

Стратегия цифровой экономики
Digital economy strategy

DOI: 10.24412/2070-1381-2023-96-177-192

Инновационная цифровая образовательная экосистема как база перехода
к Индустрии 4.0

Исаева Айгуль Эрнстовна

Аспирант, факультет государственного управления, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, РФ.

E-mail: isaeva115@mail.ru

SPIN-код РИНЦ: [2275-8207](https://elibrary.ru/2275-8207)

Аннотация

В статье рассматривается инновационная цифровая образовательная экосистема как база для формирования основополагающих условий, повышающих конкурентоспособность университетов, организаций и территорий. Социуму предстоит пройти через кардинальные трансформации образовательной парадигмы, в результате чего университеты возьмут на себя решающую роль во внедрении инноваций и коммерциализации научно-технических разработок. В статье также показана роль трансформационных процессов в Индустрии 4.0, которые для своего успешного функционирования требуют реформирования образовательных экосистем в высших учебных заведениях. Экосистемный подход к образованию в перспективе должен стать более эффективным и действенным по сравнению с традиционными иерархическими моделями, которые преимущественно существуют в настоящее время. В статье определены элементы инновационной цифровой образовательной экосистемы и механизмы взаимодействия ее участников между собой. Автором предлагается концептуальная модель экосистемы цифрового образования, которая основывается на базе учебно-производственных кластеров, как универсальной модели взаимодействия сложных нелинейных систем. В качестве основы подобной экосистемы выступает инновационная платформа, которая обеспечивает регулирование множества горизонтальных коммуникаций в виде исследовательских центров, инновационных лабораторий, а также школ стартапов. Исследование проводилось с применением таких методов, как системный подход, компетентностный подход и теория инновационного развития, концепция открытых инноваций, кластерная концепция, концепция национальных инновационных систем, концепции тройной и четверной спирали. В результате исследования сделаны выводы относительно использования инновационной цифровой образовательной экосистемы как универсальной модели для развития цифрового образования.

Ключевые слова

Образовательная экосистема, Индустрия 4.0, университет, инновации, цифровизация образования, инновационная платформа.

Innovative Digital Educational Ecosystem as a Basis for Transition to Industry 4.0

Aigul E. Isaeva

Postgraduate student, School of Public Administration, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.

E-mail: isaeva115@mail.ru

Abstract

The article considers an innovative digital educational ecosystem as a basis for creating conditions that increase the competitiveness of universities, organizations and territories. The society will have to go through a radical transformation of the educational paradigm, as a result of which universities will take on a decisive role in introducing innovations and commercializing scientific and technical developments. The role of transformational processes in Industry 4.0 is shown, requiring the reform of educational ecosystems in universities. The ecosystem approach to education must become more efficient and effective than traditional hierarchical models. The elements of an innovative digital educational ecosystem and the mechanisms of interaction between its participants are determined. The author proposes a conceptual model of the digital education ecosystem based on educational and production clusters as a universal model for the interaction of complex nonlinear systems. The basis of the ecosystem is an innovative platform that regulates many horizontal communications in the form of research centers, innovation laboratories, startup schools. The methods used are a systematic approach, a competence-based approach and the theory of innovative development, the concept of innovative implementation, a cluster concept, the concept of using search engines, the detection of the Triple and Quadruple Helix. As a result of the study, the relative use of the innovative digital educational ecosystem as a universal model for the development of universal education is shown.

Keywords

Educational ecosystem, Industry 4.0, university, innovations, digitalization of education, innovation platform.

Введение

Инновации, гибкость и способность адаптироваться к изменениям являются ключевыми факторами роста и создания стоимости в условиях Четвертой промышленной революции. Суть этих изменений заключается в том, что сегодняшний материальный мир сливается с виртуальным, создавая новые киберфизические комплексы, объединенные в единую цифровую экосистему.

Поскольку навыки, требуемые на рынке труда, быстро меняются, обучение на протяжении всей жизни должно стать одной из основных потребностей для Индустрии 4.0. В настоящее время высшие учебные заведения развитых стран стали важнейшей инфраструктурой для инновационного развития государств, приобрели стратегическое значение в формировании интеллектуального капитала.

Образование и развитие человеческого капитала необходимы для быстрого и устойчивого роста в России, однако доля человеческого капитала в национальном богатстве остается небольшой. Роль человеческого капитала России как движущей силы экономического роста по-прежнему относительно слаба и оказывает незначительное влияние на экономический рост из-за низкого уровня цифровой конкурентоспособности.

Ускорение развития технологий и информационный взрыв вызвали острую необходимость переосмысления традиционной системы образования. Требования Индустрии 4.0 делают необходимым обогащение академических программ междисциплинарными конструкциями, которые научат студентов синтезировать информацию и критически мыслить. Концепция общества 5.0 (Super Smart Society)¹, целью которой является модернизация общества и экономики за счет человеческого капитала, призвана адаптировать людей к жизни в мире цифровых технологий и больших данных.

Таким образом, актуальность адаптации образования к требованиям Индустрии 4.0 очевидна. Поэтому целью статьи является обоснование концепции образовательной парадигмы, основанной на принципах инновационной цифровой образовательной экосистемы в условиях глобализации мировой экономики.

Инновационная образовательная среда

Многие зарубежные и отечественные ученые посвятили свои исследования обоснованию концепции инновационной образовательной среды и формированию такой среды в высших учебных заведениях; они рассматривали образовательную среду как образовательную экосистему [Соловьева, Третьяков 2018; Moor 1993; Moor 2006; Quan, Wang 2017; Kleiner 2018].

Современные исследования синергии образования 4.0 и Индустрии 4.0 обсуждаются в работе [Singh 2021]. Автор отмечает, что системы образования, которые не могут расти теми же темпами, что и промышленность, ограничивают доступ к навыкам, необходимым для развития процветающей экономики, и негативно влияют на глобальную производительность.

