

Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» и ее вклад в учебный процесс вузов

В 2018 г. исполняется 20 лет Научно-педагогической школе «Системный анализ в проектировании и управлении», которая объединяет ученых, развивающих теорию систем и системного анализа в различных вузах России, Украины, Норвегии, Польши, США, Финляндии и др. стран.

Школа считает себя преемницей школы Московского энергетического института, в котором д-р техн. наук, профессор Ф.Е. Темников (1906–1993) создал в 1970 году первую в стране кафедру по направлению теории систем и системных исследований – кафедру Системотехники; и школы Ленинградского политехнического института (вн. в. – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого), в котором с 1973 г. на факультете технической кибернетики д-р технических наук, профессор, (в последующем – заслуженный деятель науки РФ) А.А. Денисов (1934–2010) исследовал общность процессов в системах различной физической природы и предложил теорию информационного поля и информационный подход к анализу систем.

В 1994 г. д-р техн. наук профессор, заслуженный работник высшей школы РФ В.Н. Козлов переименовал возглавляемую

им кафедру технической кибернетики в кафедру «Системный анализ и управление» и открыл новое одноименное направление подготовки бакалавров и магистров, что сыграло важнейшую роль в становлении в Политехническом университете научно-педагогической школы.

С 1998 г. на базе Политехнического университета ежегодно проводится конференция «Системный анализ в проектировании и управлении», которая стала основой формирования школы с таким же названием объединяющей ученых отечественных и зарубежных вузов и научно-исследовательских институтов, занимающихся развитием теории систем и системного анализа как прикладной теории систем.

За прошедшие 20 лет ученые, объединяемые школой, получили ряд новых научных результатов, развивающих теорию систем, системный анализ и другие научные направления, которые представляются на сайте saenco.neva.ru (System Analysis in Engineering and Control) и кратко характеризуются в данной статье.

Ключевые слова: классификация, модель, моделирование систем, система, системный анализ, теория систем.

Yuriy S. Vasil'ev, Violetta N. Volkova, Vladimir N. Kozlov, Artem A. Efremov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Scientific and pedagogical schools «System analysis in engineering and control» and its contribution to educational the process of universities

In 2018, the 20th anniversary of the Scientific and Pedagogical School “System Analysis in Engineering and Control”, which unites scientists who developing the Theory of Systems and System Analysis in various universities in Russia, Ukraine, Norway, Poland, USA, Finland and other countries.

The school considers itself to be a successor of: the school of the Moscow Energy Institute, in which Dr. of Technical Scienc, Professor F.E. Temnikov (1906-1993), created in 1970 the first in the country the department in the direction of the theory of systems and system studies, the Department of System Engineering and the school of the Leningrad Polytechnic Institute (now Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University), which since 1973 at the Faculty of Technical Cybernetics Doctor of Technical Sciences, Professor, (later -Honored Scientist of the Russian Federation) A.A. Denisov (1934-2010) studied the generality of processes in systems of various physical nature and also proposed the theory of the information field and information, approach to analysis of system.

In 1994, Dr. Tech. Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, VN Kozlov, renamed the Department of

Technical Cybernetics headed by him, to the Department “System Analysis and Management” and opened a new direction of the same name for the preparation of bachelors and masters, and this is played a major role in the establishment of the Polytechnic University scientific and pedagogical school.

Since 1998, on the basis of the Polytechnic University, a conference “System Analysis in Engineering and Control” has been held annually, which has become the basis for the formation of a school with the same name of unifying scientists from Russian and foreign universities and research institutes involved in the development the Theory of Systems and System Analysis as applied theory of systems..

This article is characterized by the main results, which over the past 20 years, scientists, united by the school, made contribution to the development of Theory of Systems, System Analysis and other scientific directions.

Keywords: classification, model, system's modeling, system, system analysis, theory systems.

Введение

Понятие «система» и «теория систем» стали широко использоваться в различных областях знаний после того, как стали известны работы Л. фон Берталанфи [3] и были изданы сборники работ по теории систем. Основной идеей общей теории систем, предложенной Берталанфи, является организмический подход к биологическим и социальным объектам и явлениям, в соответствии с которым исследование частей таких объектов не дает возможность понять свойства целого (в последующем эта закономерность названа закономерностью эмерджентности или целостности) и введение понятия «открытые системы» — системы, постоянно обменивающиеся веществом, энергией и информацией с внешней средой.

Важное отличие открытых систем от закрытых по Берталанфи состоит в том, что при соответствующих условиях в открытых системах «возможен ввод негэнтропии. Поэтому подобные системы могут сохранять свой высокий уровень и даже развиваться в сторону увеличения порядка и сложности, что действительно является одной из наиболее важных особенностей жизненных процессов» (см. *Bertalanffy L. von. General System Theory // "General System", vol. 1. 1956. p. 1–10*) [4, с. 42]). Таким образом, Л. фон Берталанфи фактически открыл новую закономерность, противодействующую классическому второму закону термодинамики, которая проявляется на всех уровнях развития материи, но особенно становится важной для введенного им понятия «открытая система», которое является важным классом прикладной теории систем.

Поскольку результаты, опубликованные Л. Фон Берталанфи были связаны в основном с мировоззренческими

проблемами, в нашей стране вначале теорию систем развивали в основном философы, и до сих пор в библиотечных классификациях относят к философским наукам, для прикладных исследований стали возникать другие термины. Вначале применяли термин «системный подход», «системотехника», «системология». В последующем и в настоящее время прикладным направлением теории систем считается «системный анализ», который впервые появился в работах корпорации RAND в связи с задачами военного управления в 1948 г.¹ в отечественной литературе получил распространение после перевода книги С. Оптнера «Системный анализ деловых и промышленных проблем»², и в 1980-е гг. был включен в учебные планы инженерных специальностей заместителем Министра высшего и среднего специального образования того периода Ф. И. Перегудовым [22].

В то же время основой прикладных направлений системных исследований остается теория систем, и поэтому важно продолжать исследования, развивающие эту теорию, чему и посвящена данная статья.

