

Развитие интеллектуальных качеств обучающихся на основе формирования цифровой экосистемы STEM-образования в условиях индустрии 4.0

Development of students' intellectual qualities based on the formation of a digital ecosystem of STEM education in the conditions of industry 4.0

Авторы статьи

Пудовкина Ольга Евгеньевна,
кандидат экономических наук, доцент кафедры эконо-
мики и управления Сызранского филиала
ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономиче-
ский университет», г. Сызрань, Российская Федерация
olechkasgeu@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2993-7131

Щербаков Егор Сергеевич,
аспирант II курса ФГБОУ ВО «Ульяновский государствен-
ный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация
avangard4empion@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6775-5473

Симонов Андрей Владимирович,
заместитель начальника кафедры авиационного радио-
электронного оборудования филиала ФГКВУ ВО «Воен-
ный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Во-
енно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуков-
ского и Ю. А. Гагарина», г. Сызрань, Российская Федерация
simonov717@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-0416-0250

Authors of the article

Olga E. Pudovkina,
Candidate of Economics, Associate Professor, Department
of Economics and Management, Syzran Branch, Samara
State University of Economics, Syzran, Russian Federation
olechkasgeu@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2993-7131

Egor S. Shcherbakov,
2nd year Postgraduate Student, Ulyanovsk State Univer-
sity, Ulyanovsk, Russian Federation
avangard4empion@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6775-5473

Andrey V. Simonov,
Deputy Head of the Department of Aviation Radio-Elec-
tronic Equipment, Branch of the All-Russian Scientific
Center of the Air Force "VVA", Syzran, Russian Federation
simonov717@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-0416-0250

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Поступила в редакцию <i>Received</i>	18.02.23	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	18.02.23
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	21.03.23	Опубликована <i>Published</i>	31.03.23



Для цитирования

Пудовкина О. Е., Щербаков Е. С., Симонов А. В. Развитие интеллектуальных качеств обучающихся на основе формирования цифровой экосистемы STEM-образования в условиях индустрии 4.0 // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2023. – № 03. – С. 91–108. – URL: <https://e-koncept.ru/2023/231018.htm> DOI: 10.24412/2304-120X-2023-11018

For citation

O. E. Pudovkina, E. S. Shcherbakov, A. V. Simonov, Development of students' intellectual qualities based on the formation of a digital ecosystem of STEM education in the conditions of industry 4.0 // Scientific-methodological electronic journal "Koncept". – 2023. – No. 03. – P. 91–108. – URL: <https://e-koncept.ru/2023/231018.htm> DOI: 10.24412/2304-120X-2023-11018

Аннотация

Актуальность исследования обусловлена тем, что среди навыков, необходимых для индустрии 4.0, особое место занимает система образования STEM, которая формирует инженерное и математическое мышление у обучающихся. Следовательно, создание среды, поддерживающей интегрированный STEM-подход к преподаванию и обучению, приобретает особую значимость в контексте современного цифрового общества. Целью исследования является разработка цифровой экосистемы STEM-образования, позволяющая формировать интеллектуальные компетенции обучающихся. Исследовательские задачи были решены на основе применения совокупности научных методов. Теоретической и методической базой изучения явлений и процессов выступили системный теоретический анализ и синтез нормативно-правовой, научно-методической и педагогической литературы. Эмпирические методы, использованные в исследовании, представлены анкетированием и методом экспертных оценок. Реализация комплекса методов позволила выявить наиболее функциональные информационные ресурсы, необходимые для данного исследования. Основным результатом исследования является то, что в статье обосновано понятие и необходимость формирования экосистемы STEM-образования в условиях изменения рынка труда, рисков, которые несет миру четвертая индустриальная революция, определено ее влияние на образовательный процесс в реалиях сегодняшнего дня. Авторами исследованы теоретические основы понятия «экосистема», междисциплинарные подходы и особенности внедрения интегрированного STEM-образования в учебный процесс, проанализированы составляющие образовательной экосистемы, доказано, что все они непосредственно влияют на формирование интеллектуальных качеств обучающихся. Проведен опрос для определения путей развития, составляющих экосистемы STEM-образования, к участию в котором были привлечены 105 респондентов – педагогов Самарского государственного социально-педагогического университета и преподавателей средних профессиональных учебных заведений Самарского региона. Анализ показал, что успешное внедрение STEM-образования, с привлечением всех составляющих экосистемы, предусматривает развитие научного образования, в частности внедрение исследовательско-познавательного обучения, метода учебных проектов в образовательный процесс и использование цифровых технологий в нем. Описаны интегрированные навыки организации научного процесса, которые формируются при применении исследовательско-познавательного обучения, направленные на развитие интеллектуальных качеств обучающихся. На основе исследования выделены группы цифровых инструментов, которые необходимы для развития экосистемы и будут способствовать повышению эффективности образовательного процесса, помогут сделать обучение STEM интересным и результативным. Сформированные выводы по имплементации результатов исследования будут способствовать научным разработкам, направленным на реализацию программ структурных преобразований в российском образовательном процессе.