STEM-технологии (science, technology, engineering and mathematic — наука, технология, инженерия и математика) — это один из способов решения проблем, возникающих в Индустрии 4.0. Американская стратегия STEM-образования² определяет основные направления

¹ Концепция развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года // Правительство России [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/129505/> (дата обращения: 10.09.2022).

² Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education. A report by the Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council // Energy.gov [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/05/f62/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf> (дата обращения: 03.09.2022).

внедрения и использования STEM-технологий как научно-технического потенциала, определяющего экономическое развитие страны. STEM-образование и информационные технологии являются инструментами адаптации к цифровой трансформации мировой экономики. Влияние STEM-образования на формирование квалифицированных специалистов с навыками XXI века, требуемыми Индустрией 4.0, рассматривается в работе [Idin 2018].

В то же время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по формированию инновационной образовательной среды как условия подготовки квалифицированных кадров для цифровой трансформации экономики и общества. Модель цифровой образовательной экосистемы не определена, бизнес-модель современного университета как центра инноваций и предпринимательства не построена.

Концептуальные основы цифровой образовательной экосистемы

Современные тенденции развития экономики и общества: глобализация, урбанизация, цифровизация, усиление международной конкуренции, социальные и экологические проблемы — обусловили необходимость поиска ответов на эти вызовы. За последнее десятилетие различные страны разрабатывали национальные стратегии инновационного развития, ориентируясь на внедрение передовых цифровых технологий: в Германии это стратегия Индустрии 4.0, в США — Промышленный Интернет, в Сингапуре — «Умная нация», в Китае — «Сделано в Китае», в Японии — «Общество 5.0» [Kleiner 2018].

Развитие цифровых технологий меняет современный мир и отношения в нем. Торговля, обмен информацией и обычные человеческие контакты все больше становятся цифровыми, стирая границы между нациями и реализуя идею цифрового общества и глобальной цифровой экономики [Society 5.0: A People-Centric Super-Smart Society 2020].

Цифровые тенденции, определяющие цифровую трансформацию экономики и общества и основанные на информационно-коммуникационных технологиях, заключаются в следующем³:

- развитию Интернета вещей;
- применении технологий искусственного интеллекта и машинного обучения;
- аналитике больших данных, которая становится основным источником конкурентоспособности;
- цифровых преобразованиях как отдельных предприятий, так и целых секторов;
- экономике совместного использования;
- виртуализации ИТ-систем;
- распределенной технологии блокчейна;
- услуге визуального и голосового поиска;
- облачных вычислениях, грид-вычислениях и квантовых вычислениях;
- технологиях автономных роботизированных систем и технологиях автоматизации роботизированных процессов;
- технологиях человеко-машинного интерфейса.

Рассмотрим более подробно влияние основных цифровых тенденций на развитие Общества 5.0, человеческого капитала и формирование компетенций, необходимых для Индустрии 4.0 (Таблица 1).

³ Top Tech Trends for 2021. Predictions based on our Experience in Industry 4.0 // BIND 40 [Электронный ресурс]. URL: <https://bind40.com/2020/12/15/industry40-technology-trends/> (дата обращения: 04.09.2022).

Таблица 1. Требования к образованию Индустрии 4.0⁴

Цифровая тенденция	Реализация направления в Индустрии 4.0	Необходимые компетенции выпускников университетов
Интернет вещей	Умное оборудование, умные автомобили и офисы, умные дома, умные города.	Умение применять полученные теоретические знания и практические навыки в моделировании, проектировании, разработке и обслуживании систем автоматизации, управлении ими и интеграции их в информационно-технологические системы с использованием современных микропроцессорных технологий, прикладного программного обеспечения и коммуникационных технологий.
Технологии искусственного интеллекта	Современные функциональные возможности искусственного интеллекта и инструментов машинного обучения используются для распознавания речи, жестов и изображений, контент- и финансового анализа, в медицинской и технической диагностики.	Умение извлекать данные, машинное обучение, компьютерное зрение, распознавание образов и обработка естественного языка.
Роботизированные технологии для автоматизации технологических процессов	Применение робототехники в производстве, торговле, транспорте, здравоохранении, спасательных работах, образовании, сельском хозяйстве, военном деле в виде коботов (коллаборативных роботов, которые могут работать с людьми), дронов, мобильных и медицинских роботов.	Способность решать задачи автоматизации производства, создания новых систем автоматизации на основе интеллектуальных роботизированных систем, использования систем управления и устройств на микропроцессорах и микрокомпьютерах, автоматизированных технологических систем, компьютеризированных административных, социальных систем и компьютерных сетей.
Большие данные	Структурированные или неструктурированные наборы данных большого объема характеризуются объемом, скоростью, разнообразием, достоверностью, изменчивостью и ценностью. Они используются для статистики, анализа, прогнозирования и принятия решений.	Возможность хранить, обрабатывать и предоставлять доступ к большим данным, анализировать большие данные; искать возможные закономерности в базах данных; прогнозировать тенденции на основе полученных данных.

Развитие Интернета вещей может повлиять на глобальные цели устойчивого развития. Сегодня Интернет вещей — это коммуникационная сеть интеллектуальных объектов (вещей), оснащенных соответствующими технологиями для взаимодействия друг с другом и с окружающей средой, предназначенная для сбора и обработки информации, обмена знаниями и выполнения различных действий в зависимости от установленных сценариев.

Вклад искусственного интеллекта в мировую экономику перспективно оценивается в размере 15,7 млрд долларов США к 2030 году⁵. Правительство России утвердило концепцию развития искусственного интеллекта до 2024 года⁶. Основными направлениями концепции являются:

- совершенствование среднего, высшего образования и повышение квалификации для подготовки квалифицированных специалистов в области искусственного интеллекта;
- стимулирование исследований в этой области, в том числе за счет грантов;

⁴ Составлено автором по [Шевякова и др. 2020].

