

Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 7 (237). С. 77–84.  
Vestnik of Samara State University of Economics. 2024. No. 7 (237). Pp. 77–84.

Научная статья  
УДК 378:001.8

## Формирование комплексной системы STEM-образования в современной России: инфраструктурный аспект

Артем Геворгович Геокчакян

Государственный университет управления, Москва, Россия, geokchakyan@guu.ru

**Аннотация.** В статье автор поднимает важный для современного российского образования вопрос – вопрос формирования инфраструктуры STEM-образования. Сегодня функционирование системы STEM-образования является обязательным условием осуществления прорывных открытий в науке и технике, реализации конкурентоспособной инновационной деятельности и, как следствие, достижения научно-технического прогресса. По сути, STEM-образование – это современный комплексный подход к изучению естественно-научного, инженерно-технического и математического циклов дисциплин, основывающийся на принципах взаимосвязанности и взаимодополнения. В ходе исследования был проведен анализ типов современных образовательных организаций и их возможностей по участию в единой системе STEM-образования. При рассмотрении системы STEM-образования автор исходил из концепции ступенчатости образования, а также из основных принципов и тенденций современного российского образования. Основной целью проведения данного исследования является определение ключевых инфраструктурных элементов STEM-образования в современной России, а также их взаимосвязей между собой. Базисом системы STEM-образования выступает интеграция «классических ступеней» образования с организациями дополнительного образования, инновационно-технологическими центрами, центрами инновационного развития и творчества. Эти положения и определяют научную новизну проводимого исследования, заключающуюся в систематизации элементов и связей в современной концепции STEM-образования. Проведенное исследование позволит сформировать преемственность, а также организовать взаимодействие в системе образовательных и научно-практических организаций, вовлеченных в процесс подготовки специалистов, что, в свою очередь, позволит повысить качество подготовки специалистов и ускорить темпы достижения технологического суверенитета РФ.

**Ключевые слова.** STEM-образование, междисциплинарность, инновации, научно-технический прогресс, инфраструктура образования, наукоград, технические науки, естественные науки

### **Основные положения:**

- ◆ проведенный анализ образовательных потребностей в России, а также требований к квалификации кадров подтвердил необходимость формирования единой системы STEM-образования;
- ◆ на основе отечественного и зарубежного опыта сформулированы принципы формирования и функционирования системы STEM-образования;
- ◆ разработана инфраструктурная модель системы STEM-образования, обеспечивающая возможности технологического развития страны;
- ◆ определены роль и значение каждого из элементов системы STEM-образования.

**Для цитирования:** Геокчакян А.Г. Формирование комплексной системы STEM-образования в современной России: инфраструктурный аспект // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 7 (237). С. 77–84.

Original article

## Formation of a comprehensive system of STEM education in contemporary Russia: Infrastructure aspect

Artem G. Geokchakyan

State University of Management, Moscow, Russia, geokchakyan@guu.ru

**Abstract.** In this paper, the author raises an important issue for the contemporary Russian education – the issue of forming the infrastructure of STEM education. Today, the functioning of the STEM education system is a prerequisite for the implementation of breakthrough discoveries in science and technology, the implementation of competitive innovative activities and, as a result, the achievement of scientific and technological progress. In fact, STEM education is a modern integrated approach to the study of natural science, engineering, technical and mathematical cycles of disciplines based on the principles of interconnectedness and complementarity. During the study, a review was conducted of modern educational organizations and their opportunities to participate in a unified STEM education system. When considering the STEM education system, the author proceeded from the concept of gradual education, as well as from the basic principles and trends of the contemporary Russian education. The main purpose of this study is to identify the key infrastructural elements of STEM education in Russia at the current development stage, as well as to determine their interrelationships with each other. The basis of the STEM education system is the integration of the "classical stages" of education with additional education organizations, innovation and technology centers, centers of innovative development and creativity. These provisions determine the scientific novelty of the research, which consists in the systematization of elements and relations in the modern concept of STEM education. The conducted research will allow to form continuity, as well as to organize interaction in the system of educational and scientific-practical organizations involved in the process of training specialists, which, in turn, will improve the quality of training specialists and accelerate the pace of achieving technological sovereignty of the Russian Federation.