Abstract

The relevance of the study is due to the fact that among the skills required for industry 4.0, the STEM education system plays a special role because it forms engineering and mathematical thinking in students. Therefore, creating an environment that supports an integrated STEM approach to teaching and learning is of particular importance in the context of today's digital society. The aim of the study is to develop a digital ecosystem of STEM education, which allows us to form the intellectual competences of students. Research tasks were solved on the basis of the application of several scientific methods. The theoretical and methodological basis for the study of phenomena and processes were: a systemic theoretical analysis and synthesis of legal, scientific, methodological and pedagogical literature. The empirical methods used in the study are represented by a questionnaire and the method of expert assessments. The implementation of a set of methods made it possible to identify the most functional information resources needed for this study. The main result of the study is that the article substantiates the concept and necessity of forming an ecosystem of STEM education in the context of changing labor market, the risks that the fourth industrial revolution brings to the world, its impact on the educational process in the realities of the present day is determined. The authors studied the theoretical foundations of the concept of an ecosystem, interdisciplinary approaches and characteristics of integrated STEM education implementation in the educational process, analyzed the components of the educational ecosystem, and proved that all of them directly affect the formation of the student's intellectual qualities. A survey was conducted to determine the development paths that make up the STEM education ecosystem, in which 105 respondents - teachers of the Samara State Socio-Pedagogical University and teachers of secondary vocational educational institutions of the Samara region were involved. The analysis showed that the successful introduction of STEM education, with the involvement of all components of the ecosystem, provides for the development of scientific education, in particular, the introduction of research-cognitive training, the method of educational projects in the educational process and the use of digital technologies in it. The authors describe integrated skills of the organization of the scientific process, which are formed in the application of research-cognitive training, aimed at developing the intellectual qualities of students. Based on the study, groups of digital tools have been identified that are necessary for the development of the ecosystem and will help improve the efficiency of the educational process, help make STEM learning interesting and productive. The formed conclusions on the implementation of the research results will contribute to scientific works aimed at implementing programs of structural transformations in the Russian educational process.

Ключевые слова

экосистема, STEM-образование, цифровые технологии, цифровые инструменты, навыки организации научного процесса, научное образование

Key words

ecosystem, STEM education, digital technologies, digital tools, scientific process organization skills, scientific education

Благодарности

Авторы выражают благодарность доктору педагогических наук, профессору, профессору кафедры психологии и педагогики УлГУ О. И. Дониной за конструктивные замечания и важнейшие советы при подготовке научной концепции статьи. Также благодарим коллег из Самарского государственного социально-педагогического университета за организацию проведения научного исследования.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Psychology and Pedagogy of Ul.SU O. I. Donina for her constructive comments and important advice in the preparation of the scientific concept of the article. We also thank our colleagues from Samara State Social Pedagogical University for organizing the scientific research.

Введение / Introduction

Современный мир получил название VUCA-мира, в котором нестабильность («текущая современность»), неопределенность, сложность, неоднозначность становятся нормой жизни [1]. Пандемия COVID-19 внесла свои коррективы воздействия на образовательный процесс, побудила к поиску новых решений для его организации, подбору онлайн-программ на основе применения современных цифровых инструментов для обучения и формирования необходимых компетенций, которые не только помогли бы достичь образовательных целей, но и повысили бы эффективность образовательной деятельности [2]. Сегодня в государственных программах развития российской системы образования отмечается важность предоставления обучающимся основательного образования в области науки, технологий, инженерии и математики (STEM) [3], где ведущей тенденцией современного образования признана ориентация на личностное развитие человека [4].

В Концепции национальной образовательной политики Российской Федерации и Законе об образовании [5–7] выделены ключевые компетенции, среди которых особое значение имеет развитие интеллектуальных качеств, связанных со STEM-образованием: математической грамотности, компетентностей в области естественных наук и технологий, информационно-цифровой компетентности, умения учиться в течение жизни и предприимчивости.