⁵ Science & Technology Organization: Science & Technology Trends 2020–2040 // NATO [Электронный ресурс]. URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST_Tech_Trends_Report_2020-2040.pdf (дата обращения: 08.09.2022).

⁶ Распоряжение Правительства РФ от 19.08.2020 N 2129-р «Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года» // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_360681/_7f2affb15ff9b9d6f75a9aa566d1b0646b3d2e94/ (дата обращения: 08.09.2022).

- повышение уровня кибербезопасности и совершенствование законодательства в этой области;
- использование технологий искусственного интеллекта в области обороны, государственного управления и т.д.

По прогнозам исследовательской компании ABI Research, рынок роботов к 2030 году достигнет 277 млрд долларов⁷. Сервисная робототехника переживает бум: заводы внедряют инновационные технологии, а машины с искусственным интеллектом помогают промышленникам экономить от 15% до 90% эксплуатационных расходов. Несмотря на интеллектуальный потенциал, исследовательскую базу и обширную систему роботизированного образования для детей и подростков, в российской промышленности наблюдается низкий уровень роботизации. Индустрия 4.0 требует образования для подготовки специалистов с высоким уровнем компьютерной, электротехнической и системно-технической подготовки.

Экосистемный подход к цифровой трансформации экономики

Экосистемы можно определить как динамично развивающиеся сообщества, состоящие из акторов разных секторов, которые совместно развивают компетенции в области инноваций, с которыми они работают в логике сотрудничества и конкуренции. Концепция экосистем позволяет нам рассматривать взаимосвязи между составляющими компонентами. Бизнес-экосистема — это сеть различных организаций, участвующих в предоставлении определенного продукта. Каждый член экосистемы влияет на других и подвергается их влиянию, постоянно создавая развивающиеся отношения или услуги посредством конкуренции и сотрудничества. Образование как социальная система представляет собой органичную, сложную и целостную систему. Все факторы (учебное заведение, научно-педагогический коллектив, учащиеся) органически связаны, демонстрируя последовательность и противоречия, динамическое равновесие и дисбаланс. Социально-экономическая экосистема представляет собой локализованный комплекс организаций, бизнес-процессов, инновационных проектов и инфраструктурных образований, способных к долгосрочному независимому функционированию за счет циркуляции ресурсов [Adner 2017].

По нашему мнению, состав и функции элементов национальной экосистемы промышленных инноваций выглядят следующим образом:

- область управления инновационным циклом включает различные кластеры и ассоциации, агентства по развитию, инновациям и инвестициям;
- область инноваторов включает организации, которые обычно генерируют инновации: университеты, лаборатории, конструкторские бюро крупных компаний, научно-исследовательские институты или стартапы;
- в зону инкубации входят организации, создающие возможности для инкубации и акселерации инноваторов: инкубаторы и акселераторы, неформальные частные инвесторы (бизнес-ангелы), различные фонды, донорские организации и т.д.;
- область опыта и тестирования является идеальной для быстрой апробации и вывода инноваций на рынок. В него входят организации, которые способствуют быстрому тестированию, апробации и сертификации новых инновационных продуктов и решений.

⁷ Robotics Industry Set for Seismic Change as Growth Shifts from Fixed Automation to Mobile Systems in Enterprise // ABIresearch [Электронный ресурс]. URL: <https://www.abiresearch.com/press/robotics-industry-set-seismic-change-growth-shifts-fixed-automation-mobile-systems-enterprise/> (дата обращения: 11.09.2022).

По состоянию на сегодняшний день только ИТ-индустрия России соответствует требованиям стратегии Индустрии 4.0. В России в ИТ-индустрии функционирует около ста тысяч организаций, при этом доля ИТ-услуг составляет чуть более двух процентов от общемирового объема. Существующие экосистемы, в которых задействованы лучшие молодые таланты страны, в подавляющем большинстве работают не на отечественных клиентов, а на мировые рынки.

Для реализации концепции цифровой экономики и общества, концепции развития искусственного интеллекта в России, стратегии устойчивого развития требуются квалифицированные кадры, которые будут отвечать потребностям рынка и постоянно адаптироваться к быстро меняющимся мировым технологиям.

Концепция кластерной модели образования

Значительное отставание России в развитии образования, прикладной науки и коммерциализации научных результатов указывает на необходимость создания производственных, образовательных и научных центров, направленных на интеграцию образования, науки и высокотехнологичного бизнеса, в частности ИТ-индустрии. Необходима разработка новых механизмов взаимодействия образования и сферы производства, поскольку ситуация на рынке образовательных услуг не соответствует положению на рынке труда. Образовательно-производственный кластер может быть организационной формой взаимодействия образовательных и производственных учреждений.

Кластеры представляют собой сложные динамичные системы сетевого типа, в которых юридически независимые партнеры развивают интерактивные отношения сотрудничества. Мы предлагаем рассматривать образовательно-производственный кластер как сеть заинтересованных социальных партнеров для разработки и тестирования инноваций, связанных с непрерывным политехническим, технологическим образованием, для подготовки будущих профессиональных кадров для стратегически значимых и наукоемких отраслей промышленности.

Основными целями такого сетевого партнерства являются:

- минимизация затрат на разработку образовательного продукта;
- максимальное повышение качества образовательного продукта;
- привлечение высококвалифицированных кадров для участия в образовательном процессе;
- проектно-ориентированное обучение по технологическому процессу компаний, участвующих в кластере, для быстрой адаптации выпускников университетов к производственному процессу предприятий.

