

## ГОСТЬ НОМЕРА

УДК 334.012.44

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-10>

### МОДЕЛИ И ФУНКЦИИ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В КОМПЛЕКСЕ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ



**А. А. Алабугин**

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия  
e-mail: [alabugin.aa@mail.ru](mailto:alabugin.aa@mail.ru)

**Аннотация.** Актуальность совершенствования теории управления по показателям экономичности инновационного развития предприятий обоснована потребностями высокотехнологичной промышленности. Необходимы механизмы регулирования дисбаланса их целей экономичности и инновационности с использованием ресурсов объектов образования и науки. Отсутствие мониторинга факторов экономики знаний, функционирование предприятий вне комплекса ее объектов обостряет проблемы дисбаланса целей. Недостаточное качество регулирования взаимодействия в комплексе определило **цель** разработки новых моделей теории и методологии формирования механизма с прогнозно-контролирующими свойствами оценки и регулирования целевых показателей качества функций управления экономичностью инновационного развития предприятий. **Модель теории** представлена системными элементами декомпозиции объекта исследования, анализа функций и структур механизма регулирования взаимосвязей предприятий в комплексе. Теория обосновывает процедуры методологии синтеза механизма форсайт-контроллинга прогнозируемых показателей экономичности и инновационности предприятий по результатам мониторинга факторов среды. Теоретико-методологические основы определяют многопараметрический подход к формированию механизма и организационному проектированию процессов его функционирования в методической части исследования. Подход реализован в **концепции** интеграции функционалов форсайт-менеджмента и контроллинга целей экономичности и инновационности развития предприятия в комплексе с использованием дополнительных функций управления. **Новизна** исследования представлена следующими результатами: предложены понятия теории, учитывающие особенности процессов регулирования экономичности инновационного развития предприятий в механизме; разработаны модели и функции управления интеграцией и комбинированием ресурсов комплекса в инновационных циклах предприятий; сформирована подсистема мониторинга внешней и внутренней среды; модернизированы критерии устойчивости, определяющие корректировку качества функций в цифровых симуляторах регуляторов скорости механизма согласования стандартных и дополнительных функций; обоснована расширенная система сбалансированных показателей, отличающаяся стабильностью результатов регулирования дисбаланса индивидуальных и групповых интересов в пределах отдельного предприятия и их совокупности в комплексе; адаптированы математические модели эволюционных и скачкообразных процессов формирования цифрового симулятора механизма. **Научные результаты** позволяют обосновать показатели качества регулирования экономичности инновационного развития и дополнить инструменты планирования в методической части исследования процессов функционирования механизма и алгоритмической схеме цифровой модели. Система сбалансированных показателей реализована в новой структуре Центра цифровой координации интересов объектов комплекса в системе постиндустриальной агломерации региона.

**Ключевые слова:** механизм форсайт-контроллинга, баланс экономичности и инновационности развития, функции интеграции и комбинирования ресурсов.

**Для цитирования:** Алабугин А. А. Модели и функции механизма регулирования экономичности инновационного развития предприятия в комплексе объектов экономики знаний: теоретико-методологические основы формирования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 2. – С. 10–23, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-10>.

---

---

## MODELS AND FUNCTIONS OF THE MECHANISM FOR REGULATING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF AN ENTERPRISE IN THE COMPLEX OF OBJECTS OF THE KNOWLEDGE ECONOMY: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE FORMATION

A. A. Alabugin

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

e-mail: alabugin.aa@mail.ru

**Abstract.** The relevance of improving the theory of management in terms of indicators of economic efficiency of innovative development of enterprises is justified by the needs of high-tech industry. Mechanisms are needed to regulate the imbalance of their goals of economy and innovation using the resources of educational and scientific objects. The lack of monitoring of factors of the knowledge economy, the functioning of enterprises outside the complex of its facilities exacerbates the problems of imbalance of goals. The insufficient quality of interaction regulation in the complex determined the **goal** of developing new models of the theory and methodology for the formation of a mechanism with predictive and controlling properties of assessing and regulating target quality indicators of the functions of managing the economy of innovative development of enterprises. **The theory model** is represented by the system elements of the decomposition of the object of study, analysis of functions and structures of the mechanism for regulating the relationships of enterprises in the complex. The theory justifies the procedures of the methodology for the synthesis of the foresite-controlling mechanism of predicted indicators of the economy and initialization of enterprises based on the results of monitoring environmental factors. Theoretical and methodological foundations define a multivariable approach to the formation of a mechanism and the organizational design of its functioning processes in methodical part of the study. The approach is implemented in the **concept** of integrating the functions of foresight management and controlling the goals of economy and innovation of enterprise development in a complex using additional management functions. **The novelty of the study** is presented by the following results: concepts of theory are proposed that take into account the peculiarities of the processes of regulating the cost-effectiveness of innovative development of enterprises in the mechanism; development of models and functions for management of integration and combination of complex resources in innovative cycles of enterprises; external and internal environment monitoring subsystem is formed; modernized stability criteria, which determine the adjustment of the quality of functions in digital simulators of speed controllers of the mechanism for matching standard and additional functions; An expanded system of balanced indicators is justified, characterized by the stability of the results of regulating the imbalance of individual and group interests within the individual enterprise and their combination; mathematical models of evolutionary and hopping processes for forming a digital mechanism simulator are adapted. **Scientific results** make it possible to substantiate indicators of quality of regulation of cost-effectiveness of innovative development and to supplement planning tools in the methodological part of the study of the mechanism functioning processes and the algorithmic scheme of the digital model. The system of balanced indicators is implemented in the new structure Center for digital coordination of interests of complex facilities of the and the system of post-industrial agglomeration of the region.

**Keywords:** foresite control **mechanism**; balance of economy and innovation of development; Integration and combining functions.

**Cite as:** Alabugin A. A. (2022) [Models and functions of the mechanism for regulating the efficiency of innovative development of an enterprise in the complex of objects of the knowledge economy: theoretical and methodological foundations for the formation] *Intellect. Innovation. Investments* [Intellect. Innovation. Investment]. Vol. 2, pp. 10–23, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-10>.

### Введение

Актуальность повышения экономичности процессов инновационного развития ряда предприятий отечественной промышленности следует из потребностей промышленности в применении ресурсов экономики знаний. Недостаточное использование наукоёмких ресурсов обуславливает неудовлетворительные результаты высокотехно-

логичного развития ряда отечественных предприятий (по факторам «high-tech»). Преимущественное использование технологий и методов управления эволюционными процессами модернизации предприятий не обеспечивает конкурентного уровня инновационности. Необходимо развитие теоретико-методологических основ управления интеграцией и комбинированием ресурсов пред-

приятый с высокотехнологичным потенциалом объектов образования и передовой науки. С целью стабилизации баланса показателей экономичности и инновационности предложена разработка модели и функций формирования механизма форсайт-контроллинга целей таких процессов и мониторинга факторов среды. Согласование интересов предприятий в комплексе объектов экономики знаний моделируется в цифровых симуляторах процессов регулирования их взаимодействия в системе региональной агломерации. Для повышения качества процессов разработаны дополнительные конкретные функции управления (КФУ). Совместно со стандартными функциями и параметрами качества они образуют систему сбалансированных показателей устойчивого развития предприятий в масштабах комплекса и региона. Они могут рекомендоваться вновь организуемым Центром цифровой координации интересов (далее – Центра) объектов комплекса для разработки плановых стратегий и инвестиционных проектов предприятий в составе региональной агломерации.