Кроме того, в Концепции развития естественно-математического образования (STEM-образования) в России [8, 9] указано, что с целью активного привлечения соисполнителей образования к исследовательско-экспериментальной, конструкторской деятельности необходимо внедрять новые методы и формы организации образовательного процесса. Так, в частности, стратегическое направление в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации, до 2030 года [10] определяет видение по качественному, инклюзивному и доступному цифровому образованию в стране. Новый план действий имеет два стратегических приоритета:

1. Помощь в развитии высокоэффективной цифровой образовательной экосистемы.
2. Повышение цифровых навыков и компетентностей в области цифровой трансформации.

Первый приоритет предусматривает помощь в развитии высокоэффективной цифровой образовательной экосистемы, в которую входят:

- инфраструктура, сети и цифровое оборудование;

- эффективное планирование и развитие цифрового потенциала, включая современные организационные возможности;
- педагогические работники, которые имеют высокий уровень цифровых компетенций;
- качественный учебный контент, удобные для пользования инструменты и безопасные цифровые платформы.

Таким образом, отметим, что квалифицированные, конкурентоспособные на российском рынке специалисты в области STEM-компетенций необходимы, чтобы удовлетворять современные требования цифрового общества и цифровой экономики, такие как обеспечение инновационной инженерии, программное обеспечение, качественное развитие электронных технологий. Кроме того, ожидается, что все граждане, в том числе профессионалы не только STEM-отраслей, должны иметь навыки и компетенции, необходимые для решения проблем, постоянно возникающих в современном высокотехнологичном информационном обществе [11]. Несмотря на наличие образовательных моделей [12] STEM-образование, которое предусматривает осознание основ науки, техники, технологий, инженерии и математики и ознакомление с базовыми фундаментальными понятиями по каждой дисциплине, должно быть образовательным приоритетом для всех обучающихся и выступать как многоаспектный, многоуровневый, непрерывный и циклический процесс [13].

В Федеральном государственном образовательном стандарте общего и высшего образования, утвержденном Приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 года № 413, отмечается, что требования к обязательным результатам обучения определены на основе компетентностного подхода [14]. Одними из ключевых компетенций, определенных в стандарте, являются компетенции «в области естественных наук, техники и технологий», предусматривающие способность и готовность применять соответствующий комплекс научных знаний и методологий для объяснения сложившейся ситуации; формулирование доказательных выводов на основе полученной информации; понимание изменений, обусловленных человеческой деятельностью; ответственность за последствия такой деятельности. Это именно те компетенции, формирование которых предусматривает STEM-образование.

На XXV Петербургском экономическом форуме в 2022 году одна из центральных тем была посвящена кардинальному изменению рынка труда и рискам, которые несет миру четвертая промышленная революция. В частности, в докладе модератора программы «Как обеспечить экономику квалифицированными кадрами?» Софья Малявина отметила, что в ближайшем будущем произойдет трансформация качества жизни, общения, деятельности и взаимодействия членов общества [15]. Так, в начале 2020-х годов произойдет кардинальное изменение: более половины навыков, которыми обладают современные работники, исчезнут, исчезнут даже некоторые профессии, а привычными станут те, которых еще не существует. Быстрые процессы технологических преобразований не только требуют изменений в сферах производства, управления, уровня подготовки выпускников [16], но и выдвигают новые требования к системе образования. В паспорте стратегии «Цифровая трансформация образования» [17] отмечается, что для того, чтобы удовлетворить научно-технические вызовы, разработали стратегию, основанную на следующих приоритетах:

- содействие развитию знаний, инноваций, образования и цифрового общества;
- устойчивый рост (развитие цифровых сервисов, модернизация инфраструктура, управление данными) и другое.

Учитывая вышесказанное, целесообразно более глубоко рассмотреть вопрос формирования и развития цифровой образовательной экосистемы STEM-образования в контексте расширения интеллектуальных навыков.

Обзор литературы / Literature review

Обзор научно-педагогической и методической литературы позволил нам выделить [18] ряд основных положений по теме исследования.

STEM-образование можно рассматривать как перспективный подход, предусматривающий использование интегрированной учебной программы, которая предоставляет возможности для более соответствующего, менее фрагментированного и более стимулирующего опыта для обучающихся. STEM-образование часто называют метадисциплиной, т. е. это «создание дисциплины на основе интеграции других дисциплинарных знаний в новое “целое”». По мнению зарубежных авторов Лам Тхи Бич Ле, Тоан Тай Трана, Нгок Хай Трана [19], STEM расшифровывается как наука, технология, инженерия и математика. Оно играет фундаментальную роль в развитии технологий, медицины, устойчивого развития, сельского хозяйства, национальной безопасности, экономики и общества, а также в поиске ответов на многие жизненные вопросы – так в своих исследованиях пишет С. У. Эгариеве [20].