Кластер реализует универсальную модель сотрудничества, известную как модель тройной спирали, являющуюся открытым сообществом автономных, географически близких и функционально различных партнеров [Etzkowitz, Leydesdorff 1995]. Сотрудничество понимается как механизм взаимодействия, когда участники сотрудничества постоянно обмениваются знаниями, взаимно используют свои активы и координируют свои решения. Принцип сотрудничества графически представляется в виде тройной спирали. Благодаря непрерывному взаимодействию государства, науки (университетов) и бизнеса в кластерной системе накапливаются новые знания, которые распространяются в ходе коммуникаций между всеми экономическими агентами,

придают системе целостность и динамическую устойчивость. Чем лучше развита партнерская среда сети, чем больше в ней формируется локальных тройных спиралей, тем выше инновационный потенциал национальной экономики и тем шире ее возможности для устойчивого саморазвития.

Функциональное переплетение науки, бизнеса и правительства в модели тройной спирали порождает два эффекта: снижение неопределенности при принятии решений за счет повышения адаптивности участников сети к постоянным изменениям в окружающей среде и постоянное создание новых объектов и знаний. Таким образом, в сетевых структурах возникает уникальная синергия конкурентных преимуществ, на которую указывает кластерная концепция М. Портера [Porter 2008].

Поскольку текущие глобальные вызовы растут ускоренными темпами, ситуация требует новых участников инновационного процесса. В отличие от сотрудничества по тройной спирали, сотрудничество по четверной спирали опирается на четвертую спираль — гражданское общество. Это сотрудничество могло бы обеспечить более быстрый обмен знаниями и позволить быстрее найти лучшее и более устойчивое решение. Важнейшим системообразующим элементом является ресурс знаний, который преобразуется в инновации и ноу-хау и внедряется в общество и экономику. Таким образом, модель четверной спирали визуализирует коллективное взаимодействие и обмен знаниями в рамках образования, экономики, политики и гражданского общества [Carayannis, Grigoroudis 2016].

В настоящее время в России преобладают парные форматы общения, где государство присутствует в качестве постоянного участника. Бизнес и наука строят свои отношения не напрямую, а опосредованно через ведомства и чиновников. В результате блокируется развитие инновационного процесса и диверсификация экономики.

Экосистемы в образовании

Явление образовательной экосистемы пока только занимает свое место в современной педагогической науке и практике. Понятие «экосистема» впервые было использовано британским экологом А. Тенсли в 1935 году, однако до сих пор не сформировалось его общее определение. Сегодня в естественных науках под экосистемой понимают биологическую систему, включающую сообщества живых организмов (биоценоз), среду их обитания (биотоп) и процессы обмена веществами и энергией между ними. Рассмотрим аналогию с образовательной экосистемой в системе образования, в которой все субъекты интегрированы: ученики, родители, педагоги и администраторы (биоценоз) — и взаимодействуют между собой и с компонентами экосистемы (биотоп). Концепция образовательной экосистемы пришла в российское образование из США в самом начале XXI века и получила широкое распространение в педагогической среде. Тем не менее сам экосистемный подход в области образования сегодня окончательно не сформирован, терминология в этой сфере только начинает утверждаться.

Концепция образовательной экосистемы предполагает транзит от модели аккумуляции знаний к модели постоянного обновления и использования знаний. Осуществляется сдвиг парадигмы образования в направлении осознания необходимости обучения в течение всей жизни.

Образовательная экосистема создает связи между формальным и неформальным образованием, действующими поставщиками образования и его новыми субъектами, между «провайдерами услуг» (главным образом педагогами) и «пользователями услуг» (в основном учащимися).

Образовательные экосистемы обеспечивают переход к совершенно новой модели обучения, которая заменяет индустриальный механистический подход. Главенствующая ныне парадигма образования была построена около двухсот лет назад в интересах национальных государств и усиливающегося сектора массового промышленного производства. В рамках старой парадигмы социум сохранял приверженность стандартам и сдерживал креативность, воспитывал лояльных граждан и послушных работников. Однако мир шагнул в цифровую эпоху и столкнулся с новыми задачами и вызовами, которые явились драйверами трансформаций системы образования. Перечислим такие вызовы.

Автоматизация рынка труда. На первый план все чаще выступают профессиональные качества, недоступные машинам: креативность, эмоциональный интеллект, умение сотрудничать. Перспективные профессиональные области будущего также ассоциируют с человекоориентированными услугами и навыками. Однако классические образовательные программы этому не обучают. Они направлены на выработку так называемых «жестких навыков» (hard skills), то есть прикладных узкопрофессиональных знаний и умений.

Быстрота обновления информации. «Жесткие навыки», формируемые традиционными образовательными программами, быстро устаревают. Следовательно, необходимо формировать прежде всего метанавыки, которые позволят людям при необходимости быстро осваивать требуемые прикладные узкопрофессиональные навыки. Для этого сфера образования должна быть очень тесно взаимосвязана с той отраслью, где выпускники будут работать. Классическая же система образования базируется на стандартах, которые формируют устаревшие прикладные навыки, поскольку их изменение — это медленная бюрократическая процедура. И, если образование не находится в тесном контакте с отраслью, она не в состоянии своевременно реагировать на инновации.

Демографические изменения и уход старых профессий. Концепция обучения в течение всей жизни привела к тому, что сегодня вместе могут обучаться люди разных поколений. Очевидно, что и одинаковые подходы к обучению неприменимы к учащимся разного возраста и с разным опытом. В данной ситуации требуются гибкие персонифицированные подходы.

Цифровизация образования. Классические учебная среда и учебные процессы теряют актуальность. Педагог больше не является главным источником информации, любая информация стала легко доступной. Следовательно, роль преподавателей должна трансформироваться.

Глобальные проблемы. Их решение требует коллективных усилий, а для этого необходим развитый навык сотрудничества. Однако традиционная система образования делает акцент на личные достижения, что фактически формирует конкуренцию, а не сотрудничество.