### Анализ генезиса методов теории и методологии развития предприятий по показателям экономичности и устойчивости

В период 1948–2021 годов в мире наблюдался рост количества публикаций по новым методам оценки устойчивости и эффективности инновационного развития сложных социально-экономических и технических систем (табл. 1). До 2013 года на стадиях генезиса 1 и 2 созданы теоретико-методологические основы математического моделирования процессов циклического развития сложных систем [30, 29, 26, 13, 27, 8, 9]. В период 1980–2005 годов на стадии генезиса 3 появились практические методы разработки экономико-математических моделей устойчивости и экономичности развития по условиям равновесия и баланса интересов отдельных объектов систем [15, 17, 12, 2–4, 10, 11, 16, 17, 22]. В последующий период времени анализа генезиса на стадиях 4 и 5 появились работы других ученых [5–7, 14, 18, 19, 23–25], повышающие циклические и стратегические возможности повышения качества управления. Более полный перечень источников полностью приводится в методической части исследования.

Таблица 1. Анализ генезиса теоретико-методологических основ исследования систем в условиях неопределенности среды

Стадии генезиса теорий, методологий и методов, авторы и годы издания публикаций	Содержание стадий и методов, недостатки и достоинства применения теорий	Результаты применения методов теории в практике
1. Математические методы моделирования процессов с учетом неопределенности среды: С. Е. Shannon, J. Paris, L. Harrington, G. Helmsberg, M. Bae: 1948–2013	Раздельный учет VUCA-факторов внешней и внутренней среды, простота учета, <b>но</b> не показано применение методов для контроллинга целей и форсайта показателей инновационности развития	Оценка эффективности краткосрочных проектов эволюционного развития предприятия вне комплексов и без согласования интересов с объектами экономики знаний
2. Математические методы моделирования статических и динамических процессов на основе обобщенных и ступенчатых функций и методов их аппроксимации, В. Владимиров, D. Meltzer, С. В. Алюков: 1979–2013	Отражение эволюционных и скачкообразных процессов, <b>возможности</b> моделирования радикально отличающихся по скорости физических и технических процессов, <b>но</b> отсутствие экономико-управленческих приложений методов	Моделирование процессов скачкообразного вида в циклах физической динамики явлений природы, работы технических устройств, представления процессов и технологий
3. Экономико-математическое моделирование развития в динамичной среде: Н. Гликман, Дж. Касти, Н. Винер, Р. Акофф, В. Д. Андерсен, И. Ансофф, Дж. Нэш, Р. Каплан, Д. Нортоп, Х. Рамперсад, Арнольд В. И., С. Ю. Глазьев, Ю. В. Яковец, А. И. Татаркин, Л. И. Абалкин, А. А. Алабугин: 1980–2005	Совместный учет внешних и внутренних факторов, <b>возможности</b> регулирования экономичности по критериям баланса интересов и устойчивости циклического развития предприятия, <b>но</b> не моделируется согласование его взаимосвязей с объектами экономики знаний по факторам экономичности инновационного развития	Разработаны модели определения стратегических планов долгосрочного развития сложных социально-экономических и технических систем по факторам инновационности и критериям устойчивости в пределах отдельного предприятия либо региона и страны
4. Регулирование инновационного развития в подсистемах форсайта трендов и контроллинга целей: В. Бруммер, Д. Майсснер, Р. Джонстон, Д. Р. Белоусов, Е. А. Макарова, Д. Л. Кэлоф, С. Макаров, Э. Караянис, Е. Перез-Вико, М. Сервантес, М. Унгер, А. В. Березной, М. Гётц, А. Магрук, К. Майнцер, Т. А. Худякова, А. А. Алабугин: 2010–2020	Раздельное использование подсистем форсайта и контроллинга трендов развития предприятия, <b>возможности</b> использования критерия устойчивости высокотехнологичного развития в системах экономики знаний, <b>но</b> отсутствуют конкретные функции интеграции и комбинирования ресурсов объектов экономики знаний, согласуемые со стандартными функциями управления предприятия	Разработаны преимущественно финансовые модели эволюционного повышения инновационности развития на основе форсайт-менеджмента в «треугольнике знаний» либо контроллинга стратегических целей, предложены принципы построения системы контроллинга и оценки ее эффективности

Продолжение таблицы 1.

Стадии генезиса теорий, методологий и методов, авторы и годы издания публикаций	Содержание стадий и методов, недостатки и достоинства применения теорий	Результаты применения методов теории в практике
5. Модели и механизмы интеграционно-балансирующего управления экономичностью инновационного развития предприятий в комплексе объектов экономики знаний: П. Ф. Дракер, W. Stubbs, И. К. Адизес, Б. Йохансен, Н. Reefke, S. Seelos, Ф. Лалу, J. A. Velez-Perez, J. H. Li, Н. С. Орешкина, А. А. Алабугин: 2008–2021	Использование конвергентных моделей межфункциональной интеграции предприятий с объектами экономики знаний, <b>возможности</b> достижения стабильности в бифуркационных процессах повышения экономичности инновационного развития, <b>но</b> усложняется управляющая подсистема предприятия и комплекса	Предложен метод совместного учета факторов внешней и внутренней среды, повышающий креативность процессов инновационного развития. Новые конкретные функции интеграции и комбинирования ресурсов экономики знаний реализованы в едином механизме форсайт-контроллинга

Источник: разработано автором

Анализ генезиса методов позволяет сделать выводы о необходимости комбинирования существующих и новых подходов к мониторингу факторов среды. Требуется совершенствование теоретико-методологических основ регулирования взаимосвязей предприятий методами интеграции и комбинирования ресурсов в комплексе объектов экономики знаний с формированием специальных механизмов управления.

**Теоретические и методологические модели**

Таблица 2. Теоретическая модель методологии формирования механизма форсайт-контроллинга целей и факторов развития предприятия

Элемент 1.	Элемент 2.	Элемент 3.
Декомпозиция целей функционирования механизма в процедурах диагностики факторов и возможностей интеграции и комбинирования ресурсов предприятия и комплекса	Анализ качества функций, структур и взаимосвязей предприятий с объектами комплекса для процедур разработки дополнительных функций и математических моделей	Синтез моделей, структур и параметров качества функционирования механизма в процедурах моделирования экономичности процессов развития предприятия
1.1. Расширение состава факторов внутренней и внешней среды: IVUCA+ EVUCA предприятия, влияющих на экономичность инновационного его развития в комплексе объектов экономики знаний	2.1. Разработка дополнительной функции интеграции ресурсов и параметров качества ее согласования в комплексе со стандартными функциями управления предприятия	3.1. Моделирование процессов интеграции ресурсов воздействиями функций и параметров качества на повышение экономичности развития предприятия
1.2. Оценка возможностей интеграции функций и комбинирования предприятий с объектами экономики знаний. Распределение предприятий по этапам инновационного цикла и степени включенности в комплекс	2.2. Разработка дополнительной функции комбинирования ресурсов и параметров качества ее согласования в комплексе со стандартными функциями управления предприятия по этапам цикла	3.2. Моделирование процессов комбинирования ресурсов воздействиями функций и параметров на повышение экономичности инновационного развития предприятия в циклах
1.3. Оценка результативности раздельного применения подсистем контроллинга и форсайта скорости и экономичности инновационного развития предприятия вне комплекса	2.3. Разработка дополнительной функции управления скоростью воздействий на параметры качества функций интеграции и комбинирования в комплексе и предприятии	3.3. Разработка структур механизма форсайт-контроллинга целей экономичности развития предприятия и Центра цифровой координации на основе инструментов Big Data и Data Science
1.4. Создание аналого-цифровой платформы регулирования экономичности инновационного развития предприятий в структуре Центра комплекса и применении единого механизма форсайт-контроллинга	2.4. Применение и интерпретация математических моделей обобщенных и ступенчатых функций для оценки экономичности эволюционных и скачкообразных процессов развития предприятия в инновационном цикле	3.4. Оценка и планирование параметров превентивных воздействий целевых и факторных показателей функций на экономичность развития предприятия по этапам инновационного цикла

Источник: разработано автором

**формирования механизма форсайт-контроллинга**

Сложный состав исследуемой системы и необходимость согласования устойчивого взаимодействия ее объектов определяет развитие теоретической модели и разработку методологии управления процессами интеграции и комбинирования ресурсов экономики знаний региональной агломерации в авторской теоретической модели исследования. Она представлена тремя элементами методологии системного анализа (табл. 2).