С точки зрения оригинальной образовательной политики STEM – это образовательный подход, который предусматривает сочетание различных наук, технологий, инженерного творчества и математического мышления. Важным понятием, связанным с STEM-образованием, по мнению зарубежного автора С. У. Эгариеве, является междисциплинарность. Междисциплинарность в образовании рассматривают как педагогическую инновацию [21]. На наш взгляд, данный фактор STEM-образования очень важен с точки зрения формирования интеллектуальных компетенций, поскольку реализуется интегрированность научного, практического и трансдисциплинарного знания.

В научном исследовании Г. К. Ахметова и А. Ж. Мурзалинова [22] отмечают, что именно синтез науки (Science), технологий (Technology), инжиниринга (Engineering) и математики (Mathematics), реализуемый через робототехнику, конструирование, моделирование и 3D-проектирование, призван готовить высококвалифицированную рабочую силу, а также специалистов в STEM-профессиях. С этим нельзя не согласиться, так как при протекающем процессе цифровизации внедряются самые разнообразные технологии, новые способы автоматизации, требующие цифровых навыков от специалиста. Поэтому применение и развитие навыков в области STEM приобретает важную задачу с учетом компонентов новой индустриальной революции.

Современному обществу нужны компетентные специалисты. В новой реальности надо быть способным использовать в своей деятельности знания и навыки не одного, а сразу нескольких направлений научной мысли, подчеркивает в своем исследовании Н. О. Касымова [23]. Мы разделяем данную точку зрения, поскольку развитие общества без высококвалифицированных специалистов невозможно.

STEM-образование позволяет обучать студентов всех уровней способностей. Студенты разного уровня способностей могут совместно работать в коллективах над поиском решений проблем, записью данных, написанием отчетов, выступлением с презентациями и другими проектами. Конечный результат – студенты, которые понимают, как сотрудничать с другими, процветают в среде, ориентированной на команду [24].

Обучение лишь в форме передачи информации утратило смысл, как пишут в своих научных трудах Т. Ю. Гаврилова, О. Г. Игнатова [25]. В современном мире приобретает актуальность STEM-технологии образования, которое заключается в переосмыслении образования и в пересмотре целей обучения и воспитания, норм, форм и методов. Процесс обучения не должен только базироваться на запоминании, его необходимо переориентировать на развитие способности у обучающихся думать, анализировать, аргументировать и принимать верные решения.

Безусловно, STEM-образование имеет свои принципы. К ним, по мнению И. В. Дикой, А. А. Дикого, В. С. Набоки, относятся:

- принцип обязательной результативности деятельности – на занятиях в условиях STEM-образования обязательным условием является создание прототипов реальных продуктов;
- принцип сотрудничества – на занятиях организуется совместная деятельность как педагога с учащимися, так и учащихся друг с другом на основе межсубъектных связей и диалогового взаимодействия;
- принцип творчества и успеха – занятия, организованные либо в индивидуальной, либо в коллективной форме, позволяют раскрыть творческий потенциал учащихся;
- принцип индивидуальности – на занятиях педагог способствует созданию условий для индивидуального развития каждого учащегося [26].

Считаем необходимым для эффективной реализации STEM-образования дополнить перечень данных принципов еще принципом проектного формата обучения – т. е. получения знаний через прикладные задачи. Вместо абстрактных, оторванных от реальности заданий из учебной и научно-методической литературы обучающиеся создают собственные проекты, работа над которыми требует определенных знаний и навыков и не подразумевает единственно верного решения. Данный формат обучения способствует формированию умений решать нестандартные задачи в быстро изменяющихся условиях внешней обстановки.

В своих исследованиях Т. Ю. Кротенко отмечает, что STEM-обучение имеет колоссальные преимущества: оно совмещает в себе проектный и мультидисциплинарный способы обучения, то есть мы имеем дело с искомой интегрированной формой; оно дает возможность применять полученные знания в реальной деятельности при создании конкретного, востребованного в жизни продукта; позволяет развивать критическое и, что крайне важно, самостоятельное мышление, которое трудно формируется при использовании теоретического подхода [27]. Можно сделать вывод, что создается платформа для быстрого технологического подъема, что очень важно для устойчивого развития экономики страны.

Таким образом, STEM-обучение является одним из перспективных направлений образования XXI века. Именно поэтому уже сегодня нужно обучать лучших представителей приближающегося будущего, деятельность которых будет связана с технологией и высокотехнологичным производством на стыке с естественными науками. В связи с этим авторами разработан проект по внедрению цифровой экосистемы STEM-образования.

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

Теоретической и методической базой изучения явлений и процессов выступили системный теоретический анализ и синтез нормативно-правовой, научно-методической и педагогической литературы. Эмпирические методы, использованные в исследовании, представлены анкетированием и методом экспертных оценок.

Исследование было проведено на базе Самарского государственного социально-педагогического университета и Самарского социально-педагогического колледжа в несколько этапов: подготовка плана исследования, проведение опроса, обработка и анализ полученных результатов, формирование результатов. К участию в исследовании были привлечены 105 респондентов-педагогов.

На основе анализа были выявлены наиболее функциональные информационные ресурсы, необходимые для формирования результатов исследования. Анкетирование респондентов позволило заинтересовать педагогов в использовании STEM-подхода и убедить в важности, необходимости инновационных методов и технологий.

Результаты исследования / Research results

Несмотря на потенциальные преимущества и усиленное внимание к интегрированному STEM-образованию, при внедрении этой учебной стратегии мы сталкиваемся с проблемами. Прежде всего, внедрение интегрированного STEM-подхода в образовательную систему, которая имеет устоявшуюся, основанную на дисциплинах структуру, требует глубокой перестройки учебной программы и модулей. Более того, интегрированное STEM-образование часто требует дополнительных дидактических материалов, таких как цифровые образовательные ресурсы. Следовательно, создание среды, поддерживающей интегрированный STEM-подход к преподаванию и обучению, приобретает особую значимость. Это требует создания экосистемы интегрированных структурных модулей для обеспечения образовательных потребностей участников учебного процесса при внедрении STEM (рис. 1).

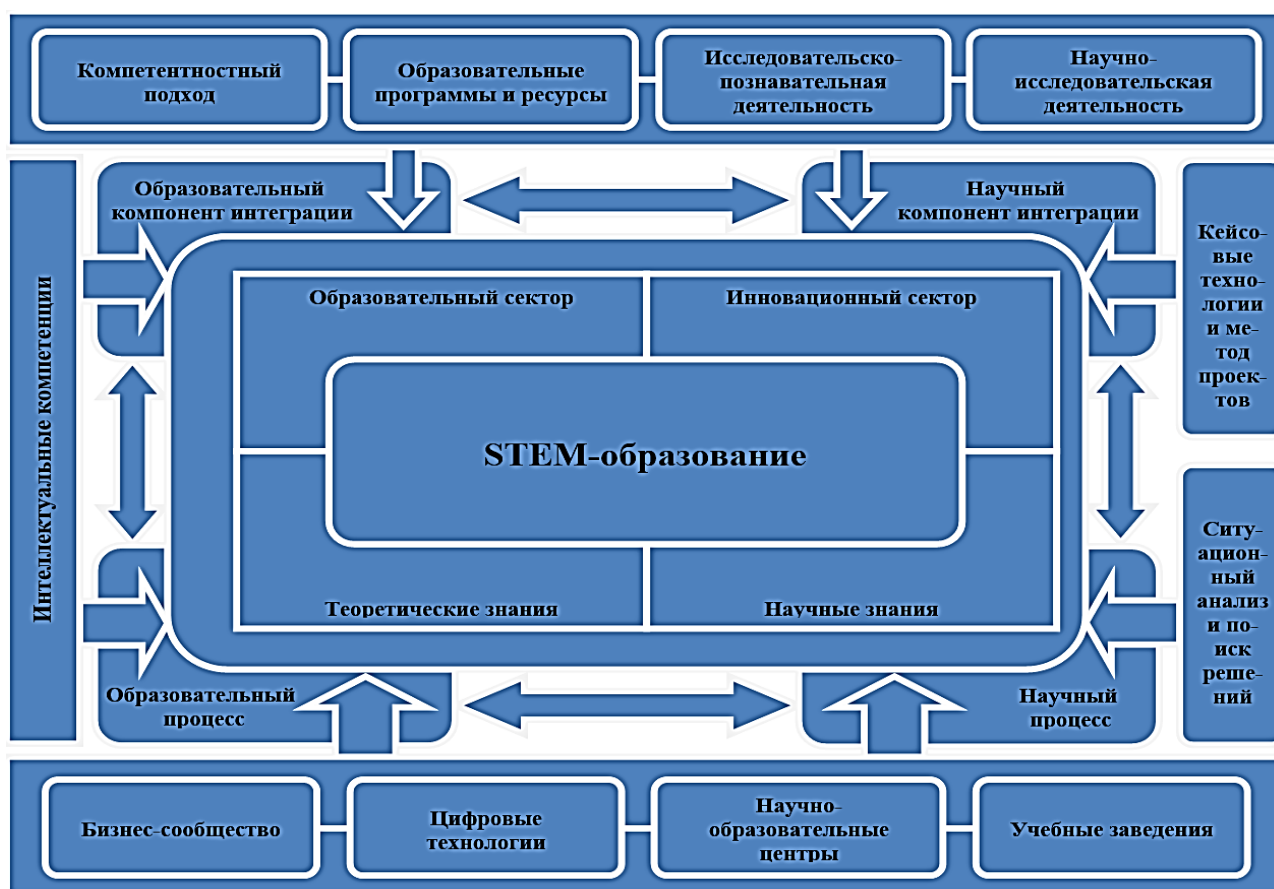


Рис. 1. Интегрированная образовательная модель экосистемы STEM-образования, разработанная авторами на основе исследований

Одним из подходов к внедрению интегрированного STEM-образования является развитие научного образования в рамках инновационного контура. Экосистему обучения, на наш взгляд, следует сосредоточить на внедрении инноваций с помощью технологий. Экосистемы STEM-образования обеспечивают архитектуру межсекторного обучения, предлагая всем обучающимся доступ к учебным средам, чтобы они могли развивать интеллектуальные навыки и участвовать в научных исследованиях, технологиях, технике и математике. Мощные образовательные экосистемы STEM подразумевают динамичное сотрудничество между учебными заведениями, научными центрами, бизнесом и обществом [28].

В цифровой век экосистемы STEM могут быть физическими или виртуальными (цифровыми) [29]. Цифровая экосистема STEM-образования предполагает широкое использование цифровых технологий для обеспечения образовательной деятельности ее участников и развитие соответствующих сетевых сообществ для эффективной коммуникации в виртуальном пространстве.

Экосистема STEM-образования включает участников образовательного процесса и инфраструктуры, которую можно отнести к необходимым условиям ее развития при цифровой трансформации образования. Образовательная экосистема реагирует как единое целое, когда изменяется любой из ее компонентов. Мы согласны с мнением многих исследователей [30, 31], что необходимо понимать образовательную экосистему как систему, которая не контролируется одной составляющей, а представляет собой серию сложных взаимосвязей между многими заинтересованными составляющими.

Рассмотрим некоторые составляющие экосистемы STEM-образования в соответствии с анализом полученных результатов исследования. Составляющие, относящиеся к образовательному сектору в экосистеме STEM-образования, имеют целью предоставление педагогами теоретических знаний в области STEM, разработку образовательных программ и ресурсов, подбор форм и методов для реализации подходов STEM-образования, предоставление возможности участия в STEM-проектах всем потенциальным участникам экосистемы, которые помогают обучающимся анализировать и решать реальные проблемы на уровне учебного заведения, района, города и т. д.

Инновационный сектор экосистемы STEM-образования предполагает развитие научного образования, расширение научно-исследовательской деятельности, применение кейс-технологий и ситуационного анализа при решении различных задач.

Создание сообществ как среды для обмена практиками и коммуникации является естественным процессом для совершенствования функционирования экосистемы. Не исключение и STEM-сообщества. В основу их деятельности положен анализ и построение учебных программ, координация инструкций, содействие профессиональному развитию педагогов и участие в различных решениях, имеющих фундаментальное значение для развития образовательной экосистемы STEM.

Бизнес-сообщество в экосистеме STEM-образования тоже играет важную роль: бизнесмены делятся собственным опытом, формулируют проблемы из реальной жизни, предоставляют благотворительную поддержку, доступ к техническим средствам, которых не хватает во время обучения, участвуют в оценке и сопровождении инновационных проектов и стартапов. Бизнес-сообщество может привлекать соискателей образования к реальным процессам производства, использованию цифровых инструментов для организации проектной деятельности и тому подобное. В частности, в России организуют различные мероприятия для поддержки инновационных

идей. Так, ежегодно, с 2015 года, происходит фестиваль молодежного предпринимательства, который объединяет более 3000 предпринимателей и профильных специалистов для обмена идеями, партнерства и улучшения бизнес-климата, где желающие могут поделиться собственными стратегиями. К таким сообществам активно приобщаются обучающиеся.

Отметим, что проведенный в ходе исследования опрос респондентов указывает на потребности и готовность педагогов к внедрению STEM, уровень которых зависит от образовательной политики по внедрению интегрированного обучения. 66% всех опрошенных указали, что STEM-уроки в их учебных заведениях возможны в условиях оснащения соответствующим обеспечением. 28,9% определяют, что внедрение STEM возможно на уроках как обязательная составляющая учебного плана, 5,1% считают, что внедрение STEM возможно только в научных учебных центрах (рис. 2).