1. Основные положения прикладной теории систем и системного анализа, развиваемые школой

Предлагались различные классификации систем и проблем, решаемых с помощью системных представлений: по сложности и величине, по виду отображаемого объекта (технические, биологические, экономические и т.п. системы); по виду научного направления,

используемого для их моделирования (математические, физические, химические и др.). Системы делят на детерминированные и стохастические; открытые и закрытые, целенаправленные и целеустремленные ит. д.

Классификации нужны для того, чтобы выбрать подход и метод для исследования системы. Одной из первых классификаций по сложности **К. Болдинг** [5], который предложил делить системы учетом отличия живых от неживых.

В теории принятия решений была принята классификация по степени неопределенности (1-й столбец в табл. 1).

В классификации систем **Г. Саймона** и **А. Ньюэлла** предлагалось их группирование признаку структуризованности (хорошо структуризованные, плохо структуризованные и неструктуризованные проблемы) [32]. По аналогии с этой классификацией **Ф.Е. Темниковым** было предложено разделение систем по степени организованности — хорошо организованные, плохо организованные или диффузные и самоорганизующиеся [12] (третий столбец в табл. 1).

Выделенные классы практически можно рассматривать как подходы к отображению объекта или решаемой задачи, которые могут выбираться в зависимости от стадии познания объекта и возможности получения информации о нем.

Предложена концепция многоуровневой аксиоматики, в соответствии с которой для разных классов проблем и систем необходимы различные аксиоматики [8], примеры которых приведены в правом столбце табл. 1. Для проблем с достаточной определенностью, хорошо структуризованных, относящихся к классу хорошо организованных систем применяют математические методы. Для плохо организованных (диффузных) систем — статистические методы. Для класса

¹ Лопухин М. М. ПАТТЕРН — метод планирования и прогнозирования научных работ. М.: Сов. радио, 1971. 160 с.

² Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. — М.: Сов. радио, 1969. — 216 с.

Таблица 1

Классификации проблем и систем

Признаки классификации			Аксиоматики
Степень неопределенности	Структурированность	Степень организованности	
С достаточной определенностью	Хорошо структурированные	Хорошо организованные	Аксиоматика Евклида (Евдокса) Аксиомы формальной логики Аристотеля
С неопределенностью	Плохо структурированные	Плохо организованные или диффузные	Аксиоматика С. Н. Бернштейна и А.Н. Колмогорова и др. аксиоматики теории вероятностей и мат. статистики
С большой начальной неопределенностью	Неструктуризованные	Самоорганизующиеся или развивающиеся	Аксиомы логического базиса и законы алгебры логики Аксиоматика теории множеств и мат. лингвистики Законы диалектики Закономерности теории систем

проблем с большой неопределенностью, характерных для самоорганизующихся и развивающихся систем, выбирать методы и модели необходимо с учетом особенностей этих систем и закономерностей, объясняющих эти особенности.

Проведен анализ работ [2, 3 и др.], в которых исследовались особенности самоорганизующихся систем как открытых систем с активными элементами и объясняющие их закономерности строения, функционирования и развития систем, и предложена классификация закономерностей (рис. 1).

Предложена также классификация закономерностей целеобразования:

- закономерности возникновения и формулирования целей;
- зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта (процесса) и от времени;
- зависимость цели от внешних и внутренних факторов;
- возможность (и необходимость) сведения задачи формулирования обобщающей (общей, глобальной) цели к задаче ее структуризации.

На протяжении всей истории развития теории систем

предлагались и применялись различные определения системы, предлагались различные классификации определений.

В первых определениях система рассматривалась как совокупность только *элементов* a_i и *связей* r_j между ними. Например, определение системы **Л. фон Бергаланфи**: «комплекс взаимодействующих компонентов» [3, с. 29].

В Большой Советской Энциклопедии система определяется прямым переводом с греческого $\sigma\upsilon\sigma\tau\eta\mu\alpha$, что означает « $\sigma\upsilon$ - $\sigma\tau\eta\mu\alpha$ » – «со-став», т. е. составленное, соединенное из частей [БСЭ. – 2-е изд. – Т. 39. – С. 158.].

Затем в определениях стали учитывать свойства Q (А. Холл [40], А.И. Уёмов [42]). В дальнейшем в определениях появляется понятие цель. Сначала – в неявном виде: в определении **Ф.Е. Темникова** [38] «система – организованное множество» (в котором цель появляется при раскрытии понятия «организованное»); Потом – в виде конечного результата, системообразующего критерия, функции а позднее – и в явном виде:

В определении **В.Н. Сагатовского** уточняются условия целеобразования – *среда SR, интервал времени ΔT* , т.е. период, в рамках которого будет существовать система и ее цели: система – «конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала» [33].

В последующем в определении предлагается учитывать субъекта, исследователя, проектировщика – «наблюдателя» по **Н.У.Р. Эшби** [45], **Ю.И. Черняк** [41]: «Система есть отражение в сознании субъекта (исследователя, наблюдателя) свойств объектов и их отношений в решении задачи исследования, познания». В последующих вариантах это-



Рис. 1. Классификация закономерностей систем

го определения Ю.И. Черняк стал учитывать и язык наблюдателя L_N .

В ряде определений основные компоненты – элементы, связи (отношения) детализируются с учетом особенностей конкретных сфер деятельности, включают правила преобразования в форме функций, операций, моделей. Существовали определения, в которых было еще больше компонентов, что помогало в исследовании и проектировании систем определенной физической природы.

Рассмотренные определения системы применялись при разработке методик структуризации целей и функций систем.

Взгляд на определение системы как на средство исследования позволил осознать целесообразность выбора для ряда прикладных проблем определения, основанное на системно-целевом подходе [7], в котором объект не расчленяется на элементы, т. е. не разрушается, а представляется в виде укрупненных компонентов

$$S_{def} \equiv \langle Z, STR, TECH, COND, N \rangle,$$

где $Z = \{z\}$ – совокупность или структура целей;

$STR = \{STR_{пр}, STR_{орг}, \dots\}$ – совокупность структур, реализующих цели (например, для социально-экономической организации $STR_{пр}$ – производственная, $STR_{орг}$ – организационная и т. п.);

$TECH = \{meth, means, alg, \dots\}$ – совокупность технологий (методы *meth*, средства *means*, алгоритмы *alg* ит. п.), реализующих систему, обеспечивающих ее существование и функционирование;

$COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия существования системы, т. е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование (φ_{ex} – внешние, φ_{in} – внутренние).