Инновационная образовательная экосистема как база Образования 4.0

Современные темпы информатизации, повсеместная цифровизация системы образования и трансформация ее парадигмы приводят к изменениям в подходах к обучению. Стремительные тенденции в образовании и активное развитие новых информационно-коммуникационных технологий актуализируют комплексные подходы к обучению. Четвертая промышленная революция, которая внедряет искусственный интеллект и киберфизические системы в человеческую жизнь, требует трансформации системы образования сегодня. При выходе на рынок труда большинство учащихся средних школ будут выполнять работу, которой сегодня еще не существует. В таких условиях жизненно важными становятся навыки, которые будут востребованы Индустрией 4.0. Форум «Образование 4.0», инициированный Платформой Всемирного экономического форума 2019 года, предложил системные изменения в разработке и внедрении перспективных моделей

качественного образования. Отчет Всемирного экономического форума 2019 года выявил восемь ключевых выводов о формировании моделей образования 4.0: «навыки глобального гражданства, навыки инноваций и творчества; технологические навыки; навыки межличностного общения; индивидуальное и самостоятельное обучение; доступное и инклюзивное обучение; проблемное и совместное обучение; обучение на протяжении всей жизни и обучение, ориентированное на учащихся»⁸.

Реализация этих важнейших характеристик Образования 4.0 должна предоставить учащимся следующие возможности: учиться в разное время в разных местах; использовать инструменты, адаптируемые к возможностям учащегося; использовать различные формы обучения; участвовать в реальных и лично значимых проектах; применять инструменты, которые позволят оценивать возможности студентов на каждом этапе; определять содержание и продолжительность учебных курсов; выбирать наставника; развивать межличностное и критическое мышление, а также творческий подход к работе.

Будущее экономического роста во многом зависит от квалифицированных инженерных кадров, подготовка которых должна начинаться на уровне средней школы. Затем это должно быть продолжено в колледжах и университетах путем поддержки и активного внедрения STEM-образования. STEM-образование можно считать универсальной моделью качественной подготовки школьников и студентов к профессиональной деятельности в Индустрии 4.0. STEM-образование реализует следующие задачи⁹:

- развитие интереса к науке и технике;
- применение полученных знаний в реальной жизни;
- развитие критического мышления;
- расширение междисциплинарных связей посредством интегрированного обучения;
- укрепление уверенности в себе;
- развитие навыков командной работы;
- внедрение инноваций.

Суть STEM-обучения заключается в комплексном изучении научных, технологических, инженерных и математических дисциплин. Современные информационно-коммуникационные технологии стимулируют учебную, исследовательскую, интеллектуальную и творческую деятельность студентов, развивая их познавательный интерес и формируя предметные компетенции, создавая при этом соответствующие условия для развития специализированной подготовки. Если в STEM-образование включены инновационные, художественные дисциплины, в частности промышленный дизайн, архитектура и промышленная эстетика, это приводит к образованию STEAM.

Мы предлагаем экосистемный подход к образованию, учитывающий требования Индустрии 4.0, принципы Образования 4.0, подхода STEM /STEAM к обучению и стратегии Общества 5.0. Реализация этого подхода может продемонстрировать большую эффективность по сравнению с традиционными иерархическими моделями. Мы определяем следующие

⁸ Schools of the Future. Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution // World Economic Forum [Электронный ресурс]. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Schools_of_the_Future_Report_2019.pdf (дата обращения: 13.09.2022).

⁹ Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education. A report by the Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council // Energy.gov [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/05/f62/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf> (дата обращения: 03.09.2022).

количественные целевые показатели для цифровой трансформации системы образования в инновационную образовательную экосистему:

- обеспечение финансовой стабильности и диверсификации источников финансирования университета за счет улучшения ресурсного обеспечения и диверсификации структуры доходов;
- рост доходов университета в результате развития экономической независимости, инвестиционной привлекательности и ответственности университета;
- повышение качества приема в высшее учебное заведение и увеличение численности университетского контингента в результате реформирования содержания и управления образовательными процессами и генерирования инновационных образовательных идей и решений в контексте глобального сотрудничества;
- увеличение научного и образовательного вклада в отраслевую и региональную экономику за счет эффективности и результативности исследовательской деятельности в важнейших областях;
- улучшение показателей инновационной активности за счет трансфера технологий и взаимодействия с Индустрией 4.0;
- повышение PR-активности и присутствия в международном информационном пространстве за счет увеличения индекса Хирша, количества статей, индексируемых в Scopus и Web of Science, доходов от исследований;
- разработка адаптивных, практико-ориентированных и гибких образовательных программ и установление связей с ведущими отечественными и зарубежными организациями;
- повышение качества исследований и человеческих ресурсов;
- повышение качества функций обслуживания студентов и сотрудников университета до мировых стандартов за счет цифровизации всех внутренних процессов и повышения эффективности системы управления;
- вовлечение общественных ассоциаций и бизнес-ассоциаций и представителей работодателей в управление развитием университета;
- создание благоустроенного кампуса в соответствии с международными стандартами;
- повышение уровня внутренней операционной эффективности.

Новые форматы обучения в инновационной образовательной экосистеме используют цифровые технологии, основанные на методах искусственного интеллекта. Мы предлагаем адаптировать учебную программу к способностям и возможностям учащихся, используя соответствующие средства информационно-коммуникационных технологий. Например, интерактивные интеллектуальные учебники будут оснащены встроенным искусственным интеллектом. Предлагаются деловые игры и бизнес-кейсы, которые можно использовать для оценки компетенций студентов в режиме реального времени и формирования рекомендаций относительно направлений их развития. Учащиеся должны использовать интеллектуальные технологии, основанные на ИКТ и базах знаний, чтобы повысить свою мотивацию к обучению и творческой работе. Они будут использовать интеллектуальные рекомендательные системы, основанные на знаниях и онтологиях, для построения индивидуальных образовательных траекторий. Новые образовательные инструменты, информационные ресурсы и ИКТ должны дать учащимся возможность развивать весь спектр компетенций, навыков и знаний и раскрыть творческий потенциал учащихся.

