

DOI: 10.18721/JE.12501
УДК 334.7

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КООПЕРАЦИОННЫХ СЕТЕЙ И ВНЕДРЕНИЯ КИБЕРСОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.Е. Карлик¹, В.В. Платонов¹, С.А. Кречко²

¹ Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
г. Гродно, Республика Беларусь

Формирование промышленных кооперационных сетей на основе киберсоциальных систем означает новый шаг в цифровой трансформации в рамках Индустрии 4.0. Ядром таких сетей являются киберфизические системы промышленных предприятий. По сравнению с ними киберсоциальные системы представляют системы повышенной сложности. Они обеспечивают взаимодействие между машинами, человеко-машинное взаимодействие, взаимодействие между отдельными хозяйствующими субъектами, взаимодействие между производителями и потребителями. Так как повышенная сложность киберсоциальных систем требует разработки особого организационного обеспечения, в статье обосновываются направления организационно-управленческих инноваций для цифровой трансформации промышленных кооперационных сетей. Первое направление включает инновации по углублению разделения труда, прежде всего, конкурентное сотрудничество – возможность, возникающую в условиях информационного общества. Второе направление связано со стимулированием организационных инноваций по комбинированию физического и интеллектуального капитала на основе использования цифровых технологий. Критерием успешности инноваций для цифровой трансформации кооперационной сети путем внедрения киберсоциальной системы является достижение синергетического эффекта от движения ресурсных потоков. Статья развивает методологический подход, анализирующий сеть как механизм движения ресурсных потоков. В статье предложена концептуальная модель межфирменной сетевой организации, согласно которой киберфизическая система промышленных предприятий, машины и оборудование которых соединены Промышленным интернетом, обеспечивает движение основного капитала. В физическом плане данный поток обуславливает движение оборотного капитала, который циркулирует в более широком контуре Интернета вещей в рамках взаимодействия производителей и потребителей промышленных товаров и услуг. Модель также учитывает потоки нематериальных ресурсов, которые обеспечивают эти физические потоки, то есть, потоки информации, доверия, интеллектуального и человеческого капитала. Предлагаемый подход предполагает интеграцию больших данных, генерируемых в результате цифровизации производственных бизнес-процессов, больших данных о потребительских предпочтениях, а также количественную и качественную информацию, извлекаемую из потока данных об использовании промышленных товаров и услуг. Таким образом, формирование промышленных киберсоциальных сетей позволяет решать на качественно новом уровне задачу координации спроса и предложения на промышленные товары и услуги.

Ключевые слова: Цифровая экономика, киберфизические системы, киберсоциальные системы, кооперационные сети, новые методы управления, промышленность, организационно-управленческие инновации

Ссылка при цитировании: Карлик А.Е., Платонов В.В., Кречко С.А. Организационное обеспечение цифровой трансформации кооперационных сетей и внедрения киберсоциальных систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 5. С. 9–22. DOI: 10.18721/JE.12501

ORGANIZATIONAL SUPPORT FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF COOPERATION NETWORKS AND THE IMPLEMENTATION OF CYBER-SOCIAL SYSTEMS

A.E Karlik¹, V.V. Platonov¹, S.A. Krechko²

¹ Saint-Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russian Federation

² Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus

The implementation of the industrial cooperative networks based on cyber-social systems means a new stage of the digital transformation within the Industry 4.0. The core of such networks are the cyber-physical systems of manufacturing firms. However, the cyber-social systems represent systems of increased complexity relative to cyber-physical systems. They provide interaction between machines, human-machine interaction, interaction between independent business entities, as well as that of producers and consumers. The complexity of cyber-social systems requires the development of the new decision-making support. The article defines the directions of organizational and managerial innovations for the digital transformation of these complex industrial cooperative networks. The first one includes innovations that deepen the division of labor, mainly, the cooperation as an opportunity that is provided by the rise of information society. The second direction is related to the stimulation of organizational innovation designed to combine the physical and intellectual capital through the application of digital technologies. The criterion for success of innovation designed for the digital transformation of the cooperative network through the introduction of a cyber-social system is to achieve a synergistic effect on the resource flows. The article contributes to the methodology of analysis of the network as a resource allocation mechanism. It develops the conceptual model of interfirm network organization, according to which the cyber-physical system of industrial firms, machinery and equipment of which are connected via the Industrial Internet, maintains the movement of fixed capital flow. Then, this flow brings about the flow of working capital, which circulates in the wider Internet of things, via the interaction between producers and consumers of industrial goods and services. The model also accounts for the flows of intangible resources that enables these physical flows i.e. information, trust, intellectual and human capital flows. The proposed approach assumes the integration of big data generated by the digitalization of the production business processes, big data on consumer preferences, as well as quantitative and qualitative information extracted from the data stream on the consumption of industrial goods and services. Thus, the article outlines an organizational approach that allows to coordinate supply and demand for industrial goods and services by the mean of cyber-social network.

Keywords: Digital economy, cyber-physical systems, cyber-social systems, cooperation networks, new management methods, industry, organizational and management innovations

Citation: A.E. Karlik, V.V. Platonov, S.A. Krechko, Organizational support for the digital transformation of cooperation networks and the implementation of cyber-social systems, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 12 (5) (2019) 9–22. DOI: 10.18721/JE.12501

Введение. В настоящее время происходит формирование нового технологического уклада, базирующегося на цифровых технологиях. Цифровая революция привела к качественным изменениям в бизнес-процессах в промышленности.

Новая промышленная революция, к которой концепции «Индустрия 4.0» и «Умное производство», представляет собой симбиоз информатики, в частности, искусственного интеллекта, техники и производства [1]. Цифровая трансформация



стала катализатором или «фактором интеграции» для различных технологий и производственных концепций: слияние физического и виртуального миров в рамках киберфизических систем (CPS), симбиоз CPS с «Интернетом вещей» (IoT), а более узко с Промышленным интернетом вещей (IIoT), позволяющий строить на основе CPS кооперационные сети вплоть до глобальных, появление понятия «разумность» применительно к составляющим основного капитала в промышленности, которое отражается концепциями «интеллектуальная фабрика», «интеллектуальные датчики», «интеллектуальные машины», «интеллектуальные продукты», «интеллектуальные среды» [2].