N – «наблюдатели», т. е. лица, принимающие и исполняющие решения, осуществляю-

щие структуризацию целей, корректировку структур, выбор методов и средств моделирования и т.п.

Определение может быть дополнено компонентами «среда» SR и «временной интервал» Δt .

Это определение помогает начать исследование сложного объекта, сохраняя его целостность.

Терминологический аппарат постоянно развивается, дополняется понятиями, характеризующими закономерности функционирования и развития систем, подходы, методы и модели, предлагаемые и применяемые при их исследовании, проектировании, поддержке принятия решений с использованием теории систем и системного

На основе анализа подходов и обобщения предшествующего опыта предложено при проектировании систем использовать три основных подхода к отображению, исследованию и проектированию систем:

а) от целей («сверху») – *системно-целевой* или *целенаправленный* подход, основанный на применении методов *структуризации* или *декомпозиции*; *методик структуризации целей и функций систем*;

б) от перечисления и группирования элементов («снизу») – подход, который называют *морфологическим* (в широком смысле), *лингвистическим*, *тезаурусным*, *терминальным*, методом «языка» системы [41]. С помощью этого подхода определяется «пространство состояний» системы и реализуется поиск взаимосвязей (мер близости) между элементами.

в) *процессный* подход, который можно считать развитием *бихевиористского* и *функционально-технологического* подхода, основанных на структуризации во времени, на формировании и анализе организационно-технологических процедур подготовки и реали-

зации управленческих решений; на представлении информационных и бизнеспроцессов в форме графов.

Постановка любой задачи заключается в том, чтобы перевести ее словесное, *вербальное* описание в *формальное*.

В случае относительно простых задач такой переход осуществляется в сознании человека, который не всегда даже может объяснить, как он это сделал. Если полученная формальная модель опирается на фундаментальный закон или подтверждается экспериментом, то этим доказывается ее адекватность отображаемой ситуации. По мере усложнения задач получение модели и доказательство ее адекватности усложняется.

При проектировании сложных технических комплексов и управления социально-экономическими системами перевод вербального описания в формальное, интерпретация модели и получаемых результатов становятся неотъемлемой частью практически каждого этапа моделирования сложной развивающейся системы. Для решения проблемы перевода вербального описания в формальное в различных областях деятельности стали развиваться методы, типа «мозговой атаки», «сценариев», «дерева целей» ит. п., активизирующие использование интуиции и опыта лиц, формирующих модели и принимающих решения, которые вначале называли качественными, методами выработки коллективных решений.

В свою очередь, развитие математики шло по пути расширения средств постановки и решения трудноформализуемых задач. Наряду с детерминированными, налитическими методами классической математики возникла *теория вероятностей* и *математическая статистика*. Для задач с большей степенью неопределенности инженеры стали

привлекать теорию множеств, математическую логику, математическую лингвистику, теорию графов.

Постепенно сложился «спектр» методов – от вербального описания до методов классической математики. Анализ процессов изобретательской деятельности, опыта формирования сложных моделей принятия решений показал, что человек попеременно выбирает методы из левой и правой частей «спектра». Поэтому было предложено [37] «переломить» этот «спектр» методов примерно в середине, где графические методы смыкаются с методами структуризации, т. е. разделить методы моделирования систем на два больших класса: *методы формализованного представления систем* (МФПС) и *методы, направленные на активизацию интуиции и опыта специалистов* (МАИС). Возможные классификации этих двух групп методов приведены на рис. 2. Приведенная классификация МФПС, предложенная **Ф.Е. Темниковым** [13], раз-

вивалась. Возможны и другие классификации МФПС.

Стали разрабатываться *специальные методы* системного анализа, сочетающие средства МАИС и МФПС. В самостоятельные классы выделены имитационные модели, в числе которых имитационное динамическое моделирование (System Dynamics Simulation Modeling), предложенное в [43], имитационное компьютерное моделирование [25]; и модели представления и извлечения знаний [4, 35 и др.].

Классификация моделей по методам моделирования систем, предложенная в [9], приведена на рис. 2.

Наибольшее распространение получили следующие специальные методы моделирования систем, развиваемые учеными, объединяемыми или сотрудничающими с нашей школой системного анализа: ситуационное моделирование (предложено **Д.А. Поспеловым** [35], развивала **Л.С. Болотова/Загадская/** [4]); лингвокомбинаторное моделирование (предложено и развивается

М.Б. Игнатьевым [20]); логико-лингвистическое моделирование (**Б.Л. Кукор** [28]); логико-рефлексивное моделирование (**И.Б. Арефьев** [1]); теория информационного поля и информационный подход к моделированию и анализу систем (**А.А. Денисов** [15, 16]); подход, базирующийся на идее постепенной формализации задач (проблемных ситуаций) с неопределенностью путем поочередного использования средств МАИС и МФПС [10], системно-структурный синтез (**Ю.И. Лыпарь** [29]); когнитивное моделирование (**Г.В. Горелова** [14]); концептуальное мета-моделирование (**В.В. Нечаев** [30] и **С.П. Никаноров** [31]).

Основные понятия и закономерности теории систем являются основой для создания *методик системного анализа, моделей организации сложных экспертиз*.

Основные положения, методики, модели на протяжении всего периода существования научной школы, были подготовлены и изданы в ряде публикаций, имеющих науч-



Рис. 2. Классификация моделей систем

но-практический характер. Прежде всего:

Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — М.: Высшая школа, 2004. — 616 с.

Издание справочника получило поддержку Федеральной целевой программы «Культура России»

В 2009 г. в развитие этого справочника применительно к специальности «Прикладная информатика» было издано два справочника в издательстве «Финансы и статистика».

Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2006 — 848 с.; — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009. — 848 с.

Прикладная информатика: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Юрьева. — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. — 768 с.

В 2009–2010 гг. в издательствах «Высшая школа» и «Юрайт» были учебники по теории систем, которые широко используются в вузах.

Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем: учеб. пособие для студентов вузов. Рекомендовано Министерством образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Системный анализ и управление». — М.: Высшая школа, 2006. — 512 с.

Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем: и системный анализ: учебник. — М.: Изд-во Юрайт, 2010. — 679 с. Даются основные понятия теории систем и системного анализа. Определено их место среди других научных направлений. Показана принципиальная ограниченность формализованного описания развивающихся систем с активными элементами. Рассмотрены классификации систем, закономерности

их функционирования и развития, методы моделирования и анализа. Приведены примеры разработки и применения методик и моделей системного анализа при проектировании и организации функционирования систем управления предприятиями и организациями, при управлении проектами технических комплексов и моделировании других процессов принятия решений в сложных проблемных ситуациях.

В 2014–2016 гг. издан ряд учебников, представляющих интерес для развития теории систем.

Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавра, 2-е издание, переработанное и дополненное. — М.: Изд-во Юрайт, 2014. — 616 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.

Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим направлениям и специальностям.

Рекомендовано ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 010502 (351400) «Прикладная информатика».

Имеет знак «Выбор вузов».

Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов и др. Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. — М.: Изд-во Юрайт, 2014. — 592 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.

Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям.

Моделирование систем и процессов: практикум / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, А. А. Ефремов и др. Под ред. В. Н. Волковой. — М.: Изд-во Юрайт, 2014. — 592 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.

Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям.

Основной концепцией школы является развитие методологических основ и терминологического аппарата теории систем и системного анализа на основе широкого спектра математических методов.

В развитии теории негладких нелинейных операторов, предложенной им в 1980-е гг. **В. Н. Козлов** продолжил исследования концепции нелинейных операторов как важного направления математических методов теории систем и системного анализа; проводит исследования по применению метода негладких операторов для задач управления системами с распределенными параметрами, проектирования систем управления различными динамическими объектами, развивает теорию устойчивости систем с неопределенностью; разработал теоретические основы преодоления неопределенности на основе конвергенции методов и моделей. подготовил и издал монографии и учебные пособия.

Козлов В. Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений — М.: Проспект, 2010.

Изложены основные принципы, методология и классификация математических методов системного анализа.

В развитие предложенной в 1970-е гг. теории информационного поля [14] в издательстве Политехнического университета регулярно издаются

учебники и учебные пособия **А.А.Денисова**.

Учебное пособие с грифом УМО по университетскому образованию:

Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы.— СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2003. — 276 с. Изд 2-е — 2005. — 296 с.

Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. — СПб.: Изд-во СПбГПУ 2003. — 276 с. Изд. 2-е — СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2005. — 296 с.. В 2009 году издан учебник

Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник 3-е изд., перераб. и дополн. Рекомендовано УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 220100 «Системный анализ и управление». — СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2009. — 304 с. [16].

С 1997 г. развивает концепцию системного макроэкономического моделирования [17]. С использованием концепции информационного поля разработал модели для различных сфер экономики и управления [18, 19].

На основе дискретного варианта теории, называемого кратко информационный подход к анализу систем, разрабатывались методы организации сложных экспертиз. Разработаны 3 вида методов этой группы [11]: 1) методы оценки степени целесообразности анализируемых компонентов исследуемых систем по разнородным качественным критериям, позволяющие получать обобщенную оценку в многокритериальных задачах с разнородными критериями; используется предложенная **А.А.Денисовым** информационная оценка потенциал (значимость) H_i компоненты: $H_i = -q_i \log(1 - p'_i)$, где p'_i — вероятность достижения цели при использовании нововведения; q_i — вероятность

использования конкретного НВВ при реализации, достижение соответствующей подцели; применяется для сравнительного анализа нововведений, информационных систем, при формировании «портфеля заказов» и т. п.

2) методы сравнительного анализа сложных систем в течение определенного начального периода их проектирования (внедрения, развития) путем сопоставления изменения информационных оценок во времени; применяются для сравнительного анализа разнородных нововведений, технических комплексов, проектов и т. п., позволяя принимать решения о целесообразности продолжения их внедрения, разработки, дальнейшего инвестирования и т. п.;

3) методы оценки ситуаций, описываемых информационными уравнениями в статике и динамике; Применяются при проведении маркетинговых исследований, анализе рыночных ситуаций с учетом взаимного влияния товаров, сравнительного анализа проектов с учетом взаимовлияния в процессе проектирования и др.

Разработанные методы развивались, публиковались в учебных пособиях и применялись студентами в курсовых и дипломных работах. А в последующем включены в учебники и учебные пособия.

Волкова В. Н. Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учеб. пособие и метод. указания к лаб. работам по курсам «Теория систем и системный анализ» и «Системология». — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. — 48 с.

Волкова В.Н. Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учеб. пособие.— СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. — 68 с.

Волкова В.Н. Денисов А.А. Методы организации сложных экспертиз: учеб. пособие.— СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2010. — 128 с.

И др.

В развитие концепции, предложенной в 1970-е гг. [6], проведен ряд прикладных исследований с использованием идеи постепенной формализации моделей принятия решений и подготовлена монография.

Волкова В. Н. Постепенная формализация моделей принятия решений. — СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2006. — 120 с. Рассматривается подход к формированию моделей принятия решений, основанный на идее постепенной формализации модели путем попеременного использования методов активизации интуиции и опыта специалистов и методов формализованного представления систем. Поскольку продолжение конференций нередко проводится на загородной базе Южного Федерального университета «Таймази», картина одного из уголков этой альпийской базы, написанная д-ром техн. наук **Галиной Викторовной Гореловой**, украсила обложку этой монографии.