**Keywords:** STEM education, interdisciplinarity, innovation, scientific and technological progress, educational infrastructure, science city, technical sciences, natural sciences

### Highlights:

- ◆ the analysis of educational needs in Russia, as well as the requirements for the qualification of personnel, confirmed the need to form a unified system of STEM education;
- ◆ based on domestic and foreign experience, the principles of formation and functioning of the STEM education system are formulated;
- ◆ an infrastructural model of the STEM education system has been developed, providing opportunities for technological development of the country;
- ◆ the role and importance of each element of the STEM education system are defined.

**For citation:** Geokchakyan A.G. Formation of a comprehensive system of STEM education in contemporary Russia: Infrastructure aspect // Vestnik of Samara State University of Economics. 2024. No. 7 (237). Pp. 77–84. (In Russ.).

### Введение

С переходом к рыночной экономике и развитием малого и среднего бизнеса на российском рынке труда устойчиво наблюдаются две противоположные тенденции: резкий дефицит естественно-научных и технических специалистов и серьезное превышение предложения над спросом на специалистов социально-гуманитарных специальностей. Если в середине

1990-х гг. в среднем выпускников вузов по данным направлениям было одинаковое количество, то к концу 2010-х гг. специалистов социально-гуманитарного профиля в 4 раза больше, чем специалистов технических специальностей.

В 2019 г. на Гайдаровском форуме премьер-министр РФ Д.А. Медведев заявил, что по приблизительным подсчетам в стране не хва-

тает около 1 млн специалистов в сфере технологий.

При этом необходимо понимать, что развитие всей экономики, увеличение ВВП, улучшение качества жизни населения в первую очередь связано с научно-техническим прогрессом, применением инновационных технологий и решений. В исследовании Всемирного экономического форума говорится, что к 2025 г. в мире появится 133 млн новых вакансий, преимущественно в секторах, связанных с развитием новых технологий [1].

Небольшое количество специалистов в естественно-научной и технологической области связано с отсутствием интереса у школьников и подростков к данной сфере, которое, в свою очередь, вызвано тяжелым восприятием данных дисциплин: школьники не понимают не только то, как на практике можно применить знания по математике, физике, химии, естествознанию, но и как эти дисциплины связаны между собой – у них не сформировано естественно-научное и техническое мировоззрение.

Мировым ответом на сложившуюся ситуацию стало зарождение и развитие STEM-образования, которое подразумевает, по сути, междисциплинарно-прикладной подход к изучению естественных наук, технологии, инженерии и математики. Такая современная прогрессивная система представляет собой смешанную среду, которая позволяет на практике продемонстрировать, как изучаемые научные методы могут быть применены в повседневной жизни [2]. Помимо классических дисциплин, в STEM включается робототехника, программирование, моделирование, нано-технологии и др. Благодаря такой интеграции обучающиеся воочию видят применение целого комплекса взаимосвязанных знаний точных дисциплин на практике, а не теоретические концепции оторвано взятых учебных предметов.

### Методы

Одной из ключевых проблем современного российского STEM-образования является отсутствие единой инфраструктуры, позволяющей осуществлять подготовку квалифицированных STEM-специалистов, одинаково хорошо владеющих теоретическими знаниями и

умениями и навыками на практике. В основу развития STEM-образования в Российской Федерации целесообразно положить системный подход, т.е. рассмотреть совокупность элементов, составляющих отечественное STEM-образование, а также взаимосвязи и взаимозависимости между ними [3]. Основными вопросами, рассматриваемыми в данной работе, является как раз определение и описание вышеупомянутых инфраструктурных элементов STEM-образования; выделение взаимосвязей между ними; формулировка принципов, на которых базируется система STEM-образования; определение направлений компетентностного развития STEM-специалистов.

При формировании инфраструктуры системы STEM-образования в России необходимо основываться на базовых принципах и тенденциях современной образовательной системы, к которым можно отнести:

- ◆ последовательность ступеней образования (инфраструктура STEM-образования представляет собой совокупность ступеней разного уровня – школа, университеты, системы повышения квалификации и т.д.);

- ◆ проектный подход в обучении (в рамках STEM-образования осуществляется отработка приобретенных умений и навыков в ходе разработки и апробации проектов – работа, направленная на комплексное решение какой-либо проблемы);

- ◆ практико-ориентированный подход (разработка проектов, создание моделей, механизмов должны осуществляться под конкретные запросы производства) [4];

- ◆ комплексность обучения (основной принцип STEM-образования, заключающийся в рассмотрении всех естественно-научных и технико-технологических проблем комплексно, с точки зрения различных наук и подходов) [5];

- ◆ связка «школа – вуз – работодатель» (запросы производства требуют подготовки кадров под конкретный профиль, поэтому образование должно строиться в связке с работодателями, формируя у обучающихся необходимые компетенции);

- ◆ компетентностно-ориентированный подход (обучение направлено на формирование компетенций у выпускников, приобретение

умений и навыков профессиональной деятельности в естественно-научной и технологической сферах);

♦ научно-исследовательский подход (высшие ступени образования должны характеризоваться включением обучающихся в научно-исследовательскую деятельность, обеспечивающую возможность создания инновационных технологий);

♦ экспериментальная деятельность (STEM-навыки и умения должны обязательно отрабатываться в учебных, экспериментальных ситуациях).

Предложения по формированию инфраструктуры и определению элементов системы STEM-образования в России должны в полной мере отражать все вышеописанные принципы современного образования. Кроме этого, си-

стема STEM-образования должна основываться на Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ, который регулирует все вопросы образования в РФ.

Научной новизной данного исследования является разработанная инфраструктура STEM-образования в России, состоящая из совокупности элементов и связей между ними, характеризующих различные ступени и базовые принципы образования, а также возможности и предложения по формированию и развитию системы STEM-образования в России.

### Результаты

По результатам проведенного исследования можно констатировать, что единая система STEM-образования в Российской Феде-



Рис. Инфраструктура STEM-образования

рации представляет собой совокупность образовательных и научно-практических организаций, вовлеченных в процесс подготовки высококвалифицированных специалистов в области современных инновационных технологий, высокоуровневой инженерии, smart-технологий, информационных систем, проектирования и инжиниринга, обслуживания высокотехнологического оборудования, естественных наук. Данные элементы и определяют состав инфраструктуры системы STEM-образования.

Предлагаемая комплексная инфраструктура системы STEM-образования изображена на рисунке.

Схема инфраструктуры STEM-образования в Российской Федерации характеризует все элементы, принимающие участие в подготовке STEM-специалистов для нужд инновационного развития страны и осуществления технологического прорыва.

### Обсуждение

Проведенный инфраструктурный анализ системы STEM-образования в России позволяет говорить о том, что на данный момент оно находится в стадии интенсивного развития, сейчас формируется ряд центров дополнительного, практико-ориентированного и экспериментального образования, позволяющих заинтересованным обучающимся расширять и углублять свои знания и применять их на практике. При этом элементы инфраструктуры в полной мере выражают и реализуют описанные выше принципы методики построения системы STEM-образования в РФ. На рисунке отражены все необходимые элементы системы STEM-образования, сплошные линии характеризуют обязательные отношения, определенные принципом ступенчатости образования, пунктирные линии – отношения с элементами, позволяющими обучающимся расширить, углубить и апробировать полученные знания.

Уже долгое время в России и мире принято заниматься образованием и развитием ребенка буквально с рождения. В рамках STEM-образования отличным вариантом являются центры детского развития, в которых развиваются первичные компетенции. Как правило, это направления роботостроения, кон-

струирования и экспериментирования с объектами живой и неживой природы [6].

Система STEM-образования хорошо укладывается в рамки принятой в России уровневой системы образования – среднее общее образование, среднее полное образование, среднее профессиональное образование, высшее образование (бакалавриат, магистратура, аспирантура). Однако, так как сущность STEM-образования связана, в первую очередь, с созданием и апробацией технических систем и инновационных технологий, базовыми элементами инфраструктуры STEM-образования должны являться различные площадки, на которых обучающиеся могут применять полученные знания и выработанные компетенции в рамках «классической» части образования на практике [7].

С этой целью целесообразно включать в общую структуру STEM-образования центры технической поддержки образования (ЦТПО), центры молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) и STEM-центры, в которых частично решаются задачи привлечения учащихся к инженерному делу, проведению естественно-научных исследований и разработке инновационных продуктов и решений, программированию. Активно вовлекаются бизнес-компании, что целесообразно для реализации проектов практико-ориентированного обучения молодежи. Такой подход к построению образовательной системы предполагает актуализацию «классических» образовательных стратегий [8]. С 2014 г. в России стала развиваться сеть инженерно-технических центров (кванториумы, фаблабы при образовательных организациях, центр «Сириус» и др.).

Основной задачей инновационных технопарков является не столько функция проведения экспериментов и применения своих знаний на практике, сколько функция обмена опытом. Суть технопарков заключается в возможности прямого взаимодействия обучающихся с поставщиками и разработчиками производственного оборудования, в рамках данного направления STEM-образования молодые исследователи и проектировщики могут предложить свои разработки отраслям народного хозяйства, производству, а также понять, в чем заключаются основные технологические про-

блемы существующего оборудования и инструментов и как их решить [9]. Инновационные технопарки – это площадки взаимодействия с реальным производством, бизнесом, практикой.

Большинство прорывных технологий и инновационных продуктов создаются на инновационных кластерах и комплексах, которые со временем разрастаются до наукоградов (например, первый научно-технологический инновационный комплекс «Сколково»), поэтому высшее STEM-образование неразрывно связано с взаимодействием с данными комплексами [10]. По сути, это площадки для прохождения практики студентов, осуществления научно-исследовательских работ, проведения технологических изысканий и научных разработок, база для проведения и апробации диссертационных исследований аспирантов.

В результате все инновационные решения и научно-практические разработки поступают в производство, используются в практической деятельности. По данным Росстата, за последние 10 лет спрос на STEM-специалистов вырос на 17% (средний темп роста спроса на рынке труда составляет 9,8%).

В последнее время концепция STEM-образования развивается, различные ученые и практики предлагают включение новых составляющих в уже традиционную концепцию STEM. Наиболее популярной является STEAM-концепция, включающая в себя составляющую «искусство», которая, как предполагается, в ходе обучения должна заставить работать оба полушария мозга и тем самым привнести в инженерное дело творческую направленность, способствующую выработке уникальных инновационных решений.

По мнению авторов, целесообразно говорить про необходимость формирования STEME-концепции, последней составляющей которой является элемент «экономика». Это объясняется современными мировыми реалиями, которые заставляют производство отвечать запросам рынка. В таких условиях STEM-специалисты новой формации должны не только уметь комплексно мыслить в рамках

инженерии, проектирования, инноватики и применять эти знания в научно-технических лабораториях, но и уметь анализировать запросы рынка, понимать степень и возможности коммерциализации инноваций, понимать экономическую составляющую разрабатываемых технологий (соотнесение затрат и результатов) [11]. Такой подход позволит не просто разрабатывать технологическое новшество, но и уметь его продвигать на рынок, продавать и тем самым зарабатывать на своих возможностях и умениях.

### **Заключение**

Подводя итоги проведенного исследования, в формируемой системе STEM-образования в России можно выделить два инфраструктурных блока: блок, определенный принципом ступенчатости образования, и блок дополнительных образовательных возможностей. Их эффективное взаимодействие обеспечивает высококвалифицированную подготовку STEM-специалистов, обладающих глубокими теоретическими знаниями и умеющими применять их на практике, в реальных ситуациях.

Предложенная автором инфраструктура системы STEM-образования отражает все основные принципы и тенденции современных мировых образовательных систем.

В рамках дальнейшего развития STEM-концепции автору видится наиболее рациональным включение экономико-управленческого (коммерческого) направления в образовательный процесс, позволяющего STEM-специалистам владеть не только инновационно-конструкторской стороной, но и понимать сущность коммерциализации инноваций, продвижения научно-исследовательских разработок, управления внедрением и использованием в производственном процессе и др. Такой подход позволяет STEM-специалистам получать первичную обратную связь от рынка и конечных потребителей, осуществлять критический технико-коммерческий анализ и выпускать более конкурентоспособные модификации своих разработок, предложений и решений.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семенова Р.И., Земцов С.П., Полякова П.Н. STEAM-образование и занятость в информационных технологиях как факторы адаптации к цифровой трансформации экономики в регионах России // Инновации. 2019. № 11 (253). С. 2–14.
2. Янковская А.В. Развитие science-компетенций в начальном образовании средствами lego education на занятиях объединения по интересам «Робототехника» // Современные тенденции развития начального и эстетического образования : сборник статей Международной научно-практической конференции. Могилев, 2019. С. 218–219.
3. STEM and STEAM Education in Russian Education: Conceptual Framework / L.V. Shukshina, L.A. Gegel, M.A. Erofeeva [et. al] // EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2021. No. 17 (10). Em2018.
4. Солодихина М.В., Солодихина А.А. Развитие критического мышления магистрантов с помощью STEM-кейсов // Образование и наука. 2019. Т. 21, № 3. С. 125–153.
5. Крылов Д.А. Формирование технологической культуры у будущих педагогов : монография. Казань : Офсет-сервис, 2010.
6. Sabirova F.M., Deryagin A.V. The creation of junior schoolchildren's interest in the experimental study of physical phenomena using the elements of the technology of problem-based // International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (2.13). Pp. 150–154.
7. Chanthala Ch., Santiboon T., Ponkham K. Instructional designing the STEM education model for fostering creative thinking abilities in physics laboratory environment classes // Journal 5th International conference for science educators and teachers. 2018. Art. 8.
8. Анисимова Т.И., Шатунова О.В., Сабирова Ф.М. STEAM-образование как инновационная технология для Индустрии 4.0 // Научный диалог. 2018. № 11. С. 322–332.
9. Kapeliushnikov R. The phantom of technological unemployment // Russian Journal of Economics. 2019. No. 1. Pp. 88–116.
10. Segura W.A. The use of STEAM in higher education for high school teachers // Journal 21 World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Proceedings. 2017. Vol. 1. Pp. 308–312.
11. Brikoshina I.S., Birukov A.P., Geokchakyan A.G. Smart Transformation of the Project Management System and Processes as a Factor in Increasing the Efficiency and Competitiveness of the Project // "Smart Technologies" for Society, State and Economy. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 155. Pp. 1614–1622.

### References

1. Semenova R.I., Zemtsov S.P., Polyakova P.N. Para-education and employment in information technologies as factors of adaptation to the digital transformation of the economy in the regions of Russia // Innovations. 2019. No. 11 (253). Pp. 2–14.
2. Yankovskaya A.V. Nauka-Development of competencies by means in primary education "educational Lego solutions" in the classroom of the association of interests "Robotics" // Modern trends in the development of primary and aesthetic education : collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Mogilev, 2019. Pp. 218–219.
3. STEM and STEAM Education in Russian Education: Conceptual Framework / L.V. Shukshina, L.A. Gegel, M.A. Erofeeva [et. al] // EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2021. No. 17 (10). Em2018.
4. Solodikhina M.V., Solodikhina A.A. Development of critical thinking of magicians using STEM cases // Education and Science. 2019. Vol. 21, No. 3. Pp. 125–153.
5. Krylov D.A. Formation of technological culture among future teachers : monograph. Kazan : Offset Service, 2010.
6. Sabirova F.M., Deryagin A.V. The creation of junior schoolchildren's interest in the experimental study of physical phenomena using the elements of the technology of problem-based // International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (2.13). Pp. 150–154.
7. Chanthala Ch., Santiboon T., Ponkham K. Instructional designing the STEM education model for fostering creative thinking abilities in physics laboratory environment classes // Journal 5th International conference for science educators and teachers. 2018. Art. 8.
8. Anisimova T.I., Shatunova O.V., Sabirova Y.M. STEAM transformation as a computer technology for Android 4.0 // Scientific Journal. 2018. No. 11. Pp. 322–332.

9. Kapeliushnikov R. The phantom of technological unemployment // Russian Journal of Economics. 2019. No. 1. Pp. 88–116.

10. Segura W.A. The use of STEAM in higher education for high school teachers // Journal 21 World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Proceedings. 2017. Vol. 1. Pp. 308–312.

11. Brikoshina I.S., Birukov A.P., Geokchakyan A.G. Smart Transformation of the Project Management System and Processes as a Factor in Increasing the Efficiency and Competitiveness of the Project // "Smart Technologies" for Society, State and Economy. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 155. Pp. 1614–1622.

***Информация об авторе***

А.Г. Геокчакян – преподаватель кафедры управления проектом, заместитель директора института отраслевого менеджмента Государственного университета управления.

***Information about the author***

A.G. Geokchakyan – Lecturer of the Department of Project Management, Deputy Director of the Institute of Industry Management of the State University of Management.

Статья поступила в редакцию 10.03.2024; одобрена после рецензирования 15.04.2024; принята к публикации 14.05.2024.

The article was submitted 10.03.2024; approved after reviewing 15.04.2024; accepted for publication 14.05.2024.