Одним из перспективных путей содействия цифровой трансформации является развитие киберсоциальных сетей, включающих как взаимодействие между машинами на основе CPS, так и взаимодействие между людьми. Перспективным представляется формирование таких сетей в промышленности, так как именно связанность между участниками автоматизированного производственного процесса на основе IoT является отличительной характеристикой Индустрии 4.0. Тем самым формируются киберсоциальные системы в промышленности (ICSS) как частный вид киберсоциальных систем. Они принципиально отличаются как от технологий Индустрии 3.0 – встроенных систем и автоматизированных систем управления предприятием, – так и от CPS тем, что интегрируют кибернетическое начало, аппаратно-программные технологии и, через качественно новые интерфейсы, разработчиков, операторов, а также управленцев, организаторов деятельности предприятий и производственных комплексов [3].

Первостепенное значение для функционирования CSS имеет аналитика больших данных. В этой связи можно ставить вопрос о превращении больших данных в новый ключевой ресурс цифровой экономики. Это обусловлено тем, что соединение больших данных, накапливаемых во Всемирной сети, позволяет сопоставить точную информацию о потребительском спросе с большими данными, генерируемыми из-за цифровизации бизнес-процессов в CPS. Это создает бес-

прецедентные возможности для координации спроса и предложения. Иными словами, впервые с эпохи ремесленного производства возникает возможность для планирования производственной программы исходя из потребительского спроса и потребительских предпочтений, позволяя избежать хронического дефицита плановой экономики и перепроизводства, имманентно присущего рыночной экономике, ведущего к ускоренному истощению невозобновляемых природных ресурсов.

По индексу цифровизации бизнеса Россия (28 пунктов) находится в одном ряду со странами Восточной Европы – Болгарией, Венгрией, Польшей и Румынией [4]. Для ускорения цифровой трансформации с 2019 года осуществляется национальный проект «цифровая экономика», направленный в том числе на преобразование приоритетных отраслей, включая промышленность, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений. Проект предусматривает согласование политики государств – членов Евразийского экономического союза, совместные мероприятия по переходу на цифровую экономику с целью ускорения технологического развития и обеспечения конкурентоспособности разрабатываемых ими продуктов и решений на глобальном рынке [5].

Цифровая промышленная трансформация создает новые технологические возможности для удовлетворения все более жестких и быстро меняющихся требований рынка. В плане научных исследований она требует развития междисциплинарных исследований, а также выявления и обсуждения путей содействия новым направлениям экономического развития, открываемых цифровизацией.

Целью исследования, представленного в данной статье, является поиск подхода к организационному обеспечению процесса цифровой трансформации путем создания и развития промышленных кооперационных сетей, основанных на киберсоциальных системах.

Методика исследования. Построение кооперационных сетей рассматривается с точки зре-

ния формирования и внедрения системы организационного обеспечения цифровой трансформации промышленных предприятий. Такое обеспечение позволяет получить синергетический эффект от сетевого взаимодействия промышленных предприятий в высокоорганизованной информационной среде.

Поэтому методика исследования основана на учете зависимостей движения потоков материальных и нематериальных ресурсов между независимыми хозяйствующими субъектами при реализации человеко-машинного взаимодействия (H2M) и формирования CSS. В соответствии с данной методикой движение потоков ресурсов определяется собственно сетевыми характеристиками, такими как центральность или структурная эквивалентность, а также характеристиками информационной среды, такими как когнитивное разнообразие и явность знаний.

Методика позволяет решить следующие задачи исследования:

- проанализировать роль инноваций в организационном обеспечении цифровой трансформации промышленных кооперационных сетей;
- обосновать гипотезу о необходимости трансформации CPS промышленных предприятий-участников кооперационной сети в CSS с формированием в результате данного процесса промышленных кооперационных сетей на основе киберсоциальных систем – ICSS;
- разработать концептуальную модель системы обеспечения организационно-управленческих инноваций, которая связывает характеристики кооперационных сетей и информационной среды с переменными динамики инновационной деятельности.
- обосновать подход к созданию системы организационного обеспечения ICSS с использованием сетецентрического принципа для принятия управленческих решений в ICSS на основе аналитики больших данных.

Результаты исследования. Инновации в организационном обеспечении цифровой трансформации промышленных кооперационных сетей. Возможности высокоорганизованной информаци-

онной среды и сетевые взаимодействия повышают восприимчивость промышленных предприятий к цифровой трансформации и обеспечивая создание добавленной стоимости [6]. Процесс цифровой трансформации промышленного производства сочетает в себе реализацию, во-первых, технологических инноваций, непосредственно связанных с осуществлением основных и вспомогательных производственных процессов с использованием цифровых («сквозных») технологий, которые представлены изменениями в продуктах, оборудовании, производственной инфраструктуре; во-вторых – организационно-управленческих инноваций, оказывающих влияние на методы и процессы управления и организации промышленных предприятий [7].

Начиная с Й. Шумпетера, в экономической теории инноваций последние рассматривались как средство достижения конкурентного преимущества. В современных условиях на первый план выходят инновации, дающие возможность получить необходимые компетенции для использования потенциала технологических инноваций. Следовательно, значительную роль в формировании стратегических конкурентных преимуществ получили организационно-управленческие инновации, задача которых заключается в создании новых организационных способностей, способствующих эффективному использованию новых технологий производства и реализации новых бизнес-моделей.

Эффективное использование в производстве больших данных, IoT, искусственного интеллекта, продуктов и других технологий цифровой экономики требует отклонения от традиционных принципов, процессов и практик, используемых для управления и организации производственной деятельности. В работе [8] авторы подчеркивают, что цифровая трансформация промышленности затрагивает хозяйственные процессы по всей производственной системе, вызывая необходимость логических и структурных преобразований во всех ее подсистемах, изменяя логику построения бизнес-процессов.

