

Тюкавкин Николай Михайлович

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева

Гнатышина Елизавета Игоревна

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева

**Теоретико-методологические подходы к формированию концепции
киберсоциальных инновационных систем**

Аннотация. Бурное развитие цифровых технологий, сквозной автоматизации и искусственного интеллекта кардинально меняет структуру современной экономики. Традиционные инновационные системы (национальные, региональные, отраслевые) трансформируются в сложные гибридные структуры, где цифровые платформы и социальные сообщества находятся в непрерывном взаимодействии. В этих условиях возникает острая необходимость научного осмысления и формирования целостной концепции киберсоциальных инновационных систем (КСИС), что и обуславливает актуальность данного исследования.

В статье представлены теоретические и методологические базисы, определяющие закономерности создания, функционирования и эволюции КСИС. Авторами систематизированы основные положения существующих подходов и разработке комплексного методологического контура для построения концепции инновационных систем нового поколения, объединяющих киберфизические пространства и социальный капитал.

Теоретико-методологическую основу работы составил конвергентный подход, интегрирующий положения системного анализа, теории инновационных систем (включая концепции «Тройной» и «Четверной» спиралей), теории кибернетики, сетевой экономики и социологии цифровых коммуникаций. В процессе исследования применялись методы компаративного анализа, структурно-функционального моделирования и междисциплинарного синтеза.

В статье представлена экономическая сущность и предложено авторское определение понятия «киберсоциальная инновационная система». Выделены и систематизированы ключевые теоретико-методологические подходы к формированию концепции киберсоциальных инновационных систем. Исследована структура КСИС, состоящая из трех взаимосвязанных контуров: технологического (цифровые платформы, данные), социального (человеческий капитал, институты доверия) и инновационного (механизмы генерации и трансфера знаний).

Ключевые слова: киберсоциальные системы, инновационные экосистемы, цифровая трансформация, четверная спираль, методология инноваций, управление знаниями, сетевая экономика.

Tyukavkin Nikolay Mikhailovich

Samara National Research University named after academician S.P. Korolev

Gnatyshina Elizabeth Igorevna

Samara National Research University named after academician S.P. Korolev

**Theoretical and methodological approaches to the formation of the concept of
cybersocial innovation systems**

Annotation. The rapid development of digital technologies, end-to-end automation, and artificial intelligence is fundamentally changing the structure of the modern economy. Traditional innovation systems (national, regional, and industry-specific) are transforming into complex hybrid structures where digital platforms and social communities are in continuous interaction. In these circumstances, there is an urgent need for scientific understanding and the development of a

comprehensive concept of cyber-social innovation systems (CSIIS), which underlies the relevance of this study.

This article presents the theoretical and methodological foundations that define the patterns of creation, operation, and evolution of CSIIS. The authors systematize the key tenets of existing approaches and develop a comprehensive methodological framework for constructing a concept for next-generation innovation systems that integrate cyber-physical spaces and social capital.

The theoretical and methodological basis of this work is a convergent approach integrating principles of systems analysis, innovation systems theory (including the concepts of the Triple and Quadruple Helix), cybernetics, network economics, and the sociology of digital communications. The study utilized methods of comparative analysis, structural-functional modeling, and interdisciplinary synthesis.

The article presents the economic essence and proposes a unique definition of the concept of a "cyber-social innovation system." Key theoretical and methodological approaches to developing the concept of cybersocial innovation systems are identified and systematized. The CSIS structure, consisting of three interconnected components, is examined: technological (digital platforms, data), social (human capital, trust institutions), and innovation (mechanisms for knowledge generation and transfer).

The theoretical and methodological basis of the study is a convergent approach integrating the principles of systems analysis, innovation systems theory (including the concepts of the Triple and Quadruple Helix), cybernetics, network economics, and the sociology of digital communications. The study utilized methods of comparative analysis, structural-functional modeling, and interdisciplinary synthesis.

Keywords: cybersocial systems, innovation ecosystems, digital transformation, quadruple helix, innovation methodology, knowledge management, network economy.

