с.

8. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Технология системных реконструкций. Сер. «Проблемы инновационного развития». СПб.: Политехника, 2003. Вып. 2. 146 с.

9. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «подобия» (теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. № 7. С. 70–79.

10. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «Переключение» (теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 6. С. 61–71.

11. Партон В. З., Кудрявцев Б. А. Электромагнитноупругость пьезоэлектрических и электропроводных тел. М.: Наука, 1988. 477 с.

12. Херд К. М. Многообразие видов магнитного упорядочения в твердых телах // Успехи физ. наук. 1984. Т. 142, № 2. С. 331–335.

Информация об авторах

Качанова Тамара Леонидовна – профессор кафедры автоматки и процессов управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук.

E-mail: kachanova-tamara@mail.ru

Фомин Борис Федорович – профессор кафедры автоматки и процессов управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук.

E-mail: bfomin@mail.ru

References

1. Fomin B. F., Kachanova T. L., Fomin O. B. Generating scientifically proven knowledge about ontology of open systems. Multidimensional knowledge-centric system analytics // Chapter 8. Ontology in Information Science, InTech / ed. by Ciza Thomas. Croatia, Zagreb, 2018. P. 169–204. doi: 10.5772/intechopen.72046.

2. Kachanova T. L., Fomin B. F., Fomin O. B. Informacionnyj resurs znanija ob otkrytyh sistemah (analiticheskij obzor) // Izv. SPbGJeTU «LJeTI». 2021. № 10. S. 44–63. (In Russ.).

3. Kachanova T. L., Fomin B. F. Osnovaniya sistemologii fenomenalnogo. SPb.: Izd-vo SPbGJeTU «LJeTI», 1999. 180 s. (In Russ.).

4. Klir Dzh. Sistemologija. Avtomatizacija reshenija sistemnyh zadach. M.: Radio i svjaz', 1990. 544 s. (In Russ.).

5. Kachanova T. L., Fomin B. F. Vvedenie v jazyk sistem. SPb.: Nauka, 2009. 340 s. (In Russ.).

6. Kachanova T. L., Fomin B. F. Metody i tehnologii generacii sistemnogo znanija. SPb.: Izd-vo SPbGJeTU «LJeTI», 2012. 132 s. (In Russ.).

7. Kachanova T. L., Fomin B. F. Kvalitologija sistemnogo znanija. SPb.: Izd-vo SPbGJeTU «LJeTI», 2014. 132 s. (In Russ.).

8. Kachanova T. L., Fomin B. F. Tehnologija sistemnyh rekonstrukcij. Ser. «Problemy innovacionnogo razvitija». SPb.: Politehnika, 2003. Vyp. 2. 146 s. (In Russ.).

9. Kachanova T. L., Fomin B. F. Vnutrisistemnye vzaimodejstvija po modeli «podobija» (teorija) // Izv. SPbGJeTU «LJeTI». 2019. № 7. S. 70–79. (In Russ.).

10. Kachanova T. L., Fomin B. F. Vnutrisistemnye vzaimodejstvija po modeli «Pereklyuchenie» (teorija) // Izv. SPbGJeTU «LJeTI». 2020. № 6. S. 61–71. (In Russ.).

11. Parton V. Z., Kudrjavcev B. A. Jelektromagnitno-uprugost' p'ezoelektricheskikh i jelektroprovodnyh tel. M.: Nauka, 1988. 477 s. (In Russ.).

12. Herd K. M. Mnogoobrazie vidov magnitnogo uporjadochenija v tverdyh telah // Uspehi fiz. nauk. 1984. T. 142, № 2. S. 331–335. (In Russ.).

Information about the authors

Tamara L. Kachanova – Dr Sci. (Eng.), Professor of the Department of Automation and Control Processes of Saint Petersburg Electrotechnical University.

E-mail: kachanova-tamara@mail.ru

Boris F. Fomin – Dr Sci. (Eng.), Professor of the Department of Automation and Control Processes of Saint Petersburg Electrotechnical University, professor.

E-mail: bfomin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.10.2022; принята к публикации после рецензирования 05.11.2022; опубликована онлайн 25.12.2022.

Submitted 25.10.2022; accepted 05.11.2022; published online 25.12.2022.