Организационно-управленческие инновации обеспечивают реализацию потенциала



цифровых технологий путем углубления разделения труда и развития сетей сотрудничества на основе информационно-коммуникационных технологий [9]. Появление синергетического эффекта в кооперационной сети является следствием:

1) снижения уровня неопределенности путем развития отношений между субъектами производственного процесса;

2) повышения гибкости с обретением возможности быстро распределять диапазон ресурсов;

3) повышения ресурсного потенциала при наличии возможности обмена ресурсами с участниками сети и совместного использования инфраструктуры;

4) быстроте реакции на широкий спектр деловых возможностей;

5) повышения навыков и компетенций за счет получения доступа к ресурсам, отличным от собственных;

6) роста интеллектуального капитала путем обмена рыночной информацией [10].

Организационно-управленческие инновации содействуют цифровой трансформации в промышленных кооперационных сетях по системным элементам цифровой экономики, которыми являются «сети», «цепочки создания стоимости», «вертикальная и горизонтальная интеграция», «совместное проектирование», «сквозное проектирование» [11].

Организационно-управленческие инновации, обеспечивающие конкурентное сотрудничество в рамках кооперационных сетей, позволяют промышленным предприятиям и другим субъектам производственной деятельности укреплять свой собственный конкурентный потенциал. Соответствующий подход трансформирует конкурентную борьбу в конкурентное сотрудничество, принося выгоду всем заинтересованным сторонам. В этом подходе отдельные субъекты не отказываются от своей идентичности, сосредотачиваются на достижении собственных целей и управляют своим бизнесом в гармонии, а не в оппозиции к другим. Поэтому возможны различные формы обучения друг у друга с использо-

ванием проверенных эффективных шаблонов (алгоритмов) управленческих решений.

Формирование ICSS, реализующих сетевые возможности современных информационно-коммуникативных технологий, способствует увеличению гибкости производственных процессов за счет использования современных технологий адаптивного управления и когнитивного моделирования. Семантическая структуризация больших потоков неоднородных данных на основе использования интеллектуальных специализированных фильтров параллельного мониторинга и метрического анализа информации для управления физическими и виртуальными процессами позволяет повысить скорость прототипирования и моделирования систем управления [12]. Привлечение технологических, технических, программных и других средств для выработки новых организационных решений способствует формированию более эффективных, гибких и устойчивых промышленных систем.

Организационно-управленческие инновации, обеспечивающие объединение физического капитала и интеллектуального капитала на основе использования информационно-коммуникационных технологий, создают основу для внедрения на промышленных предприятиях киберфизических систем для интеграции физических ресурсов и вычислительных процессов. При сетевой интеграции промышленных систем киберфизические системы способны к самообучению и настройке на основе связи между собой в режиме реального времени. Исходя из этого, CPS должна быть определена как система коммуникационно связанных реальных и виртуальных компонентов с выраженными функциями адекватного физического цифрового мониторинга и оптимального облачного компьютерного киберуправления для обеспечения качества жизни, продукции, процессов или сервисов в заданных условиях ограничений на время и ресурс. В такой системе каждый физический объект имеет своего цифрового двойника. Взаимодействуя друг с другом вне физических объектов, они формируют виртуальную тему.

Возрастание сложности

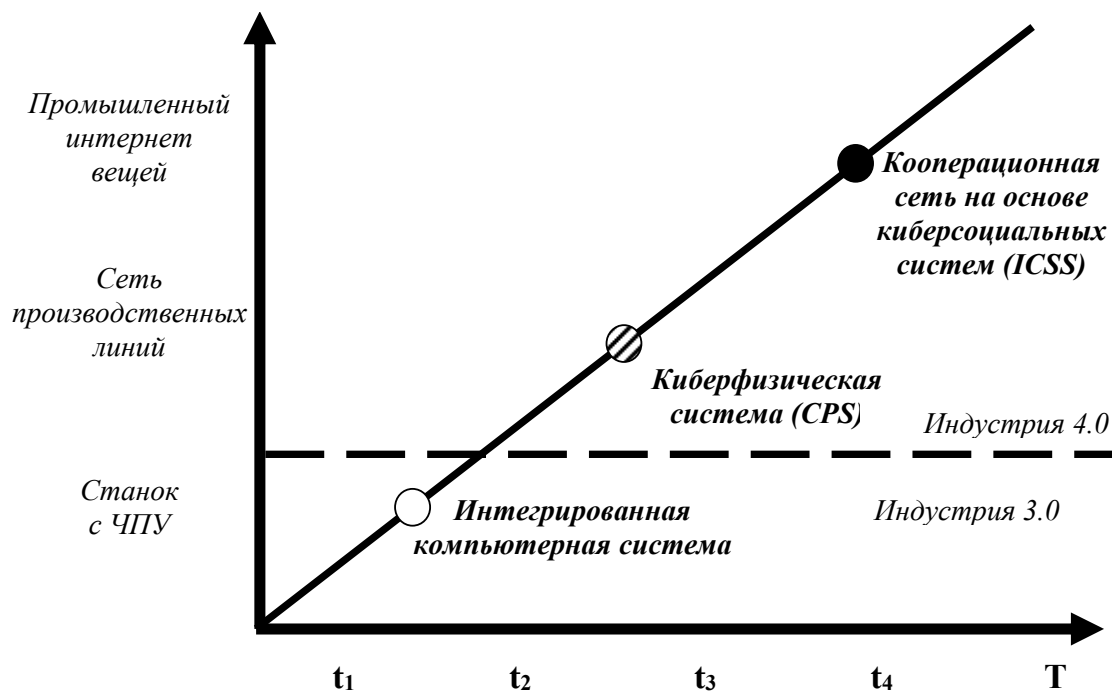


Рис. 1. Усложнение цифровых технологий в современной промышленности (Разработано авторами на основе [14])
Fig. 1. The increasing sophistication of digital technology in modern industry

Для обеспечения эффективности организационно-управленческих инноваций критически важно рассматривать цифровую трансформацию с точки зрения ее общего воздействия на организацию. Целевой результат может быть получен путем интеграции цифровой инициативы с бизнес-концепцией, с целью, рутинными и этикой всей производственной экосистемы. При этом цели организационной трансформации становятся движущей силой цифрового преобразования. Успех преобразования бизнеса определяется эффективностью управления организационными изменениями [13].