Начальные процедуры исследования представлены элементом 1 декомпозиции цели на подцели, функции деятельности для выделения объекта исследования из среды и диагностики их раздельного функционирования вне комплекса. Элемент 2 раскрыт процедурами анализа стандартных и дополнительных функций управления взаимодействием предприятий в составе формируемого комплекса. Содержание элемента 3 теории показано методами синтеза единого механизма и процедур функционирования его цифрового симулятора, излагаемыми в методической части исследования.

Элемент декомпозиции целей функционирования механизма повышения качества регулирования экономичности и устойчивости развития предприятия в комплексе объектов экономики знаний позволяет определить входные факторы и конкретизировать направления анализа структур предприятия [3, 4]. Обоснована интеграция факторов внешней и внутренней среды для их мониторинга и регулирования [5, 6]. Предложены процедуры 1.–1.4 диагностики проблем предприятия в инновационном цикле. Цикл представлен в авторской конвергентной модели методологии интеграционно-балансирующего управления по этапам 1–4 инновационного цикла [5, 6]. Учтены факторы внешней среды, влияющие на скорость и время изменений укладов ( $V_y, t$ ). Это определяет управленческие решения по регулированию скорости повышения экономичности инновационного развития предприятий  $V_p$  (рис. 1). Новый механизм должен содействовать минимизации дисбалансов целей экономичности и инновационности, возникающих в критических зонах А, В, С цикла.

В исследовании предлагается дополнение стандартной формы учета VUCA – факторов при интеграции двух видов характеристик среды по формуле «IVUCA+ EVUCA». Такое объединение функционалов учета внутренних и внешних факторов образует подсистему мониторинга предприятий. Влияние внешней макро-и микросреды экономики на комплекс показано стрелками 4-х видов (External). При этом учитываются следующие характеристики: изменчивость (volatility), неопределенность (uncertainty), сложность (complexity) и неоднозначность (ambiguity). Внутренний (Internal) вид факторов (IVUCA) учитывает согласованность взаимодействия подсистем каждого предприятия под влиянием среды «tech-hume» комплекса: оценка персоналом целей стратегического развития в составе комплекса; восприятие персоналом видения совместного развития в комплексе (vision); понимание целей инновационного развития (understanding); ясность представления ситуации конфликта интересов (clarity); гибкость решений на основе непрерывного изучения возможностей инновационного развития (agility).

Процедура элемента 1.2 декомпозиции необходима для оценки потенциалов интеграции функций и комбинирования ресурсов при взаимодействии предприятий с объектами комплекса. При переходе к этапам 2–4 инновационного цикла осуществляется процедура 1.3, обосновывающая потенциал интеграции функционалов и комбинирования подсистем контроллинга и форсайта на этапах 1 и 2 аналоговой модели методологии интеграционно-балансирующего регулирования [5]. В процедуре 1.4 выявлено, что даже высокая интенсивность применения стандартных функций управления раздельно функционирующих предприятий на этапах 1 и 2 обеспечивает экономичность лишь процессов модернизации технологий и методов управления. В новой структуре Центра комплекса в этот период необходимо сформировать проектно-исследовательские группы экспертов и консультантов для разработки подсистем и функционалов механизма форсайт-контроллинга. Для повышения качества регулирования высокотехнологичного инновационного развития предприятий (этап 3) и его стабилизации на этапе 4 разработан и применен цифровой инструментарий Big Data и Data Science, включенный в структуру Центра энерготехнологического комплекса промышленно-городской агломерации [6, 7, 23, 24].

Содержание элемента 2 представляет анализ возможностей в процедурах определения необходимых функций, методов, показателей, прямых и обратных связей нового механизма. Связи обеспечиваются применением стандартных функций управления предприятием совместно с дополнительными КФУ на основе алгоритмической схемы механизма форсайт-контроллинга, разрабатываемой в методической части исследования. Это обусловило модернизацию понятий экономической устойчивости инновационного развития предприятия в условиях конвергенции целей интеграции ресурсов. Поэтому предложены новые виды устойчивости, специализированные для отдельных этапов инновационного цикла: функциональный вид  $УУ_f$  – для модернизации стандартных функций управления и технологий отдельно функционирующих предприятий по факторам внутренней среды (этап 1); структурный  $УУ_c$  – для учета расширенного состава факторов среды и разработки параметров качества регулирования функций интеграции, комбинирования ресурсов и скорости их воздействий (этап 2); бифуркационный  $УУ_b$  – для обеспечения неравновесного состояния в зонах А, В, С и вариативности трендов развития (квадрант 3); экономико-организационный  $УУ_o$  – обеспечивающий стабилизацию компромисса экономичности инновационного развития предприятия в кратко- и долгосрочном периодах (этап 4).

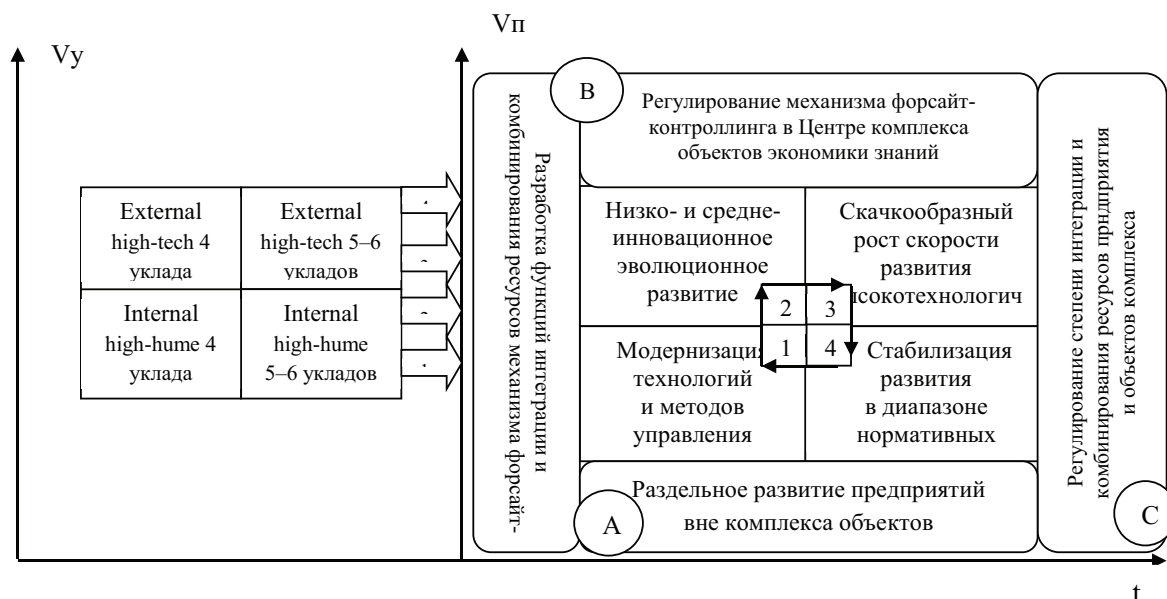


Рисунок 1. Модель конвергентного представления методологии интеграционно-балансирующего регулирования циклического развития предприятия в комплексе объектов экономики знаний

Источник: разработано автором

### Результаты теоретико-методологического исследования процессов формирования механизма форсайт-контроллинга

Модели теории и методологии интеграционно-балансирующего типа и отличия уровней иннова-

ционности предприятий обосновали целевое распределение стандартных и дополнительных КФУ с учетом факторов внешней среды и этапов их инновационного цикла (табл. 3).