Мы основываем инновационную образовательную экосистему на модели четверной спирали, которая объединяет производство знаний в форме интеллектуального капитала, создавая экономический, политический, правовой, социальный и информационный капитал. Инновации — это продукт такой системы. Согласно модели четверной спирали, предлагаемая инновационная

образовательная экосистема состоит из следующих субъектов взаимодействия: промышленности, государства, образования и науки, общества. Мы представляем структуру концептуальной модели цифровой инновационной образовательной экосистемы в виде таких компонентов (Таблица 2).

Таблица 2. Концептуальная модель инновационной цифровой образовательной экосистемы¹⁰

Регулирующий и ресурсный фреймворк				
Государство	Среднее образование	Технопарки	Онлайн-курсы	Бизнес
Федеральные органы власти	Детские сады	Университеты	Корпоративное обучение	Компании
Региональные органы власти	Кванториумы	Научные академии	Инклюзивное обучение	Бизнес-ангелы
Местные органы власти	Родительские комитеты	Центры компетенций	Центры сертификации	Инкубаторы и акселераторы
				Фонды
				Банки
Общество				
Массмедиа		Культуры		Общественные организации
Профильные ассоциации		Политические организации		Гражданское общество

Являясь заказчиками образования, бизнес-компании формируют требования к качеству и количеству специалистов. Компании участвуют в трудоустройстве выпускников, как партнеры образования они определяют структуру и содержание образовательных программ. Компании в качестве инвесторов используют различные формы общественной и гражданской активности в организации образования и управлении им, внедряют механизм внешнего контроля качества образования.

Государство выступает заказчиком образования по потребностям страны и реализует государственную политику в сфере образования; создает правовые, финансовые, материальные и другие условия для функционирования образования, в основном обеспечивая бюджетное финансирование государственного заказа на образование; реализует свою миссию через министерства, в том числе образования и науки, финансов, культуры, цифрового развития и т.д.

Образовательные учреждения различного уровня, включая дошкольные учреждения, школы, колледжи, институты, университеты, представляют образование. Основная миссия — разностороннее развитие личности ребенка на основе выявления его талантов и способностей, формирование у школьников и студентов желания и способности учиться на протяжении всей жизни, развитие навыков практического и творческого применения полученных знаний.

Национальная академия наук, отраслевые академии и научно-исследовательские центры представляют научную область. Основной миссией является получение новых и углубление существующих фундаментальных и прикладных знаний в области естественных, технических, социальных и гуманитарных наук, осуществление научной поддержки государственной политики во всех сферах общественной жизни.

Профильные ассоциации, средства массовой информации, культурные, политические организации, общественные организации и т.д. представляют общество. Основная миссия — способствовать развитию и углублению сотрудничества между образованием и промышленностью, сотрудничеству с государственными и общественными структурами по развитию образования и науки.

¹⁰ Составлено автором по [Яковлева, Каменских 2021].

Модель Университета 4.0 разрабатывается в рамках кластерной модели, основанной на модели четверной спирали. Мы полагаем, что критическими элементами Университета 4.0 должны быть Индустрия 4.0, Технология 4.0, Образование 4.0, Учебная программа 4.0, Студент 4.0 и Общество 5.0

Индустрия 4.0 — это термин, обозначающий новую эру интеллектуального производства, вызванную развитием цифровизации и робототехники. Центральное видение этой концепции — «умные фабрики», к которым будет подключена киберфизическая система. Эти заводы будут использовать новые технологии, известные как Технология 4.0. Тенденции развития Индустрии 4.0 требуют новых знаний и навыков, которые будут сформированы в Образовании 4.0 путем внедрения новых Образовательных программ 4.0. Интернет сделал учащихся практически независимыми от учителей в получении интересующей их информации и знаний. Поэтому образовательная среда должна стать интернет-активной, она должна быть привлекательной для учащихся и адаптироваться к конкретной личности — Студенту 4.0.

Чтобы реализовать модель Университета 4.0 в соответствии с требованиями цифровой инновационной образовательной экосистемы, сам университет должен стать подсистемой образовательной экосистемы. Мы выделяем следующие виды деятельности, на которых университет должен сосредоточиться:

- создание системы управления знаниями;
- проведение научных исследований и сотрудничество с предприятиями в рамках договорных соглашений;
- передача технологий и создание ценности посредством университетских исследований;
- построение долгосрочных стратегических партнерских отношений с компаниями;
- разработка образовательных ресурсов для обучения и развития учащихся;
- разработка информационных технологий для построения индивидуальных образовательных траекторий обучающихся;
- поддержка академической мобильности студентов;
- поддержка наставничества.

Для обеспечения деятельности университета мы предлагаем цифровую модель университета для реализации информационно-коммуникационных платформ (Рисунок 1).

<p>Платформа управления знаниями</p> <p>Средства получения, оценки, распространения, хранения, трансформации знаний. Интеллектуальные активы. Образовательные программы. Образовательные стандарты. Базы знаний. Педагогические методы.</p>	<p>Платформа образовательных сервисов</p> <p>Глобальные образовательные ресурсы. Образовательные сервисы. Системы оценки качества обучения, система оценки когнитивных способностей. Портфолио студентов.</p>	<p>Платформа формирования индивидуальной образовательной траектории</p> <p>Система оценки способностей, мотивации, возможностей. Разработка универсального учебного плана. Определение форм, средств, методов обучения.</p>	<p>Платформа предпринимательских технологий</p> <p>Школа стартапов. Венчурные фонды.</p>
<p>Цифровой университет 4.0</p>			
<p>Научно-исследовательские платформы</p> <p>Сеть взаимодействия между университетами. Сеть взаимодействия между учеными.</p>	<p>Платформа взаимодействия с компетентными преподавателями</p> <p>Корпоративное обучение, вакансии, требования работодателей, проектные предложения, стажировки и практики.</p>	<p>Виртуальная платформа академической мобильности</p> <p>Виртуальный университет. Виртуальный клуб. Виртуальный студент. Виртуальный преподаватель.</p>	<p>Тьюторско-менторская цифровая платформа</p> <p>Смарт чат-боты. Умные интерактивные учебники.</p>