Создание ICSS – кооперационных сетей на базе киберсоциальных систем – представляет собой развитие системы организации в рамках Индустрии 4.0. Если первые автоматизированные компьютерные системы автоматизированного управления производственными процессами включали минимальное сетевое взаимодействие, то внедрение CPS в рамках одного предприятия позволяет создать автоматическую производственную сеть, реализующую «сотрудниче-

ство» между машинами (M2M) без участия человека (рис. 1). Дальнейшее усложнение системы и построение кооперационной сети, выходящей за границы фирмы, связано с взаимодействием между независимыми хозяйствующими субъектами со своими отдельными центрами принятия решений, а значит, требуют организационного обеспечения человеко-машинного взаимодействия (H2M) и формирования CSS.

Слияние цифровых технологий и человеческого взаимодействия приводит к необходимости *инноваций для обеспечения организационных изменений, создания новых бизнес-моделей*. Организационно-управленческие инновации для обеспечения функционирования CSS в промышленности определяются особенностями, которые присущи промышленным предприятиям и сетям сотрудничества в цифровой среде. Такие инновации будут формировать организационную структуру кооперационного взаимодействия предприятий будущего как многослойной сети, включающей взаимодействие интеллектуальных производственных

систем, интеллектуальных продуктов, интеллектуальной логистики, организационных подразделений и людей. Так как полностью автоматизировать все процессы в кратко- и среднесрочной перспективе невозможно, такая система должна позволять осуществлять мониторинг в реальном времени путем плавного взаимодействия между этими несколькими уровнями [15].

Аналитика больших данных и задача построения ICSS. Использование датчиков и интеллектуальных устройств, интегрированных в киберфизические системы, в сочетании с гиперсвязью организаций, людей и систем генерируют быстро растущие объемы данных. Системы принятия управленческих решений в условиях неопределенности дополняются новыми механизмами. Новые бизнес-сервисы способны использовать большие данные, которые накапливаются при функционировании кооперационных сетей, для повышения эффективности принимаемых управленческих решений.

Один из аспектов сетевого сотрудничества – обмен ресурсами и информацией вдоль цепочки создания стоимости (ценности). Устойчивость, т. е., способность воспринимать отклонения и сбои, требует сотрудничества с высоким уровнем обмена. Функции отслеживания требуют высокого уровня прозрачности в цепочке создания стоимости. Быстрое внедрение новых технологий требует динамичного вовлечения новых игроков в цепочку создания стоимости и, следовательно, гибких структур сотрудничества [16].

Ключевые «экспоненциальные технологии», основанные на искусственном интеллекте, все больше и больше предполагают сотрудничество между машинами (M2M). Такое сотрудничество реализуется в рамках CSS и в плане организационного обеспечения включает обмен, совместимость, переговоры и заключение договоров, доверительное управление и т. д. [17]. Использование понятия «умный продукт» может быть достигнуто только путем эффективного сотрудничества между узлами кооперационной сети, взаимосвязи которых формируют цепочку создания стоимости. Для обеспечения их сотрудничества и используется интеллектуальный продукт.

Кооперационная сеть на основе киберфизической системы требует для обеспечения своего функционирования аналитики больших данных, позволяющей не только автоматизировать бизнес-процессы производства и управления в рамках такой сети, но и обеспечить координацию спроса и предложения, в том числе в глобальном масштабе. Следует ожидать, что это приведет к революционному преобразованию методов экономического анализа, используемых на уровне предприятия и кооперационной сети, в основе которого окажутся методы искусственного интеллекта и машинного обучения. На смену существующим методам на основе моделирования придет компьютерный алгоритм для обработки массива неструктурированных или слабоструктурированных больших данных. Он позволит извлекать непосредственно информацию из данных. Иными словами, он сам будет разрабатывать модель, например, классифицирующую данный массив и фильтрующую информацию для использования в процессе принятия управленческих решений. Большие данные можно анализировать на основе современных экономических моделей, но качественный скачок, необходимый для координации потребительского спроса и производства, может быть достигнут только за счет аналитики больших данных на основе машинного обучения.

Соединение ICSS и аналитики больших данных позволяет реализовать применительно к промышленности *сетевцентрический принцип*. Сетевцентрический принцип (от английского network centric), заимствован из военной науки и означает, что конкурентное преимущество строится на информационном преимуществе, достигаемом через непосредственный обмен информацией между территориально распределенными материальными объектами, прежде всего, машинами и оборудованием, обладающими большими объемами данных.

Совокупность перечисленных новых качеств цифровых предприятий демонстрирует значимость комплексных преобразований – технологических и организационных – в процессах цифровой трансформации промышленности. Вот

почему вопросы организационной поддержки заслуживают особого внимания.

Подход к организационному обеспечению цифровой трансформации кооперационных сетей. Одна из основных особенностей цифровой трансформации промышленных предприятий и сервисных организаций состоит в возникновении сетевого, синергетического эффекта в рамках рыночной организации. Поэтому достижение такого эффекта является целью формирования системы организационного обеспечения процесса цифровой трансформации промышленных кооперационных сетей в ICSS. Основная задача, решаемая для достижения данной цели, состоит в создании организационных условий для поддержания эффективной организационной среды инновационной деятельности, включая формирование внешних и внутренних структурно-функциональных связей предприятий, которые соответствуют стратегии развития и изменениям внешней среды. Реализация функций системы обеспечения организационно-управленческих инноваций посредством управленческих механизмов, контролирующих необходимость и обеспечивающих создание и реализацию организационных инноваций, определяет стоящий перед ней комплекс задач:

- оценка организационного потенциала;
- предоставление стимулов для инновационного развития;
- проектирование организационных изменений;
- снижение уровня сопротивления организационным изменениям;

– расширение организационного знания и обучения;

– повышение результативности взаимодействия с внешними источниками инноваций.

Концептуальная модель системы обеспечения организационно-управленческих инноваций представлена на рис. 2. На входе системы – выявление, идентификация проблемы, требующей решения на организационном уровне; на выходе – результат в форме нового организационного метода в деловой практике предприятия, новой организационной формы, нового метода управления: решение проблемы, выявленной на входе. В случае организационного обеспечения ICSS полученный результат должен отвечать критерию синергии от использования ресурсов предприятий сети.