Таблица 3. Распределение стандартных и дополнительных функций управления по этапам инновационного цикла предприятия и факторам среды

Скорости изменений факторов среды и перехода по этапам инновационного цикла		
Низкая, этап 1	Средняя, этап 2	Высокая, этапы 3 и 4
Стандартные конкретные функции управления предприятия	Стандартные и дополнительные функции управления	Согласованное и интенсивное применение стандартных и новых функций управления
Модернизация технологий и методов управления отдельного предприятия вне комплекса	Средне-технологичное развитие и формирование механизма форсайт-контроллинга	Переход к высокотехнологичному уровню предприятия и стабилизация его уровня в комплексе объектов
Учет влияния факторов модернизации методов	Учет влияния инновационных факторов среды	Мониторинг IVUCA+EVUCA факторов высокотехнологичного развития в системе Big Data
Использование собственных ресурсов предприятия	Использование ресурсов и опыта развития предприятий в комплексе	Применение принципов high-hume и high-tech на основе цифровых технологий Data Science
Низкая инновационность при краткосрочной их экономичности	Компромисс целей инновационности и экономичности технологий	Стабильность компромисса целей цифровых технологий «high-tech» и методов «tech-hume»

Источник: разработано автором

Научным вкладом в развитие теории управления агломерациями предложено считать авторские модели теории и методологию формирования и функционирования единого механизма форсайт-контроллинга. Сложность взаимосвязей формируе-

мой социально-экономической системы комплекса в агломерации определила многопараметрический подход к обоснованию целевых параметров качества регулирования по результатам мониторинга факторов внешней и внутренней среды. Повыше-

ние согласованности целей предприятий в системе достигнуто методами разработки и принятия решений в системе организационного проектирования КФУ [4]. Для уменьшения запаздывания реакции на изменения среды предложено использовать три дополнительные КФУ: скорости воздействий функций управления интеграцией и комбинированием ресурсов; интеграции ресурсов для высокотехнологичного инновационного развития предприятий в комплексе; комбинирования инновационных ресурсов комплекса для высокотехнологичного развития предприятий.

Планирование и реализации дополнительных КФУ механизма осуществляется специальными параметрами показателей качества регулирования. Экономичность использования ресурсов инновационного развития предприятия является выходной (результатирующей) переменной  $H_n(x)$ . Аргументами трех указанных функций приняты коэффициенты оценки параметров качества регулирования воздействий входных переменных, обозначаемых  $x_i$  (где  $i = 1, \dots, n = 15$  – число параметров регулирования). Показатели качества применения функций распределены по диапазонам функции Л. Харрингтона (очень низкие, низкие и т.д.) [29]. Их назначение определяется диапазонами соответствия степеней нацеленности персонала раскрываемым далее характеристикам этапа инновационного цикла предприятия. Структура предлагаемого вектора экономичности инновационного развития предприятия  $H_n(x)$  соответствует многопараметрическому подходу к организации воздействий регуляторов механизма на уровень УУ.

Параметры, необходимые для оценки фактических и плановых воздействий показателей каждой

функции предложено устанавливать на основе средних арифметических оценок  $x_{icp}$ , представленных 15-ю экспертами из числа специалистов в новой структуре Центра комплекса. Использовано пять диапазонов в оценках интервалов долей единичного (де) отрезка, характеризующих очень высокую (1–0,8), высокую (0,8–0,63), среднюю (0,63–0,37), низкую (0,37–0,2) и очень низкую (0,2–0) степени воздействий параметров на приближение к некоторому идеалу качества в указанной вербально-числовой шкале. Объективность оценок была проверена при наличии начальных обучающих рекомендаций экспертов с использованием методов распознавания образов в нечетких множествах [23, 24].

В управляющей подсистеме регулирования параметров качества развития предприятия формируются три группы ниже приводимых функциональных зависимостей (табл. 4) этого результата от коэффициентов качества управления интеграцией ресурсов –  $KY_n(x_{icp})$ , их комбинирования –  $KY_k(x_{icp})$  и скорости воздействий двух первых функций –  $KY_c(x_{icp}) = \frac{dH_i(x_i)}{dx_i}$ . Компоненты вектора экономичности имеют вид

$$\bar{H} = KY_n(x_{icp}), KY_k(x_{icp}), KY_c(x_{icp}) \quad (1)$$

Процедура 2.1 элемента анализа (см. табл. 2) применена для разработки дополнительной КФУ-1 интеграции ресурсов и параметров качества. Количественные воздействия параметров Центр рекомендует реализовывать применением коэффициента  $KY_n(x_{icp})$ , определяемого усредненной суммой параметров качества регулирования в диапазоне  $(x_1-x_5)$ .

Таблица 4. Дополнительные функции управления и параметры качества многопараметрического регулирования процессов интеграции и комбинирования ресурсов экономики знаний конвергентного вида

Параметры	Наименования функций управления и коэффициентов оценки параметров качества регулирования скорости и экономичности инновационного развития предприятия в комплексе объектов экономики знаний
Оценки интеграции	1. Управление интеграцией ресурсов высокотехнологичного инновационного развития предприятия в комплексе регулированием коэффициента усредненной оценки суммарных воздействий параметров качества регулирования процессов интеграции инновационных ресурсов: $KY_n(x_{icp}) = x_{1cp} + x_{2cp} + x_{3cp} + x_{4cp} + x_{5cp} / 5$
$x_1$	Степень проявления инновационных компетенций исследователей и разработчиков предприятий и объектов комплекса к генерированию креативных идей, готовности к разрешению конфликтов в команде
$x_2$	Степень гибкости структур объектов комплекса по результатам оценок количества проектно-исследовательских групп, возможностей делегирования полномочий и отсутствия отрицательных фактов «группового мышления»
$x_3$	Степень применения информационных технологий на основе инструментов Big Data и Data Science при мониторинге IVUCA+EVUCA-факторов внутренней и внешней среды типа «tech-hume» и «high-tech» в масштабах комплекса, страны и мира
$x_4$	Степень использования методов и регулярных процедур оценки рисков при принятии решений по вариантам высокотехнологичного развития предприятий в комплексе

Продолжение таблицы 4.