Рисунок 1. Информационные и коммуникационные платформы цифрового университета¹¹

Платформа для построения индивидуальной образовательной траектории реализует информационные технологии для поддержки разработки персонального учебного плана, выбора форм, методов и технологий обучения. Платформа образовательных услуг позволит внедрить информационные технологии для оценки качества образования, формирования индивидуального портфолио образования студента, оценки его когнитивных способностей и определения его профессиональной ориентации. Глобальная платформа обучения обеспечит доставку контента для электронного обучения. Платформа виртуальной академической мобильности позволит студентам реализовать свои предпочтения при обучении в университетах-партнерах. Платформа для взаимодействия с компаниями-работодателями будет генерировать информацию о вакансиях и требованиях, предлагать резюме, тестировать проекты для трудоустройства, корпоративного обучения и стажировок. Платформа управления знаниями может базироваться на моделях управления знаниями, например модели управления знаниями Э. Караянниса, с расширением архитектуры системы производства знаний на инновационную сеть и кластеры знаний [Carayannis, Campbell 2010].

Цифровая платформа педагога-наставника обеспечит интерфейс для общения в процессе консультаций, методической помощи, индивидуального сотрудничества и т.д. Взаимодействие исследователей будет осуществляться на исследовательской платформе, а передача технологий — через платформу для взаимодействия компаний. Платформа инновационной технологической среды будет поддерживать стартапы и предпринимательство.

Мы полагаем, что Университет 4.0 должен быть преобразован в сетевой университет в соответствии с требованиями кластерной модели. Организационная структура Университета 4.0 должна быть преобразована в матричную структуру с прочными горизонтальными связями. Наряду с кафедрами учебный процесс предлагается осуществлять в исследовательских центрах,

¹¹ Составлено автором по [Цяо 2020].

которые могут быть созданы как исследовательские центры университетов или факультетов или как центры при компаниях, с которыми сотрудничает университет. Поскольку модель Университета 4.0 основана на кластерной модели, университет должен стать инновационным бизнес-учреждением.

Достижение целей, поставленных в стратегии цифровой трансформации образовательной экосистемы, путем создания и внедрения цифровых инструментов и технологий для преподавания и управления образованием должно продемонстрировать эффективность реформы. Однако изучение экономической эффективности преобразования системы образования в инновационную образовательную экосистему как особого сектора национальной экономики, распространяющего и производящего новые знания и формирующего интеллектуальный капитал, выходит за рамки данной статьи.

Заключение

Нами выдвинута гипотеза об экосистемном подходе к образованию для развития цифровой экономики и общества. На сегодняшний день в России нет полноценных цифровых образовательных экосистем. На государственном уровне рассматривается Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации, которая определяет индустриальную экосистему как основу для развития инноваторов и инноваций на рынках высокотехнологичных промышленных сегментов. При этом следует отметить, что цифровые инновации в образовании внедряются медленно и несистемно. Поэтому актуально создавать цифровые образовательные экосистемы, которые обеспечат индивидуальные академические траектории обучения, проектно-ориентированную методологию обучения и соответствующие компетенции для цифровой экономики.

Рассмотренная модель экосистемы промышленных инноваций показывает, что только ИТ-сектор в России соответствует требованиям стратегии Индустрии 4.0.

При этом доказано, что экосистемный подход к образованию может проявлять большую эффективность и результативность по сравнению с традиционными иерархическими моделями.

Кроме того, раскрыты компоненты инновационной образовательной экосистемы и механизмы взаимодействия между ее субъектами. Создана концептуальная модель экосистемы цифрового образования на основе образовательных и производственных кластеров.

Направление будущей работы мы видим в разработке платформ для рассматриваемой экосистемы, в частности разработке рекомендательной системы для построения индивидуальных образовательных траекторий для студента, платформы для взаимодействия компаний с университетом.

Список литературы:

Соловьева М.Е., Третьяков А.Л. Формирование инновационного образовательного пространства современной высшей школы // Гуманитарное пространство. Международный альманах. 2018. Т. 7. № 3. С. 451–456.

Цяо Л. Исследование цифровой трансформации российских региональных вузов в современных условиях // Педагогическое образование в России. 2020. № 3. С. 59–66. DOI: [10.26170/ro20-03-06](https://doi.org/10.26170/ro20-03-06)

Шевякова А.Л., Петренко Е.С., Уразбеков А.К. Вызовы Индустрии 4.0 системе образования: возможные изменения в формировании компетенций // Креативная экономика. 2020. Т. 14. № 9. С. 2079–2096. DOI: [10.18334/ce.14.9.110825](https://doi.org/10.18334/ce.14.9.110825)

Яковлева Э.Н., Каменских Н.А. Стратегическая модель инновационной экосистемы университета // Вестник Государственного гуманитарно-технологического университета. 2021. № 2. С. 71–77.

Adner R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy // *Journal of Management*. 2017. Vol. 43. Is. 1. P. 39–58. DOI: [10.1177/0149206316678451](https://doi.org/10.1177/0149206316678451)

Carayannis E., Grigoroudis E. Quadruple Innovation Helix and Smart Specialization: Knowledge Production and National Competitiveness // *Foresight and STI Governance*. 2016. Vol. 10. Is. 1. P. 31–42. DOI: [10.17323/1995-459x.2016.1.31.42](https://doi.org/10.17323/1995-459x.2016.1.31.42)

Carayannis E., Campbell D.F.J. TripleHelix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How to Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other? // *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*. 2010. Vol. 1. Is. 1. P. 41–69. DOI: [10.4018/jesd.2010010105](https://doi.org/10.4018/jesd.2010010105)

Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Triple Helix-University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development // *EASST Review*. 1995. Vol. 14. Is. 1. P. 14–19.