В развитие теории крупномасштабных динамических систем д-р техн. наук, профессор кафедры «Системный анализ и управление» **Владимир Николаевич Шашин** разрабатывает методы динамической оптимизации крупномасштабных систем, методы синтеза робастного управления, анализ устойчивости систем при структурных и параметрических возмущениях, методы анализа и синтеза робастных систем автоматического управления, обеспечивающие приемлемый уровень качества функционирования при неопределенно заданных параметрах объекта управления, Подготовил и издал монографию [43] и ряд учебных пособий.

2. Вклад в развитие других научных направлений

Под руководством канд. техн. наук, профессора **Л.А. Станкевича** ведутся ис-

следования в области когнитивных (познающих) систем, разработка методов обучения и самообучения, нейроморфных средств, обеспечивающих интеллектуальным системам возможность автоматического накопления знаний об окружении и поведении в нем. Подготовлен и издан учебник.

Станкевич Л. А. Интеллектуальные системы и технологии.

Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. — М.: Изд-во Юрайт, 2014. —397 с. Рассмотрены основные аспекты интеллектуальных систем и технологий: методы представления, использования и приобретения знаний, принципы построения и функционирования различных интеллектуальных систем, интеллектуальные технологии для создания экспертных систем, искусственных нейронных сетей и т. п., задачи общения с системой на естественном языке и др. Рассматриваемые принципы и понятия иллюстрируются схемами и наглядными примерами, в том числе примерами управления роботами различного предназначения

С 2001 г. школа сотрудничает со школой «Системный анализ в экономике» Таганрогского технологического университета (вн. в. — Инженерно-технологическая академия Южного Федерального университета). Научным руководителем школы в ИТА ЮФУ является д-р экон. наук, профессор **В.Е. Ланкин**, развивает теорию управления в социально-экономических системах на основе моделей теории автоматического управления. В Политехническом университете издана его монография.

Ланкин В.Е. Принципы и модели теории автоматического управления в социально-экономических системах. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. — 160 с.

Предлагается развитие ка-

тегориального аппарата теории управления социально-экономическими системами на основе принципов теории автоматического управления и закономерностей теории систем, качественной и количественной трактовки общесистемных категорий, таких как «целостность», «экономическая свобода», «устойчивость», «управляемость», быстродействие / инерционность в пространстве состояний экономических систем; разработаны содержательных и формальных процедур исследования и управления организационной и экономической деятельностью СЭО; методы реструктуризации хозяйствующих субъектов на основе системных механизмов децентрализации управления.

В теории информационного поля, предложенной **А.А. Денисовым** [15], были введены понятия чувственного и логического отражения. В последующем для практических приложений был создан диск-

ретный вариант теории, с помощью которого пояснялась идея отражения материи более популярно для инженеров и который позволил ввести понятия *чувственной информации* J (информация восприятия, элементная база системы), *логической информации* H (суть, потенциал) информации и их пересечения $C = J \cap H$, характеризующее смысл, сложность системы.

Разработаны классификации информационных систем и информационных технологий [22, 23].

Анализ теоретических основ и практики разработки информационных систем для предприятий и организаций показывает, что в настоящее время они фактически представляют собой комплексы, включающие не только ИС разного вида, разрабатываемые на предприятии, но и приобретаемые готовые программные продукты — предметноориентированные ИС (бухгалтерские, кадровые



Рис. 3. Структура многоуровневого информационного комплекса

и т.п.), и возникает проблема создания единого комплекса, объединяющего все виды информационного и программного обеспечения, необходимые для управления предприятием (организацией). На основе определения системы (1) предложены концепции многоуровневого информационно-управляющего комплекса, которую можно обосновать следующим образом (рис. 3).

Цели Z реализуются в форме функциональной страты (страта 2) назначение которой – обеспечить удобный доступ к информационным хранилищам – информационной страте (страта 3). Для этого нужно структурировать направления деятельности, цели Z организации, определить взаимосвязи между направлениями деятельности, целями (подцелями) и составляющими информационной страты. Одной из форм реализации доступа к информации является структура функциональной части АСУ, предназначенной для обеспечения информацией сферы организационного управления.

Информационная страта (страта 3) объединяет хранилища информации разного рода, создаваемые в организации в разных формах и на различных носителях, внешние базы данных. Структура информационного обеспечения и взаимосвязи информационных массивов с функциональной стратой реализует компоненту STR .

Коммуникационная страта (страта 4) реализует компоненту $TECH$, т. е. включает техническое, алгоритмическое, программное обеспечение информационной системы, в том числе взаимодействие в сети Интранет. С учетом того, что в информационной страте могут содержаться не только базы данных, но и массивы научно-технической информации и документальной информации другого вида, в страту можно включить технологии ин-

формационного поиска, т. е. $LS \equiv \langle RL, IND, KSS \rangle$ – логико-семантический аппарат, включающий информационно-поисковые языки RL , систему индексирования IND и критерии выдачи (или критерии смыслового соответствия KSS);

Компоненту N отражает пользовательская страта (страта 1). Эта страта должна обеспечить доступ к информации не только руководителям, но и всем сотрудникам организации. Для ее реализации необходимо определять информационных потребностей пользователей.

Между функциональной и информационной, а также между пользовательской и функциональной стратами возможно введение дополнительных страт, содержащих средства (алгоритмы, программные продукты) для обеспечения возможности более полного исследования взаимосвязей между компонентами этих страт.

В условиях развития новых информационных технологий (Data mining, Big data, Blockchain и др.), наряду с концепциями, способствующими реализации идеи создания многоуровневого информационно-управляющего комплекса, возникает еще одна концепция [26], в какой-то мере использующая идеи технологии блокчейн (в расширенном ее понимании), т.е. создания структур типа цепочек блоков, обеспечивающих сбор информации для принятия решений в условиях территориально распределенных баз данных и других источников информации. Такая информационная система формируется для принятия решения по конкретной проблеме и существует только в этот период, поэтому ее можно назвать временно-существующей или виртуальной информационной системой (ВИ-системой). Идея создания ВИ-системы экспериментально реализована при решении

задачи предоставления населению региона различных услуг: пособий, компенсаций, социальных выплат, и т.д. [36].

Работа по данному направлению позволила подготовить и издать следующие учебники.

Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: учебник и практикум для академического бакалавриата. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 502 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.

Информационные системы в экономике: учебник для академического бакалавриата / Под ред. **В.Н. Волковой** и **В.Н. Юрьева**. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 402 с.

Оба учебника рекомендованы Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям.

Заключение

Школа «Системный анализ в проектировании и управлении» сотрудничает с Центральным экономико-математическим институтом РАН, Институтом научной информации по общественным наукам РАН, с Международной академией наук высшей школы, Международной академией информатизации, с научными коллективами и школами Южного Федерального университета, Томского государственного университета, Финансового университета при Правительстве РФ, Санкт-Петербургского государственного университета, СПб электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова-Ленина, СПб экономического университета, Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), Кубанского государственного аграрного университета, Воронежского государственного архитектур-

но строительного университета и ряда других вузов и научных организаций страны, с учеными, принимающими участие в проведении ежегодных научно-практических конференций «Системный анализ в проектировании и управлении из Института прикладного системного анализа Украины (г. Киев), из Высшей морской школы Польши (Akademia Morska,

Szczecin, Poland), из Норвегии, США, Финляндии, Эстонии и других стран.

Научные коллективы и школы вузов и научных организаций, сотрудничающие с нашей школой приведены на сайте *saenco.neva.ru*.

По решению конференции «Системный анализ в проектировании и управлении» подготовлен и издано ряд кол-

лективных монографий, справочников и учебников, авторами которых являются ученые из разных вузов.

Основные результаты, получаемые учеными, сотрудничающими в рамках школы, используются в учебном процессе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и многих других вузов.

Литература

1. Арефьев И.Б. Логико-рефлексивное моделирование технологии изготовления промышленных деталей. Калининград: Из-во БФУ им. И. Канта, 2012.
2. Афанасьев В.Г. Проблема целостности в философии и биологии. М.: Мысль, 1964. 416 с.
3. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
4. Болотова Л.С. Системы поддержки принятия решений: учебник и практикум. Под ред. Э. С. Болотова и В. Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2017. Ч. 1. 257 с. Ч. 2. 260 с.
5. Боулдинг К. Общая теория систем скелет науки обзор. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
6. Волкова В.Н. К методике проектирования автоматизированных информационных систем. Автоматическое управление и вычислительная техника. Вып. 11. М.: Машиностроение, 1975. С. 289–300.
7. Волкова В.Н. Развитие определения системы // Матер. Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении»: сб. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2001. С. 12–14.
8. Волкова В.Н. Об аксиоматическом построении теории систем // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XVIII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 13–17.
9. Волкова В.Н. Классификация моделей систем // Системный анализ в экономике. Материалы научно-практич. конф. Пленарные доклады. М.: ЦЭМИ РАН, 2012. С. 83–89.
10. Волкова В.Н. Постепенная формализация моделей принятия решений. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2006. 120 с.
11. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавра. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 616 с. Серия: Бакалавр. Академический курс.
12. Волкова В.Н., Темников Ф.Е. Подход к выбору метода формализованного представ-

References

1. Aref'ev I.B. Logiko-refleksivnoe modelirovanie tekhnologii izgotovleniya promyshlennykh detaley. Kalinigrad: Iz-vo BFU im. I. Kanta, 2012. (In Russ.)
2. Afanas'ev V.G. Problema tselostnosti v filosofii i biologii. Moscow: Mysl', 1964. 416 P. (In Russ.)
3. Bertalanfi L. fon. Obshchaya teoriya sistem: kriticheskiy obzor. Issledovaniya po obshchey teorii sistem. Moscow: Progress, 1969. P. 23–82. (In Russ.)
4. Bolotova L.S. Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy: uchebnik i praktikum. Ed. E. P. Bolotov and V. N. Volkova. Moscow: Izd-vo Yurayt, 2017. Part 1. 257 P. Part 2. 260 P. (In Russ.)
5. Boulding K. Obshchaya teoriya sistem skelet nauki obzor. Issledovaniya po obshchey teorii sistem. Moscow: Progress, 1969. P. 23–82. (In Russ.)
6. Volkova V.N. K metodike proektirovaniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem. Avtomaticheskoe upravlenie i vychislitel'naya tekhnika. Iss. 11. Moscow: Mashinostroenie, 1975. P. 289–300. (In Russ.)
7. Volkova V.N. Razvitie opredeleniya sistemy. Mater. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii»: sb. Saint Petersburg: Izd-vo SPbGPU, 2001. P. 12–14. (In Russ.)
8. Volkova V.N. Ob aksiomaticheskom postroenii teorii system. Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnykh trudov XVIII Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. Part 1. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2014. P. 13–17. (In Russ.)
9. Volkova V.N. Klassifikatsiya modeley system. Sistemnyy analiz v ekonomike. Materialy nauchno-praktich. konf. Plenarnye doklady. Moscow: TsEMI RAN, 2012. P. 83–89. (In Russ.)
10. Volkova V.N. Postepennaya formalizatsiya modeley prinyatiya resheniy. Saint Petersburg: Izd-vo SPbGPU, 2006. 120 p. (In Russ.)
11. Volkova V.N., Denisov A.A. Teoriya sistem i sistemnyy analiz: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavra. Moscow: Izd-vo Yurayt, 2014. 616 P. Ser.: Bakalavr. Akademicheskii kurs. (In Russ.)
12. Volkova V.N., Temnikov F.E. Podkhod k vyboru metoda formalizovannogo predstavleniya

ления систем. В сб.: Моделирование сложных систем. М.: МДНТП, 1978. С. 38–40.

13. Волкова В.Н. Темников Ф.Е. Методы формализованного представления (отображения) систем: Лекции. М.: Ин-т повышения квалиф. информационных работников (ИПКИР) при ГКНТ СМ СССР, 1974. 114 с.

14. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.

15. Денисов А.А. Теоретические основы кибернетики: Информационное поле. Л.: ЛПИ, 1975. 40 с.

16. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.

17. Денисов А.А. Макроэкономическое управление и моделирование: Пособие для начинающих реформаторов. СПб.: НПО “Омега”, 1997. 40 с.