Параметры	Наименования функций управления и коэффициентов оценки параметров качества регулирования скорости и экономичности инновационного развития предприятия в комплексе объектов экономики знаний
$x_5$	Степень использования инновационных методов для реализации креативных идей в команде, сформированной с учетом различий компетенций исследователей и разработчиков проектов высокотехнологичного развития предприятий в комплексе
Оценки комбинирования	2. Управление комбинированием инновационных ресурсов комплекса для высокотехнологичного развития предприятия регулированием коэффициента усредненной оценки суммарных воздействий параметров качества регулирования процессов комбинирования инновационных ресурсов: $KY_k(x_{icp}) = x_{6cp} + x_{7cp} + x_{8cp} + x_{9cp} + x_{10cp} / 5$
$x_6$	Степень информированности исследователей и разработчиков о возможностях и результатах высокотехнологичного развития предприятий в комплексе объектов экономики знаний
$x_7$	Степень взаимосвязанности предприятий и объектов комплекса с учетом EVUCA-факторов внешней среды типа «high-tech»
$x_8$	Степени готовности и способностей исследователей и разработчиков к самообучаемости, обмену опытом между предприятиями и объектами комплекса на основе тренингов в командах совместных проектов инновационного развития
$x_9$	Степень информированности руководителей и специалистов о целях и стратегиях развития при мониторинге IVUCA+EVUCA-факторов среды в масштабах комплекса, страны и мира
$x_{10}$	Наличие и результативность постоянных процедур отбора кандидатов на занятие вакансий из числа исследователей и разработчиков проектов развития предприятий в комплексе
Оценки скорости	3. Управление скоростью воздействий функций управления интеграцией и комбинированием ресурсов инновационного развития предприятия регулированием коэффициента усредненной оценки воздействий параметров качества регулирования процессов по скорости воздействий функций интеграции и комбинирования инновационных ресурсов: $KY_c(x_{icp}) = x_{11cp} + x_{12cp} + x_{13cp} + x_{14cp} + x_{15cp} / 5$
$x_{11}$	Степень заинтересованности руководителей предприятий в ускорении продвижения инновационных идей исследователей на основе оперативности корректировки целей при мониторинге возможностей и угроз в среде окружения
$x_{12}$	Степень оперативности руководителей в оперативной оценке ситуации развития предприятий при мониторинге факторов среды для продвижения инновационных идей и формировании, развитии команд в проектах инновационного развития
$x_{13}$	Скорость восприятия персоналом предприятий видения, миссии, целей и новых норм и ценностей организационной культуры высокотехнологичного развития при мониторинге IVUCA+EVUCA-факторов внутренней и внешней среды комплекса типа «tech-hume» и «tech-hume»
$x_{14}$	Скорость предоставления обратной связи по результатам инновационного развития предприятий и работы их межфункциональных и междисциплинарных команд в разработке стратегии развития с участием менеджеров высшего уровня и рекомендаций Центра комплекса
$x_{15}$	Степень нацеленности и оперативности руководства в обеспечении опережающего развития компетенций инновационной восприимчивости персонала предприятий на основе его обучения навыкам работы агентами изменений (без привлечения внешних консультантов)

Источник: разработано автором

Процедура 2.2 разработки дополнительной КФУ-2 комбинирования ресурсов, структур объектов и параметров качества ее согласования со стандартными функциями управления предприятия предназначена для формирования либо модернизации структур предприятий. Такие структуры должны обеспечить взаимодействие с объектами образования, науки. Применение функции регулируется коэффициентами  $KY_k(x_{icp})$ . Они определяются усредненной суммой параметров качества регулирования в диапазоне  $(x_6 - x_{10})$  экономичности инновационного развития предприятия в комплексе.

Выявлено, что результирующее свойство экономичности зависит от степени формализации организационного поведения элементов системы [4, 23, 24]. В краткосрочном периоде времени развития на

этапах 1 и 2 инновационного цикла это обеспечивается директивным управлением при сильной формализации структур. Однако при этом низки инновационная активность персонала и его восприимчивость к высокотехнологичным факторам среды. Это определило разработку факторных параметров качества дополнительных КФУ и расширение ролей персонала с возможностями самоорганизации (см. табл. 4).

Процедура 2.3 разработки дополнительной КФУ-3 для акселерации воздействий на параметры качества функций интеграции и комбинирования в комплексе и предприятию должна быть направлена на создание регуляторов скорости применения КФУ-1, 2. Для оценки предложен коэффициент повышения качества регулирования скорости, опреде-



ляемый воздействиями усредненной суммы параметров в диапазоне  $(x_{11} - x_{15})$  оценки коэффициента  $KU_c(x_{icp.})$ .

Стадия 3 анализа генезиса теоретико-методологических основ аналогичных исследований (см. табл. 1) обосновала выбор принципа равновесия, определяющего компромисс целей долгосрочной инновационности развития комплекса и отдельных его предприятий по факторам среды и видам устойчивости. Теория организаций позволила детализировать соответствующие процессы в цепи устойчивых состояний системы (через нарушения равновесия), которые рассматриваются как зоны кризисных изменений [10–12]. Это определило развитие понимания цепи сбалансированных показателей для конвергенции ресурсов в системе процессов «концепция совершенствования – форсайт-менеджмент и обучение – высокотехнологичное развитие». Такая система отличается решением проблем дисбаланса целей на двух уровнях. Во-первых, повышено качество управления согласованием индивидуальных и групповых интересов экономичности и инновационности в пределах отдельного предприятия. Во-вторых, аналогичный результат достигается в совокупности предприятий и объектов экономики знаний по рекомендациям Центра комплекса.

Свойства прогнозирования и мониторинга факторов среды механизма форсайт-контроллинга целей развития предприятий в инновационных циклах обеспечивают устойчивость компромисса целей экономичности и инновационности в составе комплекса [5–7]. Минимальные резервы повышения качества управления определяет теория случайных трансформаций [11, 17]. Рядом исследований резервы предложено выявлять неинституциональными методами [18, 19]. Поэтому разработка показателей качества функций формирования и регулирования адаптационных механизмов [3] основана на теориях микроэкономики [20–22]. В частности, развита теория экологии популяций организаций примени-

тельно к повышению качества регулирования взаимодействия предприятий в комплексе в процедуре 1.2 теоретической модели. Анализ динамики рыночной ситуации в региональной агломерации формируемого комплекса выявил, что при эволюционном увеличении числа видов предприятий в условиях неизменной инновационности, их плотность в агломерации растет. Поэтому продолжительность жизненного цикла таких предприятий имеет тенденцию к убыванию. Это обосновывает гипотезу целесообразности включения предприятия в комплекс по критериям сопоставления повышательной (вследствие роста устойчивости развития) и понижательной (из-за сужения экономичности развития) тенденций. Оценки числа создаваемых  $Nc(x_i)$  и распадающихся  $Np(x_i)$  предприятий в конкурентных отраслях комплекса позволяют определить четыре границы зоны устойчивости за периоды циклов 1 и 2 (рис. 3). Действительно, повышение показателя  $UY_j > 1$  определяет рост числа предприятий, а снижение в длительном периоде ведёт к увеличению числа их распадов по критерию

$$UY_j = Nc(x_i) / Np(x_i) > 1 \quad (2)$$

Критерий обеспечивает сохранение показателя свойства  $\bar{H}$  (по формуле (1) в расширенной зоне стабильности высокотехнологичного развития ( $t_{min2} > t_{min1}$ ) на этапе 4 цикла. В зоне ABCD обеспечены условия нормируемого компромисса целей экономичности и инновационности предприятий в отраслевой нише. Скорость их высокотехнологичных преобразований в зоне СВ'С'D' стабильна в оценке критерия показателя УУ в цикле 2 по величине и указанному времени (кривая СС'). Для подтверждения тренда выбраны математические модели анализа обобщенных и ступенчатых функций. Обосновано их применение для оценки эволюционных и ступенчатых (скачкообразных) процессов развития не только технологий, но и методов управления [5–9].