Введение. Киберсоциальные инновационные системы (КСИС) представляют собой передовой этап технологического и общественного развития, объединяющий цифровые технологии, искусственный интеллект и человеческий капитал в единую синергетическую среду. КСИС – это сложные организационно-технические комплексы, которые объединяют цифровые технологии, физические объекты и человеческий (социальный) капитал для совместного создания инноваций и управления социальными или производственными процессами. Данная концепция является развитием киберфизических систем [9]. Она выступает базовым элементом концепции нового технологического уклада, где фокус смещается с чистой автоматизации на гармоничное синергетическое взаимодействие человека и машин.

Ключевыми компонентами системы, функционирующей на стыке трех пространств, выступают: киберпространство – искусственный интеллект, облачные вычисления, цифровые платформы, базы знаний и алгоритмы управления, физическое пространство – материальные объекты, промышленное оборудование, робототехника и датчики Интернета вещей, социальное пространство – человеческий интеллект, творческие способности, ментальные знания, социальные связи и культурные ценности. К особенностям функционирования КСИС относятся: человекоцентричность, сетевая кооперация, интеграция коллективного интеллекта, инновационная направленность.

Современный этап глобального научно-технологического развития знаменуется переходом от концепции Индустрии 4.0, сфокусированной на автоматизации и киберфизических системах, к парадигме Индустрии 5.0. Отсюда, на современном этапе экономического развития, рамках данного тренда, ключевым объектом исследования выступают киберсоциальные инновационные системы, представляющие сложные конвергентные среды, где цифровые алгоритмы и физические устройства не просто взаимодействуют, а глубоко интегрируются с социальным поведением и когнитивным потенциалом человека. Перенос акцента на человекоцентричность, устойчивость и жизнестойкость требует переосмысления традиционных подходов к управлению инновациями.

Проблематика формирования киберсоциальных пространств и сетевого общества получила развёрнутое освещение в трудах отечественных и зарубежных учёных. Генезис научных представлений в этой области характеризуется последовательным расширением предметного поля: от классической теории автоматического управления до киберфизических и, в дальнейшем, киберсоциальных систем.

Значительный вклад в становление отечественной научной школы в области управления техническими и организационными системами внёс В. А. Трапезников. В докладе на собрании Отделения технических наук АН СССР (1950 г.) он обосновал возможность построения сложных систем управления на основе унифицированных и взаимозаменяемых блоков-агрегатов, что ознаменовало переход от эмпирического проектирования к инженерно-системному подходу. Указанные принципы легли в основу Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) и впоследствии были экстраполированы на задачи управления экономикой и социальными структурами [1]. Таким образом, В. А. Трапезников заложил методологический фундамент, в рамках которого кибернетические подходы впервые стали рассматриваться как универсальный инструмент анализа организационно-экономических систем.

Развитие этих идей продолжил И. В. Прангишвили – академик АН Грузинской ССР и РАН. В его работах разработаны теоретические основы построения отказоустойчивых распределённых вычислительных комплексов, а также предложены методы системного анализа применительно к управлению сложными социально-экономическими объектами [2]. Существенным вкладом исследователя стало объединение проблематики технической надёжности и социально-экономической устойчивости, что предвосхитило современные представления о киберсоциальных системах.

Особое место в ряду рассматриваемых подходов занимают труды Е. А. Федосова – академика РАН, более полувека возглавлявшего Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем. Под его руководством был создан ряд сложных киберфизических комплексов в области авиации, а сам институт превратился в ведущий центр проектирования цифрового «интеллекта» для отечественных летательных аппаратов [3]. Опыт разработки высоконадёжных киберфизических систем в критических областях (авиация, оборона) представляет значительную ценность для понимания принципов интеграции человеческого и машинного интеллекта на новом технологическом этапе.

Среди современных исследований следует выделить работы А. В. Бабкина, в которых разрабатываются концептуальные модели интеллектуальных киберсоциальных экосистем на базе мультимодального гиперпространства. В этих трудах системно представлены факторы цифровой трансформации, кластеризации и перехода к Индустрии 5.0, а также учтена возрастающая роль социальной составляющей в инновационных киберфизических системах [4].

Вопросы когнитивного перехода от киберфизических систем к киберсоциальным средам исследуются Е. В. Шкарупетой [5]. В работах данного автора акцент сделан на трансформации моделей мышления и управления в условиях, когда технические компоненты начинают функционировать в неразрывной связи с поведенческими паттернами, коллективными решениями и социальными нормами.