Сетевое построение принципиальной модели системы организационного обеспечения цифровой трансформации предприятий промышленной кооперационной сети на основе киберфизического управления предполагает наличие ядра управления – Органа координации сотрудничества. Предприятия сети – узлы сети – представляют собой интеллектуальные центры реализации решений. В них осуществляется конкретизация управленческих решений применительно к информационной ситуации. Эти узлы связаны информационными потоками, которые осуществляют обмен опытом решения задач для разных внешних ситуаций. Обмен опытом делается как по запросу, так и в порядке информирования [12].

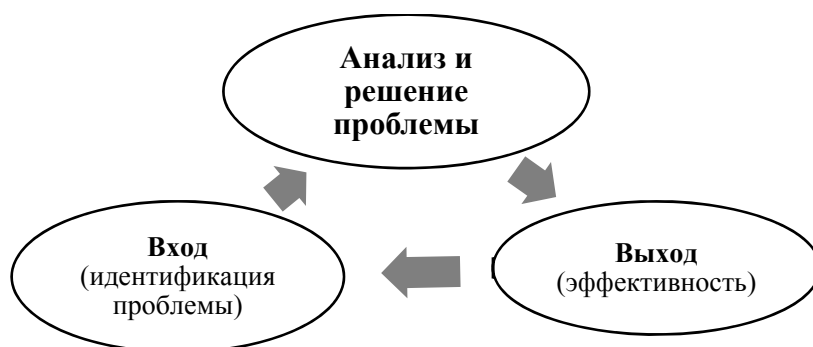


Рис. 2. Концептуальная модель системы обеспечения организационно-управленческих инноваций [Собственная разработка авторов]

Fig. 2. Conceptual model of a system for ensuring organizational and managerial innovation

Стратегические решения принимаются исходя из представлений руководителей о причинно-следственных зависимостях между важнейшими, по их представлениям, факторами. В плане принятия решений об инновациях в промышленных кооперационных сетях общая закономерность состоит в том, что рост отраслевой дистанции между предприятиями до определенного момента повышает вероятность инноваций, обуславливающих технологическое обновление, и снижает вероятность улучшающих нововведений, но далее возникает риск снижения взаимопонимания и уменьшается вероятность любой инновации. Таким образом формируется окно возможностей для инноваций в кооперационной сети, и реализация системы обеспечения организационно-управленческих инноваций должна позволять находить и использовать такое окно.

Гибкость в сетях на основе CSS, подразумевающих использование IoT, требует формирования динамических сетей для адаптации к изменениям. Вертикально-интегрированные промышленные сети в большей степени требуют создание интеллектуальных систем для повышения гибкости связей, в частности, переходу от «структур управления» к «структурам сотрудничества» (например, переход от встроенных CPS к CSS для совместной работы).

Потоки ресурсов в киберсоциальной кооперационной производственной сети. Любая сеть может быть задана узлами и взаимосвязями между ними. Согласно основателю концепции информационного общества Мануэлю Кастельсу кооперационная сеть обеспечивает движение потоков ресурсов, которые должны быть заданы для ее описания как социально-экономического феномена [18]. Иными словами, кооперационная сеть является механизмом для обеспечения таких потоков. Ключевой момент состоит в том, что движение ресурсных потоков в сети может не подразумевать их физическое перемещение в пространстве. Это касается машин и оборудования, вычислительных мощностей (облачные вычисления), человеческого капитала и так далее.

Для уточнения особенностей организационного механизма кооперационной сети в условиях цифровой трансформации нами предложена концептуальная модель, которая связывает характеристики кооперационных сетей с переменными динамики инновационной деятельности. Иллюстрация модели представлена на рис. 3.

С позиций системного анализа формирование ICSS представляет собой процесс возрастания сложности (см. рис. 1). Исходным пунктом данного процесса, его ядром и катализатором являются киберфизические системы отдельных предприятий. Их дальнейшее объединение с использованием IoT создаст основу для всей ICSS (круг в правой части схемы на рис. 3). В процессе формирования ICSS первыми должны возникнуть информационные потоки (движение потоков показано стрелкой). Тем самым начинает формироваться единое информационное поле (показано штриховкой в центре).

С началом информационного обмена между участниками начинается формирование потоков доверия, включая потоки статуса, этот процесс уже был подробно рассмотрен в научной литературе [19]. После этого создана инфраструктура для построения всей сети с обеспечением движения остальных потоков. Левая часть схемы отражает важнейшую составляющую ICSS – заказчиков. Этим сеть, созданная на основе киберфизической системы, отличается от предыдущих вариантов промышленных кооперационных сетей. В информационном плане такую интеграцию обеспечивает аналитика больших данных с интеграцией пользовательских и производственных баз данных, а также использование сенсоров, установленных на производимых продуктах, что позволяет цифровизировать процессы не только производства, но и потребления. Если потоки основного капитала происходят в производственном секторе (правая часть схемы), то важнейшим материальным потоком, циркулирующим в рамках всей сети, является поток оборотного капитала: от сырья и материалов до готовой продукции, ее потребления и утилизации.