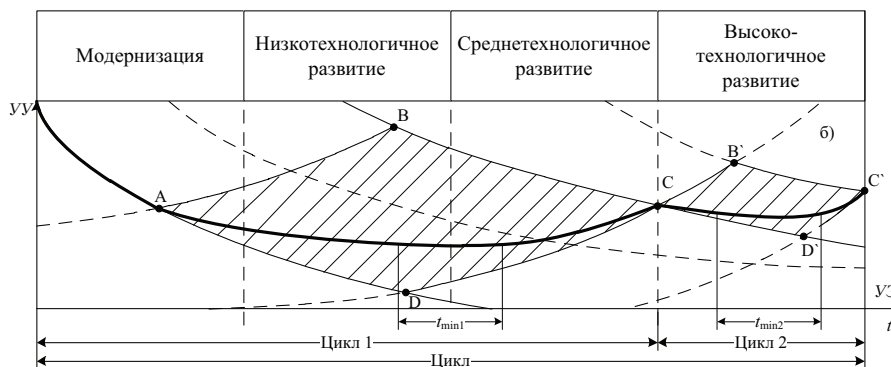


Рисунок 3. Гипотетическое представление динамики устойчивости развития предприятия в инновационных циклах

Источник: разработано автором в [3]

Процедура 2.4 теоретической модели адаптирует математические основы моделирования процессов в инновационном цикле их представлением определенным числом вложенных функций [8, 9]. В статье моделируются воздействия факторных показателей дополнительных КФУ и параметров качества их регулирования, обозначенных как  $x$  в формулах (1 и 2). Они показывают величину факторных воздействий параметров качества регулирования

$$H_9(x) = 0,5(1 + \sin(A(A(A(A(A(A(A(A(x))))))))))$$

$$H_{10}(x) = 0,5(1 + \sin(A(A(A(A(A(A(A(A(x)))))))))) \quad (3),$$

$$H_{11}(x) = 0,5(1 + \sin(A(A(A(A(A(A(A(A(x))))))))))$$

где

$$A(x) = \frac{\pi}{2} \sin x$$

Цель повышения результирующего показателя  $H_i(x_i)$  в скалярных оценках обосновала использование пяти дополнительных и шести стандартных параметров качества применения трех дополнительных КФУ:

1. Результаты интеграции ресурсов комплекса моделируются функцией экономичности инновационного развития предприятия  $H_9(x_i)$  в зависимости от регулирующих воздействий дополнительной КФУ-1 с использованием пяти параметров качества (см. табл. 4) функций механизма форсайт-контроллинга в Центре комплекса ( $i = 5$ ). Они согласуются по интенсивности с четырьмя аналогичными показателями качества стандартных функций предприятия.

2. Результаты комбинирования инновационных возможностей объектов комплекса моделируются функцией экономичности инновационного развития предприятия  $H_{10}(x_i)$  по регулирующим воздействиям параметров качества дополнительной КФУ-2 с учетом согласования указанных параметров качества.

3. Результаты регулирования скорости моделируются функцией  $H_{11}(x_i)$  в зависимости от воздействий дополнительной КФУ-3. Оцениваются ее воздействия на КФУ-1,2 на темпы инновационного развития предприятия. При этом предусмотрено согласование и использование указанных параметров качества. Моделирование скоростей применения функций осуществляется оценкой первых производных приближений функций по уравнениям (3), дает последовательные приближения  $\frac{dH_9(x)}{dx}$ ,  $\frac{dH_{10}(x)}{dx}$  и  $\frac{dH_{11}(x)}{dx}$ .

Функциональные взаимосвязи показателя свойства  $H_9(x_i)$  или  $H_{10}(x_i)$  в оценке функции  $f(x)$

процессов, изменяющихся во времени  $t$ . Рядом исследований доказана применимость функции (1) при ее аппроксимации числом вложенных функций в диапазоне  $A = (9, 10, 11)$  [9]. Поэтому процесс и результаты регулирования экономичности инновационного развития предприятий в циклах 1 и 2 моделируются цифровым симулятором, представленным системой уравнений вида

экономических потерь УП (обратной величины экономичности) от уровней инновационности (УИ) показаны в циклах развития предприятия (рисунок 4). В цикле 1 инвестирование в формирование подсистем единого механизма и модернизацию технологий обеспечивает незначительный рост показателя  $\Delta УИ_{ц1}$  (квадрант 2). При этом величина УП снижается (отрезок АВ линейного представления функции потерь). Зона 3 процесса развития показана затратами на повышение компетенций персонала и научные исследования в отрицательной зоне  $(-1...0)$ , по тренду ВС. Увеличение показателя УП при этом объясняется в микроэкономике динамикой признания потребителями полезности продуктов. Низкие оценки эффективности в цикле 1 объясняются непризнанием уникальности, например, высокотехнологичного инновационного продукта с новыми потребительскими свойствами в период  $t_{ц1}$ .

Выявлено, что в цикле 2 при скачкообразном приросте уровней инновационности технологий и продуктов (квадрант 3 теоретической модели), проявляются аналогичные факторы потерь. Зона компромисса рассматриваемых целей должна определяться балансирующими изменениями экономических потерь и затрат в указанном интервале оценок  $(-1...1)$ .

Следовательно, математическое представление воздействий дополнительных функций управления в цифровом симуляторе механизма форсайт-контроллинга показывает стабильность прогнозируемых процессов. Такие результаты содействуют реализации стратегических планов по критериям модернизированных видов устойчивости, специализированных по этапам инновационного цикла предприятий.

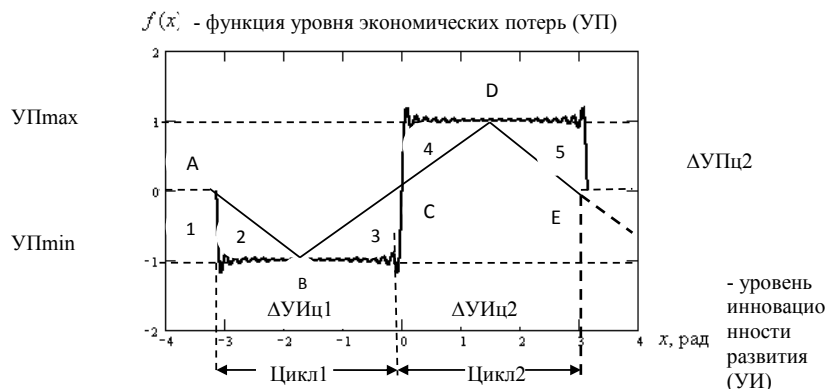


Рисунок 4. Модель представления процессов регулирования уровней потерь и инновационности в циклах развития предприятия

Источник: разработано автором

### Заключение

Результаты исследования раскрывают теоретико-методологические основы повышения качества управления взаимодействием предприятий в комплексе объектов экономики знаний. Предложенные методы управления интеграцией функционалов и комбинированием подсистем контроллинга и форсайт-менеджмента содействуют ускорению принятия решений о согласовании интересов в системе региональной агломерации. Разработка дополнительных функций управления и параметров качества регулирования экономичности дополняет инструменты повышения экономичности сбалансированного инновационного развития предприятий

в комплексе. Введение в научную практику обоснованных оценок параметров качества, мониторинга интегрированных факторов внешней и внутренней среды и единого механизма содействуют повышению достоверности прогнозов нормативных и целевых показателей в зоне компромисса экономичности и инновационности развития предприятий. Процессы функционирования механизмов предприятий корректируются в цифровой платформе Центра согласования целей предприятий и комплекса в системе сбалансированных показателей качества регулирования. Экономичная организация взаимодействия разработана и апробирована в методической части исследования.