18. Денисов А.А. Универсальное моделирование деятельности (динамика массового обслуживания, экономики, управления). СПб.: ООО «Издательство Русь», 2003. 44 с.

19. Денисов А.А. Макроэкономическое управление и моделирование: Пособие для начинающих реформаторов. СПб.: Изд-во Политехн. университета, 2006. 72 с.

20. Игнатъев М.Б. Кибернетическая картина мира. Теория сложных систем. СПб., 2011. 468 с.

21. Информационные технологии в системах управления. Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Ефремова. СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2017. 408 с.

22. Информационные технологии для поддержки принятия решений в проектировании и управлении / В.Н. Волкова, А.Ю. Васильев, А.А. Ефремов, А.В. Логинова // В сб. трудов XX Международной конференция по мягким вычислениям и измерениям «International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM-2017), Saint-Petersburg, 24–26 мая. С. 356–359.

23. Классификация информационных технологий / В.Н. Волкова, А.Ю. Васильев, А.А. Ефремов, В.Н. Юрьев // Открытое образование 2015, №5. С. 16–24.

24. Козлов В.Н., Волкова В.Н. Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XIX Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 488 с. С. 5

25. Компьютерная имитация экономических процессов. Под ред. А.А. Емельянова. М.: Маркет ДС, 2010. 464 с.

26. Концепция информационной системы для поддержки принятия решений в условиях

sistem. In.: Modelirovanie slozhnykh sistem. Moscow: MDNTP, 1978. P. 38–40. (In Russ.)

13. Volkova V.N. Temnikov F.E. Metody formalizovannogo predstavleniya (otobrazheniya) sistem: Lektsii. Moscow: In-t povysheniya kvalif. informatsionnykh rabotnikov (IPKIR) pri GKNT SM SSSR, 1974. 114 P. (In Russ.)

14. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Radchenko S.A. Issledovanie slabostrukturirovannykh problem sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: kognitivnyy podkhod. Rostov on Don: Izd-vo RGU, 2006. 332 p. (In Russ.)

15. Denisov A.A. Teoreticheskie osnovy kibernetiki: Informatsionnoe pole. Leningrad: LPI, 1975. 40 P. (In Russ.)

16. Denisov A.A. Sovremennye problemy sistemnogo analiza: uchebnik. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2008. 3 ed. 304 P. (In Russ.)

17. Denisov A.A. Makroekonomicheskoe upravlenie i modelirovanie: Posobie dlya nachinayushchikh reformatorov. Saint Petersburg: NPO “Omega”, 1997. 40 p. (In Russ.)

18. Denisov A.A. Universal'noe modelirovanie deyatel'nosti (dinamika massovogo obsluzhivaniya, ekonomiki, upravleniya). Saint Petersburg: ООО «Izdatel'stvo Rus'», 2003. 44 P. (In Russ.)

19. Denisov A.A. Makroekonomicheskoe upravlenie i modelirovanie: Posobie dlya nachinayushchikh reformatorov. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. universiteta, 2006. 72 P. (In Russ.)

20. Ignat'ev M.B. Kiberneticheskaya kartina mira. Teoriya slozhnykh sistem. SPb., 2011. 468 p. (In Russ.)

21. Informatsionnye tekhnologii v sistemakh upravleniya. Ed. V.N. Volkova and A.A. Efremov. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Politekhn. un-ta, 2017. 408 p. (In Russ.)

22. Volkova V.N., Vasil'ev A.Yu., Efremov A.A., Loginova A.V. Informatsionnye tekhnologii dlya podderzhki prinyatiya resheniy v proektirovanii i upravlenii. In: XX Mezhdunarodnoy konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam «International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM-2017), Saint Petersburg, 24–26 May. P. 356–359. (In Russ.)

23. Volkova V.N., Vasil'ev A.Yu., Efremov A.A., Yur'ev V.N. Klassifikatsiya informatsionnykh tekhnologiy. Otkrytoe obrazovanie 2015. №5. P. 16–24. (In Russ.)

24. Kozlov V.N., Volkova V.N. Nauchno-pedagogicheskaya shkola «Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii». In: Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: sb. nauch. trudov XIX Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. Part 1. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2015. 488 P. P. 5. (In Russ.)

25. Komp'yuternaya imitatsiya ekonomicheskikh protsessov. Ed. A.A. Emel'yanova. Moscow: Market DS, 2010. 464 P. (In Russ.)