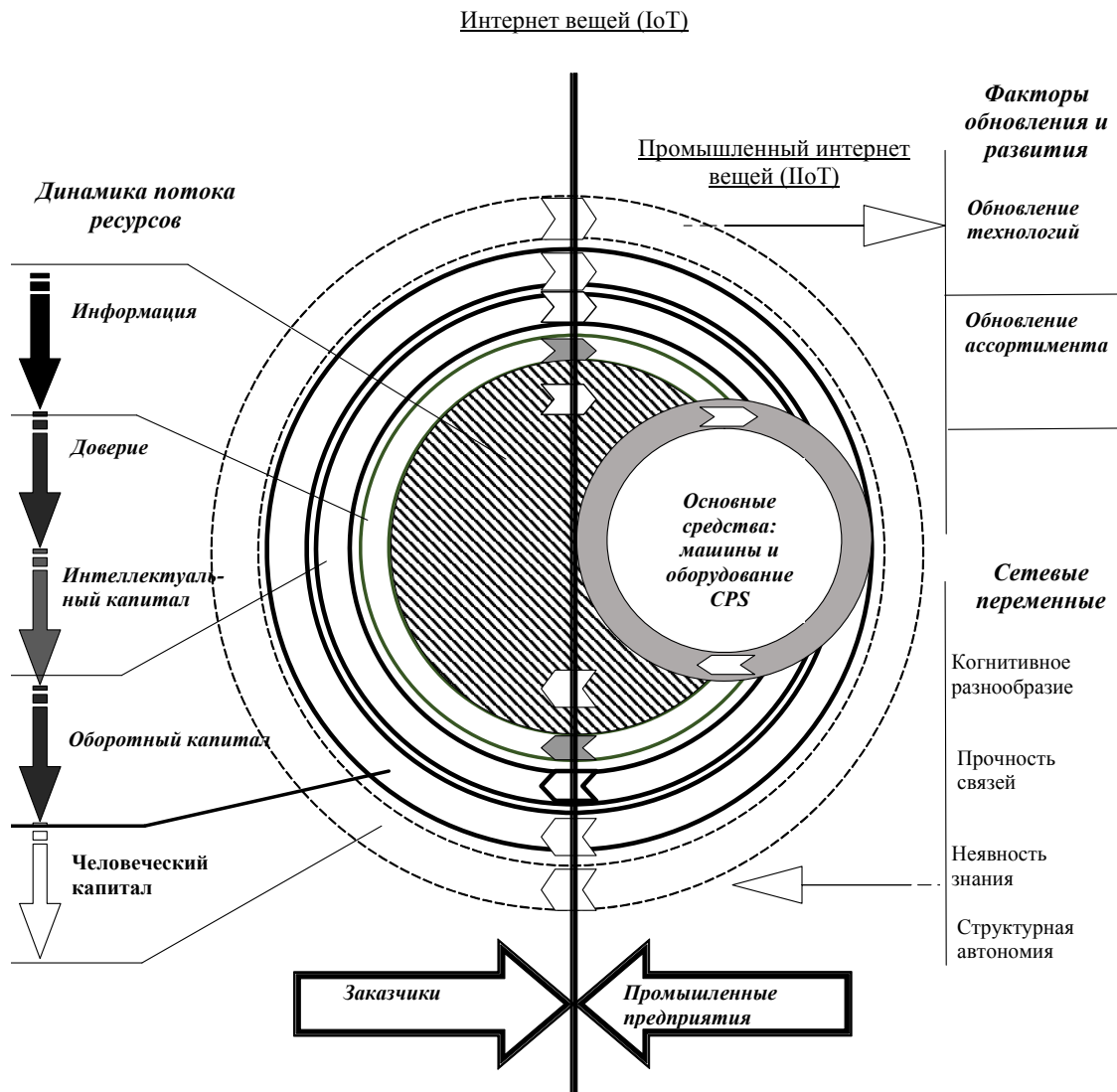


Рис. 3. Поток ресурсов в промышленной кооперационной сети на основе киберсоциальных систем (ICSS)
 Fig. 3. Resource flows in an industrial cooperation network based on cyber-social systems (ICSS)

ICSS как сложные хозяйственные системы, образованные предприятиями, объединенными горизонтальными и вертикальными связями, в соответствии с возрастанием отраслевой дистанции между участниками кооперации могут представлять собой внутрисекторные, межсекторные, межотраслевые сети. В таких сетевых системах можно выделить производственные цепочки (технологические процессы по преобразованию материальных ресурсов) и управленческие цепочки (процессы по преобразованию информационных ресурсов). Вертикальная ко-

операция является естественным процессом, поскольку она идет по цепочке производства-распределения-продажи между поставщиком-производителем-дистрибьютором-клиентом. Эта форма сотрудничества ведет к расширению инновационного потенциала предприятий, передаче знаний между связанными организациями и лучшей адаптации к потребностям и ожиданиям потребителя.

Для описания поведения промышленной CSS в модели представлены структурные, временные, ресурсные, технологические и иные

элементы, конкретизирующие взаимодействие предприятий в инновационной сфере.

Решения по кооперационному сотрудничеству, обоснованные с учетом параметров кооперационной сети, должны обеспечивать синергетические эффекты в рамках временных и ресурсных ограничений: более точный выбор стратегии и вспомогательных средств для принятия управленческих решений.

Широкий спектр используемых в киберсоциальной системе методов (информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др.) достаточно полно соответствует тем задачам, которые формулируются для данного элемента системы обеспечения организационно-управленческих инноваций [12]. Особое значение киберсоциальных систем для процесса цифровой трансформации кооперационных сетей определяет то, что она включает механизм передачи неявного (*tacit*), трудно формализуемого знания, что требует непосредственного взаимодействия людей, возможности для которого открываются на основе ИКТ, выводящих на качественно новый уровень удаленное взаимодействие между предприятиями [20].

Структура организационного обеспечения процессов цифровой трансформации предприятий промышленной CSS включает два процесса:

1) наблюдение за результативностью функционирования предприятий и формирование матрицы организационных решений

2) управление ресурсами и процессами путем сопоставления показателей матриц организационных решений по заданным метрикам.

Определение методов выбора критериев сравнительного анализа обусловлено системообразующим характером интеллектуального капитала в производственных кооперационных сетях и наличием системного взаимодействия материальных и нематериальных внутрифирменных факторов предприятий – участников кооперационной сети. Важным моментом в реализации си-

стемы обеспечения организационно-управленческих инноваций на подготовительном этапе является уточнение индивидуальных представлений менеджеров о целях кооперационного сотрудничества и согласование норм, правил поведения, общих для всех хозяйствующих субъектов – участников сети.

Выводы. Успешное внедрение ICSS имеет решающее значение для инноваций и конкурентных преимуществ. Дальнейшее образование и распространение концепций цифровой экономики – это вопрос не только технологии, но также управления и организации. Внедрение киберсоциальных систем представляет новый этап развития Индустрии 4.0. Как системы повышенной степени сложности такие системы требуют создания действенного организационного обеспечения. Такое обеспечение реализуется через организационно-управленческие инновации по двум важнейшим направлениям: углублению разделения труда, в том числе поддержки конкурентного сотрудничества производителей, и стимулированию комбинирования физического и интеллектуального капитала, в том числе физического и программного компонентов. Ключевой организационный момент состоит в интеграции больших данных, генерируемых в результате цифровизации производственных бизнес-процессов и процессов потребления и утилизации промышленной продукции, а также больших данных о потребительских предпочтениях. Это позволит решить задачу координации спроса и предложения на промышленные товары и услуги.

Направления дальнейших исследований видятся в изучении закономерностей развития кооперационных сетей в условиях расширения области М2М-взаимодействия не только производственных функций, но и функций входной и выходной логистики и разработке методических решений по организации взаимодействия предприятий, людей, систем и машин для обеспечения гибкости и устойчивости ICSS. Кроме того, представляется важным исследование возможностей использования технологий адаптивного управления и

когнитивного моделирования в условиях роста значения искусственного интеллекта и машинного обучения и разработка подходов к применению в управленческой деятельности растущих в экспоненциальной зависимости массивов слабоструктурированных больших данных на этой основе.

Статья подготовлена в рамках исследований по проекту РФФИ № 18-010-00971 «Исследование новых форм межфирменного взаимодействия и организации в реальном секторе в условиях информационно-сетевой экономики».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **К. Шваб, Н. Дэвис**, Технологии четвертой промышленной революции. М.: Эксмо, 2018. 320 с.
- [2] **Андреева Т.А., Астанина Л.А., Андреев В.В.** Инновационные кластеры цифровой экономики: драйверы развития : тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. А.В. Бабкина. 2018. СПб.: СПбПУ, 2018. С. 194–232/
- [3] **Юркевич Е.В., Калугина А.Д., Крюкова Л.Н.** Киберсоциальные системы как инструмент оптимизации стратегического управления на промышленном предприятии // Управление развитием крупномасштабных систем: матер. 11-й Междунар. конф. (MLSD'2018, Москва). М.: ИПУ РАН, 2018. Т. 1. С. 236–238.
- [4] Цифровая экономика: 2019 : краткий стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. М.: НИУ ВШЭ, 2019. 96 с.
- [5] Концепция создания условий для цифровой трансформации промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза и цифровой трансформации промышленности государств — членов Союза : офиц. сайт Евразийской экономической комиссии. Департамент промышленной политики. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom (дата обращения: 05.10.2019).
- [6] **Babkin A., Plotnikov V., Vertakova Yu.** The Analysis of industrial cooperation models in the context of forming digital economy, The Convergence of Digital and Physical Worlds: Technological, Economic and Social Challenges : IV International Scientific Conference, St. Petersburg, 2018. Published: 05.06.2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184400012>
- [7] Национальные проекты: целевые показатели и основные результаты // Бюджет национальных проектов до 2024 г. М., 2019. URL: <http://static.governments.ru/media/files/p7nn2cs0pvhvq98oowat2dzciaietqih.pdf> (дата обращения: 05.10.2019).
- [8] **Карлик А.Е., Платонов В.В., Кречко С.А.** Промышленная кооперация стран-членов ЕАЭС в перспективе цифровой экономики // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. № 8(3). С. 384–395.
- [9] **Бойко И.П., Евневич М.А., Кольшкин А.В.** Экономика предприятия в цифровую эпоху // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18. № 7. С. 1127–1136.
- [10] **Camarinha-Matos L.M., Fornasiero R., Afsharmanesh H.** Collaborative Networks as a Core Enabler of Industry 4.0 // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2017. Vol. 506. P. 3–17. DOI: 10.1007/978-3-319-65151-4_1
- [11] **Скруг В.С.** Трансформация промышленности в цифровой экономике: проблемы и перспективы // Креативная экономика. 2018. Т. 12, № 7. С. 943–952.
- [12] **Хаханов В.И., Обризан В.И., Мищенко А.С., Филиппенко И.В.** Киберфизические системы как технологии киберуправления: аналит. обзор // Радиоэлектроника и информатика. 2014. № 1(64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiberfizicheskie-sistemy-kak-tehnologii-kiberupravleniya-analiticheskii-obzor> (дата обращения: 05.10.2019).
- [13] **Окрепилов В.В., Иванова Г.Н., Чудиновских И.В.** Цифровая экономика: проблемы и перспективы // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2017. № 3–4(56–57). С. 5–28.
- [14] **Möller D.P.F.** Introduction to Cyber-Physical Systems/Guide to Computing Fundamentals in Cyber-Physical Systems // Computer Communications and Networks. Springer, 2016. P. 81–139.
- [15] **Цветков В.Я.** Управление с применением кибер-физических систем // Перспективы науки и образования. 2017. № 3(27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-s-primeneniem-kiber-fizicheskikh-sistem> (дата обращения: 05.10.2019).
- [16] **Vasetskaya N., Glukhov V.** System of interaction between universities, scientific organizations and industrial enterprises under conditions of digital economy in Russia // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 497. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012099
- [17] **Бабкин А.В., Алексеева Н.С.** Тенденции развития цифровой экономики на основе исследования наукометрических баз данных // Экономика и управление. 2019. № 6(164). С. 16–25.

[18] **Castells M.** The Rise of the Network Society. West Sussex: Wiley-Blackwell Ltd, 2009. 656 p.

[19] **Podolny J.M.** A status-based model of market competition // *American Journal of Sociology*. 1993. Vol. 98, no. 4. P. 829–872.

КАРЛИК Александр Евсеевич. E-mail: karlik1@mail.ru

ПЛАТОНОВ Владимир Владимирович. E-mail: vplatonov@inbox.ru

КРЕЧКО Светлана Андреевна. E-mail: kre4kosa@gmail.com

[20] **Карлик А.Е., Платонов В.В., Кречко С.А.** Совместное когнитивное картирование – метод обеспечения междисциплинарных инновационных проектов меганауки // *Экономическая наука современной России*. 2018. № 4(83). С. 65–84.

Статья поступила в редакцию: 12.09.2019

REFERENCES

[1] **K. Shvab, N. Devis,** *Tekhnologii chetvertoy promyshlennoy revolyutsii*. [Technologies of the Fourth Industrial Revolution]. Moscow: Eksmo, 2018.

[2] **T.A. Andreyeva, L.A. Astanina, V.V. Andreyev,** *Innovatsionnyye klasteri tsifrovoy ekonomiki: drayvery razvitiya* [Innovative Clusters of the Digital Economy: Drivers for Development]. Pod red. A.V. Babkin. St. Petersburg, SPbPU, (2018) 194–232.

[3] **Ye.V. Yurkevich, A.D. Kalugina, L.N. Kryukova,** *Kibersotsialnyye sistemy kak instrument optimizatsii strategicheskogo upravleniya na promyshlennom predpriyatii* [Cyber-social systems as a tool for optimizing strategic management in an industrial enterprise], *MLSD'2018*. Moscow: IPU RAN, 1 (2018) 236–238.

[4] **G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevskiy, L.M. Gokhberg, et al.,** *Tsifrovaya ekonomika: 2019 : kratkiy statisticheskiy sbornik* [Digital Economy: 2019: A Brief Statistical Digest]. Moscow, HSE, 2019.

[5] *Kontseptsiya sozdaniya usloviy dlya tsifrovoy transformatsii promyshlennogo sotrudnichestva v ramkakh Yevraziyskogo ekonomicheskogo soyuza i tsifrovoy transformatsii promyshlennosti gosudarstv – chlenov Soyuza* [The concept of creating conditions for the digital transformation of industrial cooperation within the framework of the Eurasian Economic Union and the digital transformation of industry of the Member States of the Union]. Eurasian Economic Commission. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom (accessed October 05, 2019).

[6] **A. Babkin, V. Plotnikov, Yu. Vertakova,** *The Analysis of industrial cooperation models in the context of forming digital economy, CC-TESC2018*. St. Petersburg, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184400012>

[7] *Natsionalnyye proyekty: tselevyye pokazateli i osnovnyye rezultaty* [National projects: targets and key results]. Byudzhnet natsionalnykh projektov do 2024. Moscow, 2019. URL: <http://static.government.ru/media/files/p7nn2cs0pvhvq98ooowat2dzciaietqih.pdf> (accessed October 05, 2019).

[8] **A.Ye. Karlik, V.V. Platonov, S.A. Krechko,** *Promyshlennaya kooperatsiya stran-chlenov YeAES v perspektive tsifrovoy ekonomiki* [Industrial Cooperation of the EAEU Member Countries in the Perspective of the Digital Economy], *MIR*, 8 (3) (2017) 384–395.

[9] **I.P. Boyko, M.A. Yevnevich, A.V. Kolyshkin,** *Ekonomika predpriyatiya v tsifrovuyu epokhu* [Enterprise Economics in the Digital Age], *Rossiyskoye predprinimatelstvo*, 18 (7) (2017) 1127–1136.

[10] **L.M. Camarinha-Matos, R. Fornasiero, H. Afsarmanesh,** *Collaborative Networks as a Core Enabler of Industry 4.0*, *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 506 (2017) 3–17. DOI: 10.1007/978-3-319-65151-4_1

[11] **V.S. Skrug,** *Transformatsiya promyshlennosti v tsifrovoy ekonomike: problemy i perspektivy* [Industrial Transformation in the Digital Economy: Problems and Prospects], *Kreativnaya ekonomika*, 12 (7) (2018) 943–952.

[12] **V.I. Khakhanov, V.I. Obrizan, A.S. Mishchenko, I.V. Filippenko,** *Kiberfizicheskiye sistemy kak tekhnologii kiberupravleniya (analiticheskiy obzor)* [Cyberphysical systems as technologies of cyber control (analytical review)], *Radioelektronika i informatika*, 1 (64) (2014). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiberfizicheskiye-sistemy-kak-tehnologii-kiberupravleniya-analiticheskiy-obzor> (accessed October 05, 2019).

[13] **V.V. Okrepilov, G.N. Ivanova, I.V. Chudinovskikh,** *Tsifrovaya ekonomika: problemy i perspektivy* [Digital economy: problems and prospects], *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya*, 3–4 (56–57) (2017) 5–28.

[14] **D.P.F. Möller,** *Introduction to Cyber-Physical Systems/Guide to Computing Fundamentals in Cyber-Physical Systems, Computer Communications and Networks*, Springer (2016) 81–139.

[15] **V.Ya. Tsvetkov,** *Upravleniye s primeneniym kiber-fizicheskikh sistem* [Management using cyber-physical systems]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, 27 (3) (2017). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie>

s-primeneniyem-kiber-fizicheskikh-sistem (accessed October 05, 2019).

[16] **N. Vasetskaya, V. Glukhov**, System of interaction between universities, scientific organizations and industrial enterprises under conditions of digital economy in Russia, IOP Conf. Series: materials Science and Engineering, 497 (2019). DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012099

[17] **A.V. Babkin, N.S. Alekseyeva**, Tendentsii razvitiya tsifrovoy ekonomiki na osnove issledovaniya nauko-metricheskikh baz dannykh [Digital economy development trends based on scientometric database research], *Ekonomika i upravleniye*, 164 (6) (2019) 16–25.

KARLIK Alexander E. E-mail: karlik1@mail.ru

PLATONOV Vladimir V. E-mail: vplatonov@inbox.ru

KRECHKO Svetlana A. E-mail: kre4kosa@gmail.com

[18] **M. Castells**, *The Rise of the Network Society*. West Sussex: Wiley-Blackwell Ltd, 2009.

[19] **J.M. Podolny**, A status-based model of market competition, *American Journal of Sociology*, 98 (4) (1993) 829–872.

[20] **A.Ye. Karlik, V.V. Platonov, S.A. Krechko**, Sovmestnoye kognitivnoye kartirovaniye – metod obespecheniya mezhdistsiplinarnykh innovatsionnykh proyektov meganauki [Collaborative cognitive mapping – a method for providing interdisciplinary innovative mega-science projects], *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii*, 83 (4) (2018) 65–84.