Idin S. An Overview of STEM Education and Industry 4.0 // *Research Highlights in STEM Education* / ed. by M. Shelley, S.A. Kiray. Ames: ISRES Publishing, 2018. P. 194–208.

Kleiner G.B. Socio-Economic Ecosystems in the Light of the Systems Paradigm // *System Analysis in Economics — 2018: Proceedings of the V International research and practice conference–biennale (21–23 November 2018)*. Moscow: Prometheus publishing house. P. 4–12. DOI: [10.33278/SAE-2018.eng.004-012](https://doi.org/10.33278/SAE-2018.eng.004-012)

Moor J.F. Predators and Prey: A New Ecology of Competition // *Harvard Business Review*. 1993. Vol. 71. Is. 3. P. 75–86.

Moor J.F. Business Ecosystems and the View from the Firm // *The Antitrust Bulletin*. 2006. Vol. 51. Is. 1. P. 31–75. DOI: [10.1177/0003603X060510010](https://doi.org/10.1177/0003603X060510010)

Porter M. Clusters and Competition: New Agendas for Companies, Governments, and Institutions // Porter M. *On Competition*. Boston: HBS Publishing, 2008. P. 213–299.

Quan S.J., Wang Yu.L. Study of the Structure and Characteristics of the Higher Education Ecosystem in Hong Kong // *Journal of Higher Education Management*. 2017. Is. 11. Is. 06. P. 117–124. DOI: [10.13316/j.cnki.jhem.20171027.017](https://doi.org/10.13316/j.cnki.jhem.20171027.017)

Society 5.0. A People-centric Super-Smart Society / ed. by Hitachi-UTokyo Laboratory. Tokyo: Springer, 2020.

Singh M.K.M. A Synergized Education 4.0 Ecosystem Sustainably Aligned with Industry 4.0 // *University-Industry Collaboration Strategies in the Digital Era* / ed. by D. Günay, T. Asunakutlu, O. Yildiz. Hershey: IGI Global, 2021. P. 283–299.

References:

Solovyova M.E., Tretyakov A.L. (2018) Formation of Innovative Educational Space of Modern Higher School. *Humanity Space. International Almanac*. Vol. 7. No. 3. P. 451–456.

Shevyakova A.L., Petrenko E.S., Urazbekov A.K. (2020) Industry 4.0 Challenges to the Education System: Possible Changes in the Competencies Creation. *Kreativnaya ekonomika*. Vol. 14. No. 9. P. 2079–2096. DOI: [10.18334/ce.14.9.110825](https://doi.org/10.18334/ce.14.9.110825)

Yakovleva E.N., Kamenskih N.A. (2021) Strategic Model of the University's Innovation Ecosystem. *Vestnik Gosudarstvennogo gumanitarno-tekhnologicheskogo universiteta*. No. 2. P. 71–77.

Qiao L. (2020) Research of Digital Transformation Russian of Regional Universities under Modern Conditions. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii*. No. 3. P. 59–66. DOI: [10.26170/po20-03-06](https://doi.org/10.26170/po20-03-06)

Adner R. (2017) Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*. Vol. 43. Is. 1. P. 39–58. DOI: [10.1177/0149206316678451](https://doi.org/10.1177/0149206316678451)

Carayannis E., Grigoroudis E. (2016) Quadruple Innovation Helix and Smart Specialization: Knowledge Production and National Competitiveness. *Foresight and STI Governance*. Vol. 10. Is. 1. P. 31–42. DOI: [10.17323/1995-459x.2016.1.31.42](https://doi.org/10.17323/1995-459x.2016.1.31.42)

Carayannis E., Campbell D.F.J. (2010) Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How to Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*. Vol. 1. Is. 1. P. 41–69. DOI: [10.4018/jsesd.2010010105](https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105)

Etzkowitz H., Leydesdorff L. (1995) The Triple Helix-University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development. *EASST Review*. Vol. 14. Is. 1. P. 14–19.

Idin S. (2018) An Overview of STEM Education and Industry 4.0. In: Shelley M., Kiray S.A. (eds.) *Research Highlights in STEM Education*. Ames: ISRES Publishing. P. 194–208.

Kleiner G.B. (2018) Socio-Economic Ecosystems in the Light of the Systems Paradigm. System Analysis in Economics — 2018: Proceedings of the V International research and practice conference-biennale (21–23 November 2018). Moscow: Prometheus publishing house. P. 4–12. DOI: [10.33278/SAE-2018.eng.004-012](https://doi.org/10.33278/SAE-2018.eng.004-012)

Moor J.F. (1993) *Predators and Prey: A New Ecology of Competition*. Harvard Business Review. Vol. 71. Is. 3. P. 75–86.

Moor J.F. (2006) Business Ecosystems and the View from the Firm. *The Antitrust Bulletin*. Vol. 51. Is. 1. P. 31–75. DOI: [10.1177/0003603X060510010](https://doi.org/10.1177/0003603X060510010)

Porter M. (2008) *Clusters and Competition: New Agendas for Companies, Governments, and Institutions*. In: Porter M. On Competition. Boston: HBS Publishing. P. 213–299.

Quan S.J., Wang Yu.L. (2017) Study of the Structure and Characteristics of the Higher Education Ecosystem in Hong Kong. *Journal of Higher Education Management*. Is. 11. Is. 06. P. 117–124. DOI: [10.13316/j.cnki.jhem.20171027.017](https://doi.org/10.13316/j.cnki.jhem.20171027.017)

Hitachi-UTokyo Laboratory (eds.) (2020) *Society 5.0. A People-centric Super-Smart Society*. Tokyo: Springer Open, 2020.

Singh M.K.M. (2021) A Synergized Education 4.0 Ecosystem Sustainably Aligned with Industry 4.0. In: Günay D., Asunakutlu T., Yildiz O. (eds.) *University-Industry Collaboration Strategies in the Digital Era*. Hershey: IGI Global. P. 283–299.

Дата поступления/Received: 12.09.2022