26. Volkova V.N., Efremov A.A., Loginova A.V., Leonova A.E. Kontseptsiya informatsion-

- территориально распределенных баз данных / Волкова В.Н., Ефремов А.А., Логинова А.В., Леонова А.Е. // Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2017. № 1. С. 82–85.
27. Б.Кузин, В.Юрьев, Г.Шахдинаров. Методы и модели управления фирмой. СПб.: Питер, 2001. 432 с. Серия «Учебники для вузов».
28. Кукор Б.Л. Семиотика системного анализа и семантическая система логиколлингвистической модели предметной области // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XIII Междунар. научно-практич. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. Ч. 1. С. 164–169.
29. Лыпарь Ю.И. Системно-структурный синтез аналоговых электронных систем высокого качества // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудов XVIII Международной научно-практической конференции. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 132–135.
30. Нечаев В.В. Введение в теорию метамоделирования систем. М.: Информациология, 1997. 64 с.
31. Никаноров С.П. Теоретико-системные конструкты для концептуального анализа и проектирования. Сер.: Концептуальный анализ и проектирование. История направления. М.: Концепт, 2006.
32. Ньюэлл А., Шоу Дж., Саймон Г. Разновидности интеллектуального обучения «вычислителя для решения задач общего типа» // В кн.: Самообучающиеся системы. М.: Мир, 1964.
33. Основы системного подхода и их приложение к разработке территориальных автоматизированных систем управления. Под ред. Ф.И. Перегудова. Томск: Издательство Томского университета. 244 с.
34. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знанию. СПб.: Питер, 2009. 624 с.
35. Пospelov Д.А. Ситуационное управление: Теория и практика. М.: Наука, 1986. 284 с.
36. Системное проектирование радиоэлектронных предприятий с гибкой автоматизированной технологией. Под ред. В.А. Мясникова и Ф.Е. Темникова. М.: Радио и связь, 1990. 296 с.
37. Системный анализ в экономике и организации производства: Учебник для студентов вузов. Под ред. С. А. Валуева, В. Н. Волковой. Л.: Политехника, 1991. 398 с.
38. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов и др. М.: Радио и связь, 1983. 248 с.
39. Тибилова Г.С. Модели и инструментальные средства при принятии решений в условиях распределенных массивов информации // «Научно-исследовательские работы по информатике» / noy sistemy dlya podderzhki prinyatiya resheniy v usloviyakh territorial'no raspredelennykh baz dannykh. In: Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya po problemam upravleniya v tekhnicheskikh sistemakh. 2017. № 1. P. 82–85. (In Russ.)
27. B.Kuzin, V.Yur'ev, G.Shakhdinarov. Metody i modeli upravleniya firmoy. Saint Petersburg: Piter, 2001. 432 P. (In Russ.)
28. Kukor B.L. Semiotika sistemnogo analiza i semanticheskaya sistema logikolingvisticheskoy modeli predmetnoy oblasti. Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: sb. nauch. trudov XIII Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2009. Part 1. P. 164 – 169. (In Russ.)
29. Lypar' Yu.I. Sistemno-strukturnyy sintez analogovykh elektronnykh sistem vysokogo kachestva. In: Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: sb. nauchnykh trudov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2014. P. 132–135. (In Russ.)
30. Nechaev V.V. Vvedenie v teoriyu metamodelirovaniya sistem. Moscow: Informatsiologiya, 1997. 64 P. (In Russ.)
31. Nikanorov S.P. Teoretiko-sistemnye konstruktory dlya kontseptual'nogo analiza i proektirovaniya. Ser.: Kontseptual'nyy analiz i proektirovanie. Istoriya napravleniya. Moscow: Kontsept, 2006. (In Russ.)
32. N'yuell A., Shou Dzh., Saymon G. Raznovidnosti intellektual'nogo obucheniya «vychislitel'ya dlya resheniya zadach obshchego tipa». In: Samoobuchayushchiesya sistemy. Moscow: Mir, 1964. (In Russ.)
33. Osnovy sistemnogo podkhoda i ikh prilozhenie k razrabotke territorial'nykh avtomatizirovannykh sistem upravleniya. Ed. F.I. Peregudov. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta. 244 P. (In Russ.)
34. Paklin N.B., Oreshkov V.I. Biznes-analitika: ot dannykh k znaniem. Saint Petersburg: Piter, 2009. 624 P. (In Russ.)
35. Pospelov D.A. Situatsionnoe upravlenie: Teoriya i praktika. Moscow: Nauka, 1986. 284 P. (In Russ.)
36. Sistemnoe proektirovanie radioelektronnykh predpriyatiy s gibkoy avtomatizirovannoy tekhnologiyey. Ed. V.A. Myasnikova and F.E. Temnikova. Moscow: Radio i svyaz', 1990. 296 P. (In Russ.)
37. Sistemnyy analiz v ekonomike i organizatsii proizvodstva: Uchebnik dlya studentov vuzov. Ed. P. A. Valueva, V. N. Volkovoy. Leningrad: Politekhnika, 1991. 398 P. (In Russ.)
38. Volkova V. H., Voronkov V. A., Denisov A. A. et. al. Teoriya sistem i metody sistemnogo analiza v upravlenii i svyazi. Moscow: Radio i svyaz', 1983. 248 P. (In Russ.)
39. Tibilova G.S. Modeli i instrumental'nye sredstva pri prinyatii resheniy v usloviyakh raspredelennykh massivov informatsii. In: «Nauchno-

учно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки». СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2010. С. 232–235.

40. Холл А. Опыт методологии для системотехники. М.: Сов. радио, 1975. 448 с.

41. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. М.: Экономика, 1975. 191 с.

42. Уёмов А.И. Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 272 с.

43. Форрестер Дж. Мировая динамика. М.: Наука, 1978. 167 с.

44. Шашихин В.Н. Интегральные динамические системы: Модели. Анализ. Синтез. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 214 с.

45. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит., 1959.

tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki». Saint Petersburg: Izd-vo SPbGPU, 2010. P. 232–235. (In Russ.)

40. Khol A. Opyt metodologii dlya sistemotekhniki. Moscow: Sov. radio, 1975. 448 P. (In Russ.)

41. Chernyak Yu.I. Sistemnyy analiz v upravlenii ekonomikoy. Moscow: Ekonomika, 1975. 191 P. (In Russ.)

42. Uemov A.I. Sistemnyy podkhod i obshchaya teoriya sistem. Moscow: Mysl', 1978. 272 P. (In Russ.)

43. Forrester Dzh. Mirovaya dinamika. Moscow: Nauka, 1978. 167 P. (In Russ.)

44. Shashikhin V.N. Integral'nye dinamicheskie sistemy: Modeli. Analiz. Sintez. Saint Petersburg: Izd-vo SPbGPU, 2003. 214 P. (In Russ.)

45. Eshbi U.R. Vvedenie v kibernetiku. Moscow: Izd-vo inostr. lit., 1959. (In Russ.)

Сведения об авторах

Юрий Сергеевич Васильев

Д.т.н., профессор, академик РАН
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

Виолетта Николаевна Волкова

Д.э.н., профессор
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: violetta_volkova@list.ru

Владимир Николаевич Козлов

Д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

Артем Александрович Ефремов

К.ф.-м.н., доцент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors

Yuriy S. Vasil'ev

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Academician of RAS,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia

Violetta N. Volkova

Dr. Sci. (Economics), Professor
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia
E-mail: violetta_volkova@list.ru

Vladimir N. Kozlov

Dr. Sci. (Engineering), Professor
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia

Artem A. Efremov

Cand. Sci. (Math.-Phys.), Associate Professor
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia