



Применение теории витасистем в задачах развития авиастроения*

Совместно с Г.М. Алакозом, С.И. Пляской

Введение

Происхождение понятия и теории витасистем связано с задачей восстановления российской авиастроительной отрасли, деградация которой произошла в постперестроечный период.

В начале века, в 2001-2006 г.г., по заказу Минпромэнерго России был проведен ряд научно-исследовательских работ с целью поиска рациональных путей организации междисциплинарного в своей основе и постоянно развивающегося авиастроения в новых общественных и технологических условиях. Прикладным результатом этих работ, в частности, были рекомендации по созданию современных интегрированных производственных структур (холдингов), которые в том или ином виде были реализованы на практике. Научный результат работ заключался в новых методах анализа так называемых «системостремительных» и «системобежных» факторов, способствующих созданию или развалу организационно-технических систем, содержащих активное начало – человека. Эти методы и очевидный вывод о том, что динамика развития организационно-технических систем происходит циклически на фазовом пространстве ограниченного числа подпространств (категорий), легли в основу понятия витасистемы и начала теории витасистем.

Формально была предложена типовая или каноническая модель поведения сложных систем, содержащих активное звено. Она оказалась достаточно простой и в то же время универсальной для описания поведения широкого класса организационно-технических систем.

Первые публикации, включающие понятие витасистемы, относятся к 2009 году [1,2].

Целью настоящей статьи служит оценка современного уровня развития теории витасистем и ее место в задачах анализа (синтеза) авиастроения.

1 Фундаментальные аспекты теории витасистем

Витасистема (от лат. *vitalis* – жизненный и др.-греч. *σύντημα* – целое, составленное из частей; соединение) – система, элементами которой являются овеществленные (материализованные) и/или представленные в той или иной форме (не обязательно формализованные или формализуемые) интересы (желания, потребности), знания, умения и навыки людей (в более широкой трактовке – любых живых организмов), находящиеся в отношениях, связях, взаимодействиях и взаимосодействиях друг с другом и образующие определенную биогибридную целостность и единство [3].

В общем смысле витасистема — материальный продукт деятельности (существования) некоего субъекта или некоторой их общности — людей (живых организмов). Основной целью всякой витасистемы является удовлетворение желаний и потребностей субъекта. Когда в качестве субъекта выступает некоторая общность людей (живых организмов), потребности, являясь целями создания и функционирования витасистем, формулируются в интегральной форме, благодаря достаточно универсальному процессу трансформации (редукции) частных желаний и интересов, выражаемых и представляемых лидером. Для описания функционирования витасистем используется расширенная трактовка пространственно-временного континуума: в дополнение к традиционным *временному* и *пространственным* измерениям в моделях динамики витасистем в качестве самостоятельных измерений используют *энергию*, *вещество* (как формы существования

* Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): труды Одиннадцатой междунар. конфер., 1–3 окт. 2018 г., Москва: в 3 т. Т. 2 – М.: ИПУ РАН, 2018. – с. 256-261



материи) и *информацию* (как меру структурно-функциональной сложности и разнообразия материальных объектов и сведений о таковых).

Создание и использование витасистем применительно к научно-технической сфере рассматривают, с одной стороны, как итог материализации интересов некоторой общности людей, и, с другой стороны, как инструментарий созидательной (творческой) человеческой деятельности [4]. Изучением витасистем занимается теория витасистем. Последняя, являясь разделом теории систем, находится в стадии становления, носит междисциплинарный характер и занимает некую промежуточную позицию между учением о биосфере В.И. Вернадского (в ее биосоциальном аспекте) и теорией активных систем (в технико-экономическом аспекте) [5].

Экономический аспект происхождения витасистем связано с моделью «затраты-выпуск» В.В.Леонтьева [6]. Представление витасистем каноническими графами восходит к работам А.Н.Меделянского [7]. Некоторыми аналогами витасистемного подхода с точки зрения формализации анализа систем можно считать метод PERT (Project Evaluation and Review Technique) [8] и технологию структурного анализа и проектирования SADT (Structured Analysis and Design Technique) [9], реализованную в серии стандартов IDEF. В некотором смысле витасистемы и витасистемный подход связаны с распространенным понятием реинжиниринга бизнес-процессов BPR (Business process reengineering) [10].

2 Основные положения теории витасистем

Для удобства, а также исходя из содержания расширенного континуума, в котором происходит развитие любых материальных объектов, было предложено число подпространств, описывающих поведение витасистем, ограничить пятью.

Любая витасистема представима в виде графа. Графическое представление так называемой канонической модели динамики витасистемы приведено на рисунке 1. Его вершины так или иначе отображают подпространства (категории) потребностей, знаний, умений, навыков и ресурсов различного вида (см. табл. 1). Также эти вершины проектируются на категории расширенного континуума: пространство-время-вещество-энергия-информация. В частных случаях приложения витасистем к развивающимся или организационно-техническим системам вершины соответствующего графа канонической модели отражают принятые формы деятельности или фазы жизненного цикла того или иного изделия.

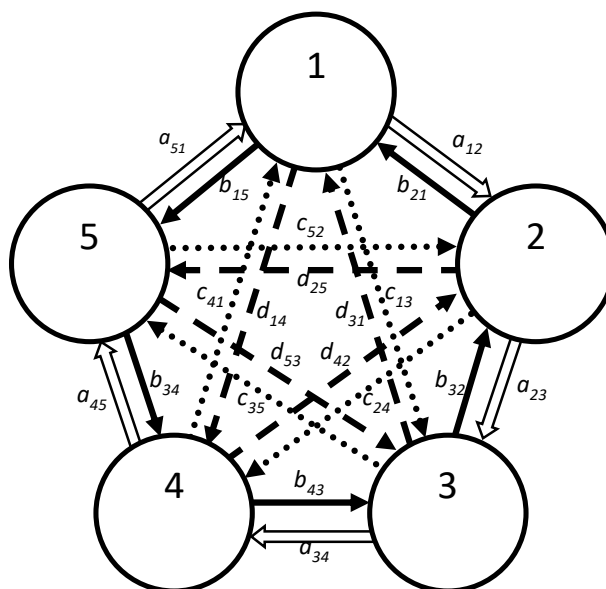


Рис. 1. Графическое представление канонической модели динамики витасистемы [3]



Четыре вида связей (законов) отражают различные виды отношений между категориями. В силу различного физического наполнения этих связей граф канонического представления витасистемы (см. табл. 2) оказывается реберно неоднородным. Иными словами, его адекватное описание возможно с помощью четырех двумерных матриц (по числу видов связей) или тензором ранга (2,2).

Любая витасистема обладает свойствами:

- *самоподобия* (фрактальным свойством): любые категория, элемент или некое их подмножество конкретной витасистемы могут быть представлены как отдельная витасистема (последняя выступает в качестве витаподсистемы);
- *обширности*: пространство витасистем состоит из взаимосвязанных витаподсистем различного рода;
- *иерархичности* (свойством иерархии): витасистемы взаимодействуют как в порядке подчинённости (по целям) низших уровней высшим (строгой иерархии), так и соподчиненности по горизонтальному принципу (на одном уровне иерархии – нестрогой иерархии);
- *всеобщности*: каждый человек и/или группа людей, объединенная по любому мыслимому признаку (будь то промышленный коллектив, племя, партия, народ, общность, государство и т. п.), погружены в пространство витасистем, а с развитием цивилизации это погружение становится все более глубоким (число витасистем, к которым имеет отношение отдельный субъект возрастает). В отношении прочих живых организмов это свойство остается актуальным, но развитие человеческой цивилизации несет негативное воздействие на развитие отдельных витасистем преимущественно природного происхождения;
- *целеполагания*: общей целью любой витасистемы, независимо от уровня представления (рассмотрения), является *стремление к сохранению ее целостности*, т.е. конформационной устойчивости структуры витасистемы в течение определенного времени, как правило, задаваемого извне (со стороны витасистемы более высокого иерархического уровня, нередко определенного только контекстно).

Таблица 1. Категории (вершины графа) канонической структуры витасистем

| Обозначение | Содержательное наполнение в различных задачах исследования витасистем |
|-------------|--|
| 1 | Потребности, цели, требования к витасистеме, обоснование целевой задачи |
| 2 | Идея, творческий замысел, инновационный задел, метод создания витасистемы, знания |
| 3 | Ресурсы витасистемы: временные, пространственные, финансовые, вещественные, материальные, информационные, энергетические, сырьевые, кадровые, административные и др. |
| 4 | Создание витасистемы, технология преобразования исходных ресурсов, производство, умения в широком смысле |
| 5 | Использование витасистемы, применение по назначению, эксплуатация, реструктуризация, ремонт, восстановление, утилизация и т.п., навыки |

Таблица 2. Виды связей (отношений) между категориями (вершинами графа) витасистем

| Обозначение | Наименование | Содержательное наполнение в задачах исследования витасистем |
|-------------|-----------------|---|
| а | закон созидания | постоянная смена одной категории другой, производственные переходы между формами деятельности |



| | | |
|---|--|--|
| b | закон противосозидания или ответной реакции на закон созидания | обратная связь, внесение корректив в ход событий и тем самым создание основы для самостоятельного самоуправляемого существования и развития явления (предмета) |
| c | закон согласованного подчинения (повиновения) | поддержание порядка, безопасности и самосохранение структуры процесса, меры предварительного согласования |
| d | закон сопротивления (отрицания) | стремление к форс-мажору, сепаратизму или к диктату на общий ход событий, вплоть до отрицания образовавшегося ранее порядка |

Применение теории витасистем к решению прикладных задач анализа (синтеза) организационно-технических систем любого назначения осуществляется с помощью так называемого витасистемного подхода. Основные принципы витасистемного подхода состоят в следующем.

1. *Принцип функциональной целесообразности*, согласно которому мир витасистем – это не только структурно и функционально сложные динамические (переменные во времени) и пространственно-разнесенные системы, но и любые объекты, так или иначе связанные с удовлетворением человеческих потребностей, поскольку основным компонентом любой витасистемы является человек – субъект, наделенный желаниями и потребностями.
2. *Принцип (полу)открытости*, согласно которому целевая функция витасистемы может быть достигнута за счет избирательного взаимодействия с внешней средой: нет возможности купить вешалку, переходим к процедуре вколачивания гвоздя.
3. *Принцип вложенности*, согласно которому каждый объект, фигурирующий в витасистеме, также в свою очередь может рассматриваться как витасистема: гвоздик, молоток, стремянка, шкаф и пр. – в истории своего происхождения описываются теми же фазами жизненного цикла, что и создаваемая с их помощью конструкция. В отличие от «фрактальной вложенности», основанной на структурном сходстве систем различного уровня иерархии, в данном случае используется только сходство фаз жизненного цикла.
4. *Принцип гетерохронии* между материальными и информационными процессами, согласно которому переходы между смежными материальными стадиями жизненного цикла витасистем (категориями или формами деятельности) происходят относительно медленно по сравнению с переходами по «лучам» пентаграммы канонической граф-модели. Последние соответствуют законам «согласованного подчинения (повиновения)» и «сопротивления (отрицания)», носят виртуальный характер и связаны с обменом информацией между категориями (компонентами) витасистем.
5. *Принцип достаточной информированности*, который подразумевает, что дефицит сведений в межфазовых переходах витасистемы или негативная (по отношению к конкретной витасистеме) информация на любой из фаз могут привести к ее деградации вплоть до прекращения функционирования.

В последние годы в области теории витасистем получен ряд важных научных результатов.

В частности:

- В 2016 г. предложено для описания динамики витасистем использовать неархимедовы метрики [11].
- В 2017 г. нами (АНО ИСАПФБ) совместно с НИИ НФ РАН им. П.К.Анохина получен ряд результатов в области фундаментальных процессов структуризации



живой и неживой материи, которые опубликованы как у нас, так и за рубежом [12, 13].

- В 2018 г. получены ряд результатов в области применения чувствительной логики в задачах моделирования интеллектуальных аэрокосмических комплексов.

Промежуточным фундаментальным итогом служит постановка задачи о возможности моделирования «техно-генетики» организационно-технических систем на основе неархимедовых метрик на категориях витасистем – некоего цифрового аналога спирального кода ДНК живых организмов.

Мы оказались не одинокими в исследовании проблем структуризации систем и описания сложных междисциплинарных вопросов относительно простыми методами. Простота достаточно условна, поскольку комбинаторная вариативность представления витасистем с помощью графа из пяти вершин и четырех типов связей между ними превышает 1 000 000 вариантов (если точно, то 1 069 742).

В Белорусском национальном техническом университете на кафедре «Интеллектуальные системы» под руководством Гулая А.В. проведен ряд исследований в области моделирования пространственно-распределенных витасистем (авторы их называют *витасредой*) [14,15].

В США выходцы из Лос-Аламосской лаборатории создали институт «Сложности» (SFI), одна из лабораторий которого занимается исследованием принципов структуризации живой материи – от отдельных клеток до социальных и человеко-гибридных систем. В целом, они сфокусировали свое внимание на коллективном поведении и коллективном интеллекте [16]. В то же время, теория витасистем имеет целью создание междисциплинарных технологий инженерного творчества.

3 Витасистемы и авиастроение

Подчеркнем, что механизмы структуризации живой и неживой природы едины на всех уровнях, включая уровни организации воздушного движения и создания систем авиационно-космического назначения.

В области приложений теории витасистем к созданию крупномасштабных авиационно-космических комплексов и авиастроению в период 2009-2017 г.г. опубликовано: 2 книги, 16 научных статей в научных изданиях, выполнено свыше десяти докладов на международных и всероссийских научных конференциях.

Применительно к авиастроению в целом витасистемный подход воплощается в деятельности генерального конструктора авиационной техники.

По существу, возрождение на государственном уровне института генеральных конструкторов и генеральных технологов, о чем мы неоднократно и настойчиво говорили, способствует тому, что пять категорий витасистем начинают работать в полном соответствии с их канонической моделью – концентрация потребностей развития авиастроения (категория 1), научно-технического задела (категория 2), централизованного финансового, информационного и кадрового обеспечения (категория 3), производственных технологий (категория 4), регламентов технической эксплуатации (категория 5) в сосредоточенных управленческих звеньях и установление информационных связей между ними способствуют формированию *полносвязного* графа отношений между витасистемными категориями, отражающими соответствующие формы деятельности авиастроительной отрасли.

Пример использования витасистемного подхода к задаче анализа жизненного цикла (ЖЦ) авиационного комплекса (АК) приведен на рисунке 2.

В соответствии с [17] управление авиапроизводством может быть централизованным, когда управленческие функции сосредоточены в отдельной, внешней категории и/или распределенным, когда управленческие функции по существу поручаются отдельным формами деятельности (категориям). Саморегулирование витасистем возможно также



автономным взаимодействием соответствующих форм деятельности, что для целей анализа требует внешнего оценивания, в частности, по отношению к внешней витасистеме.

Заключение

1. Теория витасистем находится в стадии становления. Основными ее проблемами являются:

- отсутствие универсальных методов метризации качества витасистем и их элементов (категорий и связей между ними);
- отсутствие прикладных методов к оцениванию и поддержанию структурной целостности витасистем;
- создание «техно-генетических» моделей структур организационно-технических систем широкой номенклатуры на элементах витасистем;
- создание междисциплинарных технологий инженерного творчества и их внедрение в практику управления организационно-технических систем и др.

2. Независимо от того, к какому варианту организации управления склоняется потребитель (заказчик, пользователь), он, всякий раз принимая или контролируя управленческие решения путем изменения мощностей связей между соответствующими формами деятельности (категориями), использует витасистемный подход и оценивает их поочередно, по каноническим категориям витасистемы (формам деятельности или фазам жизненного цикла авиастроения). Этот процесс по существу подвержен естественной оптимизации творческой деятельности каждого человека и коллектива, принимающего участие в авиастроении. Если же принимаемые решения, используемые в текущей деятельности отдельного подразделения, всего предприятия, или отрасли в целом, не опираются на оценки результатов творческой деятельности (ответственности, успешности и недоработок) по соответствующим фазам (категориям) и их конечным результатам, то можно уверенно говорить, как минимум, об *отсутствии оптимальности* деятельности как на отдельных формах и уровнях витасистемной модели, так и витасистемы, описывающей авиастроительную отрасль в целом.

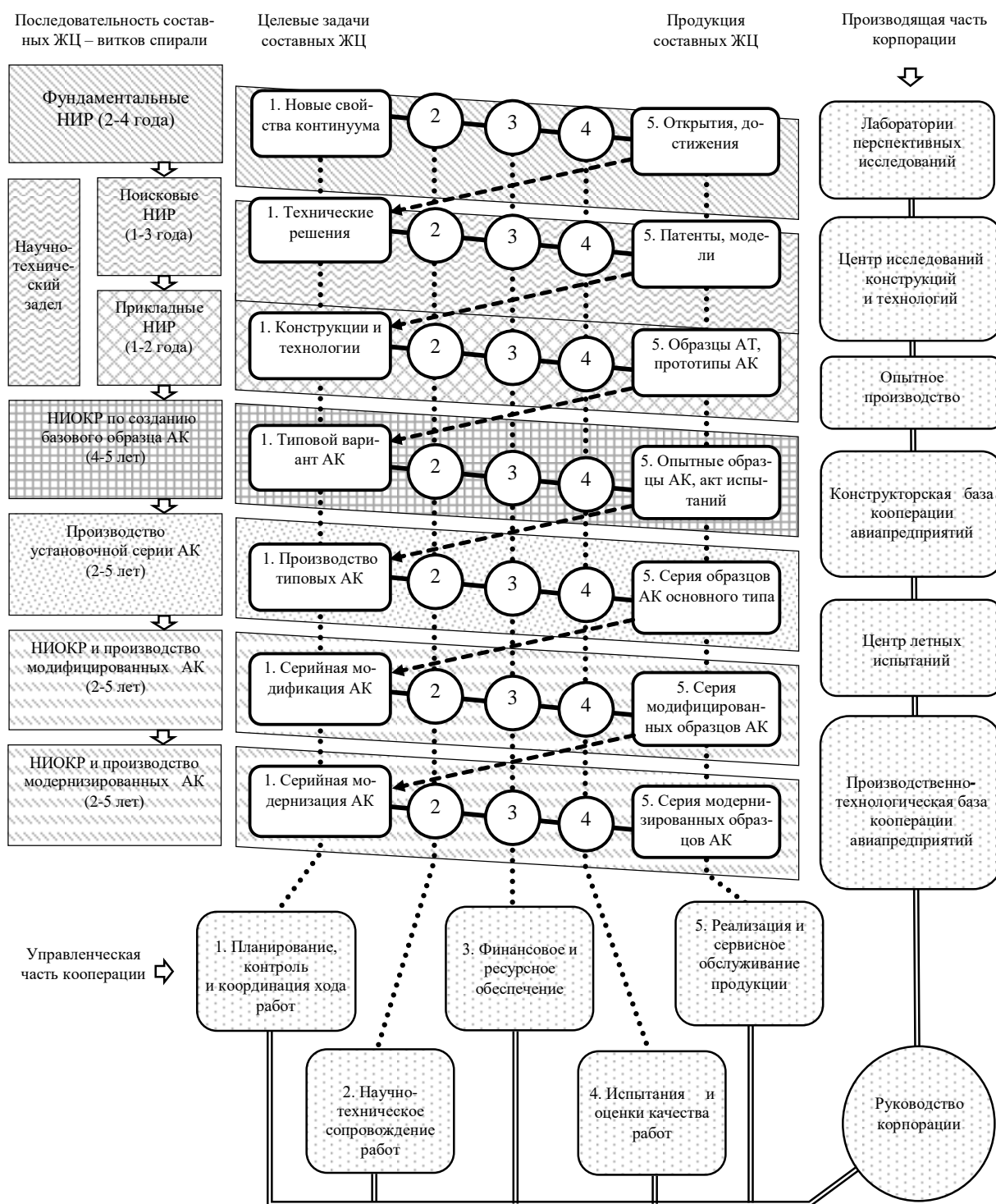


Рис. 2. Корпоративная спираль комплексного ЖЦ АК [17]

Литература

1. Аюпов А.И., Пляскота С.И. Принципиальные аспекты прикладной структуризации витасистем и особенности их мониторинга на стадиях жизненного цикла. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009) Труды Третьей международной конференции (5-7 октября 2009 г., Москва, Россия). М: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2009, стр. 355-367.
2. Аюпов А.И., Матвеев А.М., Пляскота С.И. Авиация России как крупномасштабная система. Прикладные аспекты развития. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009). Материалы Третьей международной конференции (5-7 октября 2009 г., Москва,



- Россия). Том I. М: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2009, стр.18-21.
3. Витасистема. // <http://cyclowiki.org/wiki/>. 2018. URL: <http://cyclowiki.org/wiki/Витасистема> (дата обращения: 2.06.2018).
4. Алакоз Г.М., Аюпов А.И., Пляскота С.И. и др. Витасистемы: модели инженерного творчества. — М.: «Дашков и К°», 2015. — 446 с.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. — М.: Синтег, 1999. — 128 с.
6. W. Leontief, "Input-output Economics," Oxford University Press, 1986, p. 436.
7. Медеянский А. Н., Водяха Г. И. Необычные возможности человека и теория власти. — М.: Айрис-пресс, 2004. — 224 с.
8. Program Evaluation Research Task (PERT): summary report. U.S. Government Printing Office, Washington 25, D.C. 1958. — 110 p.
9. Марка Д., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования (SADT) / Пер. с англ. — М: МетаТехнология, 1993. — 240 с.
10. Филип Котлер, Роланд Бергер, Нильс Бикхофф. Стратегический менеджмент по Котлеру. Лучшие приемы и методы = The Quintessence of Strategic Management: What You Really Need to Know to Survive in Business. — М.: Альпина Паблишер, 2012. — 144 с.
11. Аюпов А.И., Алакоз Г.М., Пляскота С.И. Неархимедовы метрики в задачах моделирования витасистем. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016) «Management of Large-scale System Development» (MLSD'2016): труды Девятой междунар. конф., 03-05 окт. 2016 г., Москва: в 2 т. /
- Ин-т проблем упр. им. В.А.Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. — Т. 1. — М.: ИПУ РАН, 2016. — с.247-254.
12. Алакоз Г.М., Добротворский А.С., Котов А.В., Пляскота С.И., Саломатов А.А., Шерстнев В.В. Сингулярность как неотъемлемое и сохраняемое свойство базовых механизмов синтеза и функционирования атомарных, молекулярно-биологических и нейрхимических вычислительных структур. Нейрокомпьютеры: разработка, применение, № 7, 2017, стр. 35-47.
13. G.M. Alakoz, S.I. Plyaskota, A.S. Dobrotvorskiy, A.A. Salomatov, A.V. Kotov, V.V. Scherstnev, The singular mechanisms to synthesis and functioning of promising computational structures of aerospace complexes. Management of Large-Scale System Development (MLSD), 2017 Tenth International Conference. IEEE. Oct. 2017. <http://ieeexplore.ieee.org/document/8109588/>
14. Гулай А.В., Зайцев В.М., Гулай В.А. Формирование информационных сенсорных образов информационной vita-среды. Системный анализ и прикладная информатика. №4, 2016. — стр. 4-10.
15. Гулай А.В., Зайцев В.М., Гулай В.А. Соотношение свойств vita-среды и их интерпретаций в интеллектуальной модели. Системный анализ и прикладная информатика. №1, 2017. — стр. 33-40.
16. J. C. Flack, Multiple time-scales and the developmental dynamics of social systems. Philos. Trans. R. Soc. B. 367, 1802–1810 (2012).
17. Аюпов А.И., Алакоз Г.М., Пляскота С.И., Рубан А.С. Витасистемы. Принципы организации процессов авиастроения. М.: Щербинская типография, 2016. — 272 стр.