Структурные сдвиги в экономике под влиянием киберсоциальных инноваций анализируются Г. Ю. Пешковой и В. А. Плотниковым [6]. Ими выявлены долгосрочные изменения отраслевых пропорций, форм занятости и механизмов координации, возникающие под воздействием платформенных решений и сетевых взаимодействий.

Несмотря на значительный накопленный теоретический и прикладной опыт, теоретико-методологические основы функционирования киберсоциальных систем в контексте инновационной деятельности остаются фрагментарными. В частности, недостаточно разработаны механизмы объединения человеческого и машинного интеллекта для генерации инноваций, а также способы согласования когнитивных,

технологических и институциональных компонентов таких систем. Исследования в данной области находятся на начальной стадии, что обуславливает необходимость дальнейшей концептуализации и систематизации накопленного знания. Целью исследования является обоснование теоретико-методологического перехода от линейных моделей управления к нелинейной логике сложных динамических систем при формировании концепции киберфизических инновационных систем, а также определить приоритетные направления инновационного развития на ее основе.

Материалы и методы. Теоретической базой послужили работы зарубежных и российских учёных в области КФС, сложных динамических систем и технологического форсайта. Используются методы теоретического анализа, систематизации, сравнительного анализа, а также теория сложных систем.

Ход исследования. Динамичное развитие цифровой экономики и коллективного интеллекта радикально меняет ландшафт инновационной деятельности. На смену классическим инновационным кластерам приходят киберсоциальные инновационные системы, стирающие границы между виртуальным, физическим и социальным пространствами. В таких экосистемах человек перестает быть просто пассивным «датчиком» или пользователем технологий, становясь активным когерентным соавтором инновационных решений в синергии с искусственным интеллектом.

Высокая скорость технологических изменений обостряет проблему адаптации бизнеса и государственных институтов к новым реалиям, вызывая необходимость формирования концепции киберсоциальных инновационных систем, предоставляя уникальные возможности для: ускорения вывода наукоемких продуктов на рынок, гибкого распределения интеллектуального труда в сетевом обществе, повышения устойчивости функционирования инновационных социально-экономических экосистем.

Теоретико-методологическое обоснование инновационного развития на основе киберсоциальных систем заключается в интеграции сквозных цифровых технологий с физическими производственными процессами для создания гибких, самоорганизующихся и высокоэффективных экономических систем. В условиях Индустрии 4.0 и построения цифровой экономики КСИС выступают главным драйвером инноваций, трансформируя традиционные цепочки создания стоимости в распределенные цифровые экосистемы.

Авторами структурирована теоретико-методологическая база концепции формирования инновационных киберсоциальных систем (рисунок 1).



Рисунок 1- Структуризация теоретико-методологической базы концепции формирования инновационных киберсоциальных систем

Источник: составлено авторами.

Таким образом, представленные на рисунке 1 методологические подходы – системный, конвергентный и процессно-ориентированный – в совокупности раскрывают архитектуру формирования киберсоциальных сред. Системный подход задаёт интеграцию вычислительных ресурсов, сетевых коммуникаций и физических объектов, создавая технологический базис. Конвергентный подход отражает сращивание ИТ-технологий (Big Data, искусственный интеллект, облачные вычисления) с операционными технологиями промышленной автоматизации, что обеспечивает синергию обработки данных и управления физическими процессами. Процессно-ориентированный подход фиксирует переход от дискретного управления этапами производства к непрерывному сквозному жизненному циклу инновационного продукта на основе концепций PLM и цифровых двойников. Взятые вместе, данные подходы позволяют преодолеть узкую технологическую трактовку киберсоциальных систем и рассматривать их как целостное единство технических, информационных и социально-когнитивных компонентов, что составляет необходимую методологическую основу для дальнейших исследований инновационной деятельности в условиях перехода к Индустрии 5.0.