### Литература

1. Абалкин Л. И. Эволюционная экономика в системе переосмысления базовых основ обществоведения // Эволюционная экономика и «мэйнстрим». – М.: Наука, 2000. – С. 7–14.
2. Акофф Р. Планирование будущего корпорации. – М.: Прогресс, 1985. – 326 с.
3. Алабугин А. А. Управление сбалансированным развитием предприятия в динамичной среде: монография. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – Кн. 1. Методология и теория формирования адаптационного механизма управления развитием предприятия. – 362 с.
4. Алабугин А. А. Управление сбалансированным развитием предприятия в динамичной среде: монография. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – Кн. 2. Модели и методы эффективного управления развитием предприятия. – 345 с.
5. Алабугин А. А. Модели теории и методологии интеграционно-балансирующего управления ресурсами интеллектуального труда и капитала в условиях сингулярности технологий: концептуальные основы исследования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 4. – С. 10–20.
6. Алабугин А. А. [и др.] Высокотехнологичное развитие предприятия: формирование интеграционно-балансирующего механизма управления / Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – Том 14, № 3, С. 149–162.
7. Алабугин А. А., Орешкина Н. С. Управление инновационными преобразованиями предприятий региона на основе интеграции аналоговых и цифровых моделей / Экономика региона. – 2021. Т. 17, выпуск 2. С. 418–430.
8. Алюков С. В. Аппроксимация обобщенных функций и их производных // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов – 2013. – Вып. 2. – С. 57–62.
9. Алюков С. В. Аппроксимация ступенчатых функций в задачах математического моделирования // Математическое моделирование, журнал РАН. – 2011. Том 23. № 3. С. 75–88.
10. Ансофф И. Стратегическое управление / Пер. с англ. – М.: Экономика, 1989. – 303 с.

11. Арнольд В. И. Теория катастроф. – М.: Наука, 1990. – 128 с.
12. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / пер. с англ. И. В. Соловьева и Г. Н. Поварова; Под ред. Г. Н. Поварова. – 2-е издание. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
13. Владимиров В. С. Обобщенные функции в математической физике. М.: Наука, 1979. – 320 с.
14. Гётц М., Янковска Б. Индустрия 4.0 как фактор конкурентоспособности компаний в условиях постпереходной экономики [2020] Т. 14. № 4. С. 61–78.
15. Гликман Н. Эконометрический анализ региональных систем. – М.: Прогресс, 1980. – 277 с.
16. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. – М.: Владар, 1993. – 310 с.
17. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность, катастрофы. – М.: Мир, 1982. – 216 с.
18. Магрук А. Неопределенность, знания и варианты будущего в Форсайт-исследованиях (на примере Индустрии 4.0) [2020] Т. 14. № 4. С. 20–33.
19. Майнцер К. Технологический Форсайт и сбалансированное инновационное развитие с точки зрения сложных динамических систем [2020] Т. 14. № 4. С. 10–19.
20. Моделирование устойчивого развития как условие повышения экономической безопасности территории / А. И. Татаркин [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во УГУ, 1999. – 276 с.
21. Устойчивость адаптивных систем / В. Д. Андерсен [и др.]. – М.: Мир, 1989. – 261 с.
22. Яковец Ю. В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. – М.: Наука, 1999. – 448 с.
23. Alabugin A. A., Aliukov S. V., Osintsev K. V. Combined Approach to Analysis and Regulation of Thermodynamic Processes in the Energy Technology Complex Processes. – 2021. – Vol. 9. No. 204. pp. 1–32.
24. Alabugin A., Osintsev K., Aliukov S. Methodological Foundations for Modeling the Processes of Combining Organic Fuel Generation Systems and Photovoltaic Cells into a Single Energy Technology Complex *Energies* 2021, 14(10), 2816; <https://doi.org/10.3390/en14102816>.
25. Alabugin A. A., Aliukov S. V. Modeling Regulation of Economic Sustainability in Energy Systems with Diversified Resources *J. Sci.*, vol. 3, Issue 1, 2021, doi:10.3390/sci3010015.
26. Bae M. Regularity of solutions to regular shock reflection for potential flow / M. Bae, GQ. Chen, M. Feldman // *Inventiones Mathematicae*. – 2009. – № 3. – p. 505–543.
27. Meltzer D. On the expressibility of piecewise linear continuous functions as the difference of two piecewise linear convex functions // *Math. Program., Study* 29, 1986, p. 118–134.
28. Helmberg G. The Gibbs phenomenon for Fourier interpolation / G. Helmberg, *J. Approx. – Theory* 78, 1994. – P. 41–63.
29. Paris J., Harrington L. A Mathematical Incompleteness in Peano Arithmetic // *Handbook of Mathematical Logic*. – Amsterdam: North-Holland, 1977. pp. 1134–1142.
30. Shannon C. E., Company A. T. a. T. A mathematical theory of communication // *Bell Syst. Tech. J.* – Short Hills, N.J., etc: 1948. – Vol. 27, Iss. 3. – P. 379–423.

#### References

1. Abalkin, L. I. (2000) [Evolutionary economics in the system of rethinking the basic foundations of social science]. *Evolutsionnaya ekonomika i «meynstrim»* [Evolutionary economics and mainstream]. М.: Science, pp. 7–14. (In Russ.).
2. Akoff, R. (1985) *Planirovaniye budushchego korporatsii* [Planning the future of the corporation]. М.: Progress, 326 p.
3. Alabugin, A. A. (2005) *Upravleniye sbalansirovannym razvitiyem predpriyatiya v dinamichnoy srede* [Management of balanced development of the enterprise in a dynamic environment]. Chelyabinsk: Publishing House of SUSU, Book 1. Methodology and theory of formation of adaptation mechanism of enterprise development management, 362 p.
4. Alabugin, A. A. (2005) *Upravleniye sbalansirovannym razvitiyem predpriyatiya v dinamichnoy srede* [Management of balanced development of the enterprise in a dynamic environment]. Chelyabinsk: Publishing House of SUSU, Book 2. Models and methods of effective management of enterprise development., 345 p.
5. Alabugin, A.A. (2019) [Models of theory and methodology of integration-balancing management of resources of intellectual labor and capital in conditions of singularity of technologies: conceptual foundations of research]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 10–20. (In Russ.).
6. Alabugin, A. A. et al. (2020) [High-tech development of the enterprise: the formation of an integration and balancing management mechanism]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment* [Bulletin of South Ural State University. Series: Economics and Management]. Vol. 14, No. 3, pp. 149–162 (In Russ.).
7. Alabugin, A. A., Oreshkina, N. S. (2021) [Management of innovative transformations of enterprises of

the region based on integration of analogue and digital models]. *Ekonomika regiona* [Economics of the region]. Vol. 17, Iss. 2, pp. 418–430. (In Russ.).

8. Aleksakov, S. V. (2013) [Approximation of generalized functions and their derivatives]. *Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Ser. Matematicheskoye modelirovaniye fizicheskikh protsessov* [Issues of atomic science and technology. Ser. Mathematical modeling of physical processes]. Issue 2, pp. 57–62. (In Russ.).

9. Alyukov, S. V. (2011) [Approximation of step functions in mathematical modeling problems]. *Matematicheskoye modelirovaniye, zhurnal RAN* [Mathematical modeling, Journal of the Russian Academy of Sciences]. Vol. 23. Issue 3, pp. 75–88. (In Russ.).

10. Ansoff, I. (1989) *Strategicheskoye upravleniye* [Strategic Management]. M.: Economics, 303 p. (in Russ., transl. from Engl.).

11. Arnold, V. I. (1990) *Teoriya katastrof* [Theory of Catastrophes]. M.: Science, 128 p.

12. Wiener, N. (1983) *Kibernetika ili upravleniye i svyaz' v zhitvotnom i mashine* [Cybernetics or control and communication in an animal and machine]. M.: Science; Main edition of publications for foreign countries, 344 pages. (In Russ., transl. from Engl.).