Теоретико-методологические принципы формирования концепции киберсоциальных инновационных систем (КСИС) включают следующие положения. Принцип интероперабельности предполагает способность физических элементов, виртуальных платформ и людей к беспрепятственному взаимодействию через интернет вещей. Принцип виртуализации заключается в создании точных цифровых двойников реальных объектов для симуляции, прогнозирования и тестирования инноваций без остановки текущего производства. Принцип децентрализации означает передачу функций принятия оперативных управленческих решений автономным элементам КСИС на базе алгоритмов машинного обучения. Принцип модульности обеспечивает способность инновационной системы гибко адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка путём оперативной замены или расширения отдельных компонентов [7].

Реализация указанных принципов позволяет достичь следующих основных эффектов и результатов формирования и внедрения КСИС. Происходит переход к кастомизированному производству – возможность выпуска уникальной продукции по цене массового производства за счёт гибкой переналадки системы. Развивается управление знаниями: автоматическое накопление данных внутри киберплатформ ускоряет обучение персонала и диффузию инноваций в компании. Формируются цифровые экосистемы, поскольку киберфизические системы стирают границы между отдельными предприятиями, объединяя поставщиков, производителей и потребителей в единую сеть совместного создания инноваций. Достигается снижение издержек и рисков: предиктивная аналитика минимизирует простои оборудования и сокращает время вывода новых продуктов на рынок.

Механизм реализации инновационного потенциала КСИС достигается за счет прохождения данных через четыре ключевых уровня архитектуры КФС, представленных на рисунке 2.



Рисунок 2 – Механизм реализации инновационного потенциала КСИС.

Организационные особенности КСИС отражают их переход к кардинально измененным принципам построения и управления организациями: сетецентричности (иерархические структуры заменяются гибкими экосистемными сетями); человеко-синергетического управления (человек выступает не просто оператором, а главным источником инноваций и гибкости системы); распределённого принятия решений путем интеграции гибридного генеративного интеллекта; динамической адаптивности (организация мгновенно перестраивается под запросы рынка и изменения в социуме); платформизации (основной организационной формой становится цифровая платформа, объединяющая создателей и потребителей инноваций).

Организационные компоненты КСИС, необходимые для ее эффективного функционирования представлены тремя взаимосвязанными контурами (рисунок3).



Рисунок 3 - Организационные компоненты КСИС.

Эффектами для управления инновационной деятельностью выступают сокращение времени за счёт прямого включения потребителей в проектирование и разработку инноваций (сотворчество), управление знаниями путём автоматической оцифровки и масштабирования алгоритмов знаний сотрудников и клиентов, а также повышение устойчивости к кризисам благодаря высокой децентрализации организации и сохранению функций при сбоях в отдельных узлах [5].

Киберсоциальная инновационная экосистема (КСИЭ) – это среда, где цифровые технологии (киберпространство) и человеческое общество (социум) объединяются для создания, внедрения и масштабирования инноваций. Архитектура КСИЭ, включающая 4 главных уровня, представлена на рисунке 4.

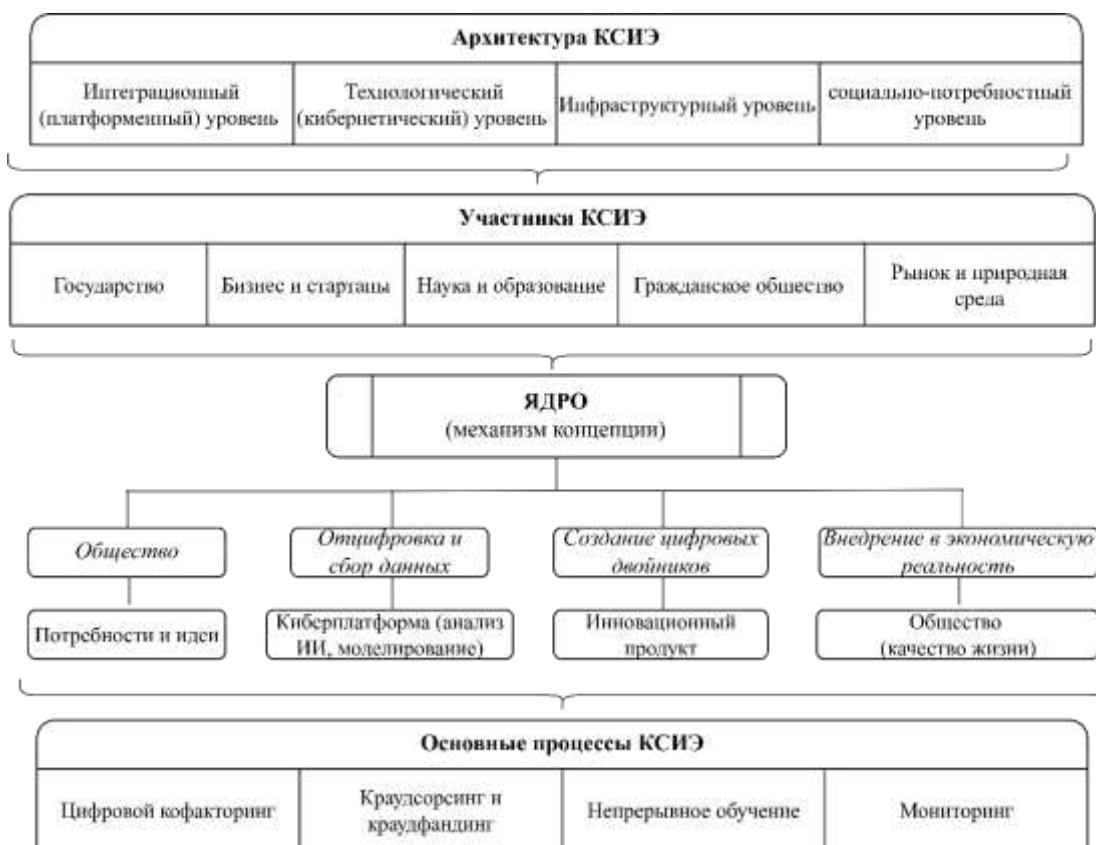


Рисунок 4 - Архитектура КСИЭ.

Как показано на рисунке 4, инновации рождаются на стыке четырех ключевых слоев. Социально-потребностный уровень отражает запросы общества, экологические вызовы, культурные тренды и человеческий капитал. Интеграционный (платформенный) уровень представлен цифровыми платформами, краудсорсингом, социальными сетями и сервисами для совместной работы. Технологический (кибернетический) уровень включает искусственный интеллект, Big Data, IoT, блокчейн и облачные вычисления. Инфраструктурный уровень представлен сетями 5G/6G, дата-центрами, законами, нормами, стандартами безопасности и финансовыми институтами [4].

Экосистема функционирует за счет сетевого взаимодействия участников по модели «Пента-спирали» [9]. Государство регулирует правила, софинансирует проекты и ставит государственные задачи. Бизнес и стартапы осуществляют коммерциализацию технологий, создают рабочие места и инвестируют. Наука и образование генерируют фундаментальные знания, готовят кадры и проводят НИОКР. Гражданское общество выступает главным потребителем, источником идей и тестирующим инноваций. Рынок и природная среда формируют границы устойчивого развития и экологичности решений.

Данная экосистемная логика согласуется с концептуальными положениями А. Е. Карлика и соавторов, в рамках которых цифровая трансформация означает парадигмальный сдвиг от традиционного ресурсного менеджмента к экосистемному управлению [8]. Цифровые платформы в данной модели выполняют интегративную функцию, обеспечивая конвергенцию материальных потоков и нематериальных активов, включая деловую репутацию, сквозную аналитику и сетевой капитал доверия. Синергия участников промышленных сетей детерминирует радикальное снижение транзакционных издержек, сокращение лага вывода инноваций на рынок, а также повышение адаптивности и производственной лабильности системы.

Заключение

1. Впервые обоснован синергетический эффект от интеграции цифровых технологий и социальных инноваций в рамках единой экосистемы. В отличие от подходов, ограничивающих понимание киберсоциальных инновационных систем только технологической инфраструктурой, последние рассматриваются как динамическая самоорганизующаяся среда, в которой социальные связи выступают главным драйвером технологического прогресса.

2. Раскрыты концептуальные особенности киберфизических систем, включающие децентрализованную архитектуру и способность к интеграции физических, информационных и социальных потоков в режиме реального времени, что расширяет существующие представления о структурно-функциональной организации систем данного класса.

3. Обосновано выделение киберсоциальных систем как эволюционной ступени киберфизических систем в рамках Индустрии 5.0, что предполагает переход к новым организационным формам — конкурентному сотрудничеству и комбинированию физического и интеллектуального капитала, ранее не рассматривавшимся в контексте цифровой трансформации.

4. Предложен механизм реализации инновационного потенциала киберсоциальных инновационных систем, достигаемый посредством прохождения данных через четыре ключевых уровня архитектуры киберфизических систем, включая социально-потребностный, интеграционный, технологический и инфраструктурный уровни, что обеспечивает непрерывность инновационного цикла.

5. Выявлены организационные компоненты и архитектурная конфигурация киберсоциальных инновационных систем, включающая принципы интероперабельности, виртуализации, децентрализации и модульности, что создаёт теоретическую основу для проектирования адаптивных киберсоциальных экосистем в условиях высокотехнологичных производств.

Таким образом, эффективное функционирование киберсоциальных инновационных систем детерминирует необходимость смены методологической парадигмы управления, имплицитно требует развитие организационных инноваций и требует применения междисциплинарного подхода, интегрирующего достижения технических, экономических и социально-гуманитарных наук. Практическая значимость исследования. Сформулированные в статье теоретические положения и методологические подходы обладают релевантностью для широкого круга институциональных субъектов. Разработанный концептуальный аппарат может быть применён органами государственной власти при формировании стратегий инновационного и цифрового развития на макро- и мезоуровнях; крупными технологическими компаниями — в процессе проектирования архитектуры цифровых платформ и киберсоциальных экосистем; а также исследовательским сообществом — для дальнейшей теоретической концептуализации и эмпирической верификации феномена цифровой трансформации общества.

Список источников

1. Автоматизация проектирования систем управления : сборник статей / под общ. ред. В. А. Трапезникова. – Москва : Статистика, 1979. – 203 с.
2. Прангишвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами / И. В. Прангишвили. - Москва: Наука, 2003. - 428 с. ISBN: 5-02-006524-2 EDN: QQBNWB
3. Федосов Е. А. Основные направления формирования научно-технического задела в области бортового оборудования перспективных ВС // Материалы докладов 4-й Международной конференции "Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов" (Жуковский, 2017). - Москва: ФГУП "ЦАГИ", 2017. - С. 6-14. EDN: ZEDZIT
4. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы / под ред. А. В. Бабкина. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 807 с.
5. Шкарупета Е. В., Ильина Е. А., Холманских А. В. Влияние цифровой устойчивости и информационной безопасности на устойчивое развитие промышленных предприятий // Организатор производства. - 2023. - Т. 31, № 3. - С. 64-77. - DOI: 10.36622/VSTU.2023.80.72.006 EDN: XLXHDL
6. Пешкова Г. Ю., Плотников В. А. Особенности стратегического планирования в горнопромышленном комплексе местного значения: монография. - Курск: Университетская книга, 2018. - 125 с. ISBN: 978-5-907049-58-1 EDN: USLWCT
7. Квинт В. Л., Бабкин А. В., Шкарупета Е. В. Стратегия формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем // Экономика промышленности. - 2022. - Т. 15, № 3. - С. 249-261. - DOI: 10.17073/2072-1633-2022-3-249-261 EDN: CUNBYC
8. Карлик А. Е., Платонов В. В. Межотраслевые территориальные инновационные сети // Экономика региона. - 2016. - Т. 12, вып. 4. - С. 1218-1232. - DOI: 10.17059/2016-4-22 EDN: XVKIBL
9. Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Плотников В. А. Интеллектуальная киберсоциальная экосистема Индустрии 5.0: понятие, сущность, модель // Экономическое возрождение России. - 2021. - № 4 (70). - С. 39-62. DOI: 10.37930/1990-9780-2021-4-70-39-62 EDN: TCYAIR

Сведения об авторах

Тюкавкин Николай Михайлович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики инноваций ГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева», Самара, Россия

Гнатышина Елизавета Игоревна, кандидат экономических наук, доцент, ГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева», Самара, Россия

Information about the authors

Tyukavkin Nikolay Mikhailovich, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University. academician S.P. Korolev", Samara, Russia

Gnatyshina Elizaveta Igorevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Samara National Research University. academician S.P. Korolev", Samara, Russia