13. Vladimirov, V. S. (1979) *Obobshchennyye funktsii v matematicheskoy fizike* [Generalized functions in mathematical physics]. M.: Science, 320 p.

14. Goetz, M., Yankovska, B. (2020) *Industriya 4.0 kak faktor konkurentosposobnosti kompaniy v usloviyakh postperekhodnoy ekonomiki* [Industry 4.0 as a factor of competitiveness of companies in post-transition economy]. Vol. 14, Iss. 4, pp. 61–78. (In Russ.).

15. Glycman, N. (1980) *Ekonometricheskii analiz regional'nykh sistem* [Econometric analysis of regional systems]. M.: Progress, 277 p.

16. Glazyev, S. Yu. (1993) *Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiya* [Theory of long-term technical and economic development]. M.: Vldar, 310 p.

17. Casti, J. (1982) *Bol'shiye sistemy. Svyaznost', slozhnost', katastrofy* [Big systems. Connectivity, complexity, catastrophe]. M.: World, 216 p.

18. Magruk, A. (2020) *Neopredelennost', znaniya i varianty budushchego v Forsayt-issledovaniyakh (na primere Industrii 4.0)* [Uncertainty, knowledge and future options in Forsyth Research (using Industry 4.0 as an example)]. Vol. 14, No. 4, pp. 20–33. (In Russ.).

19. Mainzer, K. (2020) *Tekhnologicheskii Forsayt i sbalansirovannoye innovatsionnoye razvitiye c tochki zreniya slozhnykh dinamicheskikh sistem* [Technology Forsyth and balanced innovation in terms of complex dynamic systems]. Vol. 14, No. 4, pp. 10–19. (In Russ.).

20. Tatarin, A. I. (1999) *Modelirovaniye ustoychivogo razvitiya kak usloviye povysheniya ekonomicheskoy bezopasnosti territorii* [Modeling of sustainable development as a condition for improving the economic security of the territory]. Yekaterinburg: Publishing House of the UGU, 276 p.

21. Andersen, V. D. (1989) *Ustoychivost' adaptivnykh sistem* [Stability of Adaptive Systems]. M.: World, 261 p.

22. Yakovets, Yu. V. (1999) *Tsikly. Krizisy. Prognozy* [Cycles. Crises. Forecasts]. M.: Science, 448 p.

23. Alabugin, A. A., Aliukov, S. V., Osintsev, K. V. (2021) Combined Approach to Analysis and Regulation of Thermodynamic Processes in the Energy Technology Complex Processes. Vol. 9. No. 204, pp. 1–32. (In Engl.).

24. Alabugin, A., Osintsev, K., Aliukov, C. (2021) Methodological Foundations for Modeling the Processes of Combining Organic Fuel Generation Systems and Photovoltaic Cells into a Single Energy Technology Complex *Energies* 2021, 14(10), 2816; <https://doi.org/10.3390/en14102816>. (In Engl.).

25. Alabugin, A. A., Aliukov, S. V. (2021) Modeling Regulation of Economic Sustainability in Energy Systems with Diversified Resources *J. Sci.*, vol. 3, Issue 1, 2021, doi:10.3390/sci3010015. (In Engl.).

26. Bae, M. (2009) Regularity of solutions to regular shock reflection for potential flow. *Inventiones Mathematicae*. Vol. 3, pp. 505–543. (In Engl.).

27. Meltzer, D. (1986) On the expressibility of piecewise linear continuous functions as the difference of two piecewise linear convex functions. *Math. Program.*, Study 29, pp. 118–134. (In Engl.).

28. Helmbert, G. (1994) The Gibbs phenomenon for Fourier interpolation. *G.Helmbert, J. Approx. Theory* 78, pp. 41–63. (In Engl.).

29. Paris, J., Harrington, L. (1977) A Mathematical Incompleteness in Peano Arithmetic. *Handbook of Mathematical Logic. Amsterdam: North-Holland*, pp. 1134–1142. (In Engl.).

30. Shannon, C. E., Company, A. T. a. T. (1948) A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J. – Short Hills, N.J., etc*: Vol. 27, Iss. 3, pp. 379–423. (In Engl.).

#### Информация об авторе:

Анатолий Алексеевич Алабугин, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры цифровой экономики и информационных технологий, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики, Южно-

Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

**ORCID ID:** 0000-0003-1242-3310, **Researcher ID:** M-6608-2018, **Scopus Author ID:** 56712972100,  
**Author ID (РИНЦ):** 654423  
e-mail: alabugin.aa@mail.ru

Алабугин А. А. более 50 лет занимается научно-образовательной деятельностью в Южно-Уральском государственном университете. Основные направления научных исследований: управление инновационным и высокотехнологичным развитием социально-экономических систем; регулирование устойчивости развития в условиях дисбаланса целей и техно-гуманитарных конфликтов; управление инновационным развитием предприятий (организаций) в экономике наукоёмкого и высокотехнологичного типа; управление устойчивостью эффективного развития предприятия по показателям замещения и комбинирования ресурсов.

Автор свыше 100 научных работ по экономике и управлению, в том числе в отечественных и зарубежных изданиях, индексируемых в международных базах Scopus, Web of Science. Имеет монографии, учебно-методические пособия и зарегистрированные объекты интеллектуальной собственности.

Активно участвует в образовательной деятельности и подготовке научных кадров высшей квалификации. Является членом двух диссертационных советов по экономическим наукам: Д 212.298.07 по специальности: 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями и комплексами – промышленность; управление инновациями и инвестиционной деятельностью) (экономические науки) и диссертационного совета Д 212.298.15 по специальности: 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (региональная экономика; экономика труда) (экономические науки).

Достижения в области науки и высшего образования отмечены почетными грамотами губернатора Челябинской области, Министра образования и науки Российской Федерации. Имеет звание «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».

Статья поступила в редакцию: 17.02.2022; принята в печать: 09.03.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи

#### **Information about the author:**

**Anatoly Alekseevich Alabugin**, Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Departments of Digital Economy and Information Technologies and Industrial Thermal Power Engineering, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

**ORCID ID:** 0000-0003-1242-3310, **Researcher ID:** M-6608-2018, **ScopusAuthor ID:** 56712972100,  
**Author ID (РИНЦ):** 654423  
e-mail: alabugin.aa@mail.ru

Alabugin A.A. has been engaged in scientific and educational activities at South Ural State University for more than 50 years. Main areas of scientific research: management of innovative and high-tech development of socio-economic systems; managing sustainable development in an imbalance of goals and techno-humanitarian conflicts; management of innovative development of enterprises (organizations) in a science-intensive and high-tech economy; management of sustainability of efficient enterprise development by indicators of substitution and combination of resources.

Anatoly Alekseevich is the author of more than 100 scientific papers on economics and management, including in domestic and foreign publications indexed in the international databases Scopus, Web of Science. He has monographs, teaching aids and registered intellectual property.

Anatoly Alekseevich actively participates in educational activities and training of scientific personnel of higher qualifications. He is a member of two dissertation councils in economic sciences: D 212.298.07 in the specialty: 08.00.05 – Economics and management of the national economy (economics, organization and management of enterprises, industries and complexes – industry; innovation and investment management) (economic sciences) and the dissertation council D 212.298.15 in the specialty: 08.00.05 – Economics and management of the national economy (regional economy; labor economics) (economic sciences).

Achievements in the field of science and higher education are marked by honorary diplomas of the Governor of the Chelyabinsk Region, Minister of Education and Science of the Russian Federation. Anatoly Alekseevich has the title “Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation”.

The paper was submitted: 17.02.2022.

Accepted for publication: 09.03.2022.

The author read and approved the final manuscript