Рис. 2. Результаты опроса о возможности внедрения STEM на уроках

Важнейшими причинами, которые тормозят внедрение STEM в образовательных учреждениях, по мнению экспертов, является: оснащение специализированных STEM-лабораторий – 44%; подготовка педагогов по вопросам методики внедрения STEM – 39%; подготовка преподавателей по использованию цифровых ресурсов и инструментов для STEM и необходимость целенаправленного формирования профессиональной компетенции [32] – 17% (рис. 3).

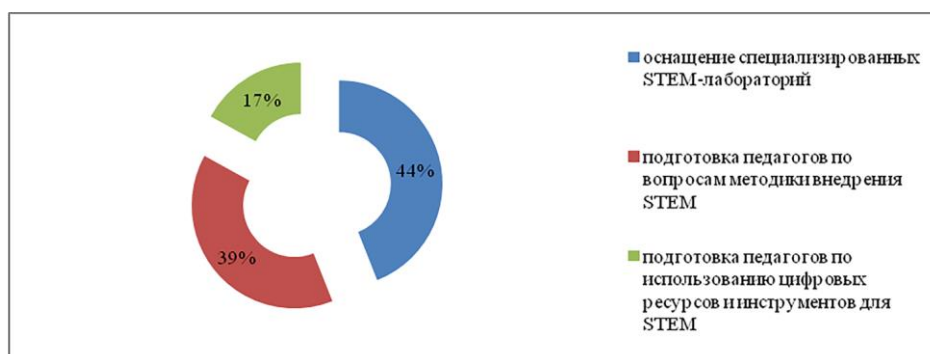


Рис. 3. Результат опроса о причинах, которые тормозят внедрение STEM-образования

Как было отмечено выше, одним из важных шагов для успешного внедрения STEM-образования является развитие научного образования, которое опирается на умение и навыки учащихся проводить научные исследования. Это подтверждает и результат

опроса о важности инновационных методов и педагогических технологий, которые целесообразно использовать при внедрении STEM-образования. Респонденты определяли для каждого из методов важность по шкале от 1 до 5, где 1 – совсем неважно, 5 – очень важно. В частности, для исследовательско-познавательного обучения и метода проектов этот коэффициент важности является самым высоким (рис. 4).

Исследовательско-познавательное обучение требует проведения научного исследования, что предполагает развитие важных навыков, которые делятся на две группы: навыки организации научных процессов и технологические навыки.

Навыки организации научных процессов (science process skills) способствуют формированию способности анализировать материалы и явления, свойства которых необходимо исследовать. Их сформированность может привести к пониманию новых научных идей и концепций, которые необходимы для изучения и исследования мира [33].

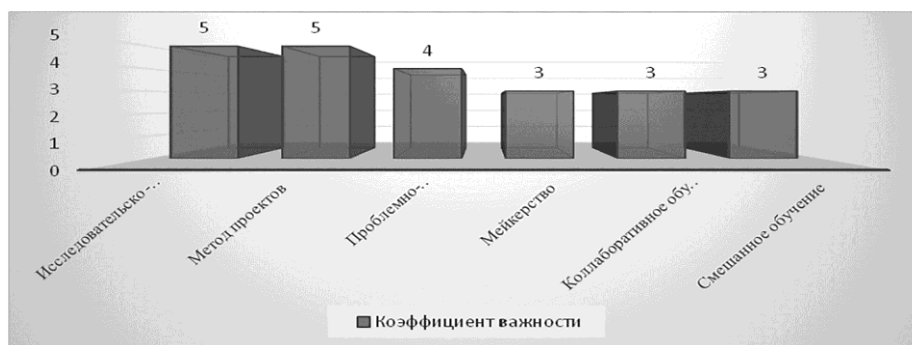


Рис. 4. Результаты опроса о важности инновационных методов и педагогических технологий в STEM-образовании

Технологические навыки в контексте STEM-подхода касаются использования оборудования для проведения исследований по отношению к уровню сформированности digital-навыков [34].

Согласно материалам научной литературы [35, 36] можно выделить навыки организации научных процессов, которые сгруппированы по двум типам: базовые и интегрированные (см. табл. 1). Базовые (более простые) обеспечивают основу для усвоения интегрированных (более сложных) навыков.

Не менее важным методом в STEM-образовании был определен метод проектов, который ориентирован на самостоятельную деятельность обучающихся – индивидуальную, парную, групповую. Обучающиеся выполняют в течение определенного отрезка времени задания, которые способствуют восприятию и пониманию учебной информации, поддержанию внимания и мотивации обучающихся [37].

Признаками проектной деятельности являются:

- наличие значимой для обучающихся реальной проблемы, касающейся либо их потребностей, либо потребностей их семей или общества;
- самостоятельная исследовательская деятельность обучающихся, которая завершается решением указанной проблемы посредством создания реального продукта, результата;
- решение проблемы предполагает интегрирование знаний из разных предметных областей;
- в создании продукта исследования должны участвовать все обучающиеся, при этом должна преобладать совместная деятельность и эффективная коммуникация;
- использование совокупности исследовательских, проблемных методов.

Таблица 1

Базовые навыки организации научных процессов

<i>Навык</i>	<i>Описание</i>
Базовые навыки организации научных процессов	
Наблюдение	Использование органов чувств для сбора информации об объекте или событии
Умозаключение	Создание «обоснованной догадки» об объекте или событии на основе предварительно собранных данных или информации. Процесс мышления, в результате которого из одного или нескольких суждений выводится новое суждение, в котором содержится новое знание
Измерение	Использование стандартных и нестандартных измерений или оценок для описания размеров объекта или события
Коммуникация	Использование слов или графических символов для описаний действий объекта или события
Классификация	Группировка или упорядочение объектов или событий по категориям на основе свойств или критериев
Прогнозирование	Представление исхода будущего события на основе очевидных доводов или предыдущих наблюдений
Интегрированные навыки организации научных процессов	
Управление переменными	Идентификация переменных, которые могут влиять на результат эксперимента, сохранение основных факторов неизменными и замена только независимой переменной
Оперативное определение	Определение измерения переменной объекта или его свойств, таких как размер, объем, продолжительность, количество и т. д.
Формулировка гипотез	Выдвижение вероятного предположения результата эксперимента. Догадка, положение, которое временно считается возможно истинным, пока не установлена истина. Правильная гипотеза должна базироваться на конкретных данных, содержать независимые и зависимые переменные, может быть проверена в результате эксперимента
Интерпретация данных	Организация данных и выводы на их основе
Экспериментирование	Способность проводить эксперимент, в частности ставить соответствующий вопрос или определять проблему, выдвигать гипотезу, определять и контролировать переменные, оперативно определять эти переменные, проводить «чистый» эксперимент и интерпретировать его результаты
Формулировка моделей	Создание ментальной или физической модели процесса или события

Описанные подходы при внедрении экосистемы STEM-образования предусматривают использование цифровых сред и инструментов. Для достижения высоких результатов деятельности [38] важно правильно подобрать цифровые инструменты для поддержки образовательной экосистемы, позволяющие сделать процесс обучения STEM максимально мотивированным и эффективным, в то время как невнимание к ним приводит к однообразию, незаинтересованности и трате лишних ресурсов (сил, энергии и времени) всех участников образовательного процесса. К цифровым инструментам и сервисам образовательной экосистемы STEM, которые помогают педагогу достигать образовательных целей в условиях внедрения смешанного и дистанционного обучения, относятся (см. табл. 2) следующие.

Результаты проведенного опроса свидетельствуют, что наибольшую заинтересованность при проведении STEM-уроков педагоги проявляют к использованию виртуальных лабораторий, 3D-принтеров, робототехнических наборов и средств для моделирования объектов и процессов. Видим, что современный педагог должен ориентироваться на многие составляющие [39]. В то же время респонденты указали на нехватку соответствующих средств обучения для внедрения STEM-образования (см. рис. 5).

Таблица 2

Цифровые инструменты для поддержки образовательной экосистемы STEM

Назначение цифровых инструментов	Примеры цифровых инструментов
Инструменты для создания электронного контента	
Создание и редактирование изображений	Платформы: Windows, Linux, MacOS, Andoid, iOS, Веб
Создание презентаций	Beautiful, Adobe InDesign, DesignCap, Canva, Vyond, Visme, Ludus
Создание интерактивного контента	HubSpot, Canva, Pablo, PiktoChart, Adobe Spark, Vectr, BeFunky, Pic Collage, Pixlr, Fotor, iMovie, Boomerang, Google Charts, Meme Generator, Giphy, LogoDesign.net
Создание видео, создание коллажей	Wondershare Filmora Video Editor, Canva
Интерактивные книги	Windows Kotobee, Flip PDF, ePUBee Maker, Сигил электронная книга, Calibre
Инструменты различного назначения	
Организация вебинаров	Microsoft Teams, Zoom, Google-класс, Airmeeet, get-Locus, Slido, Conceptboard
Организация общения через мессенджеры	ВКонтакте, Telegram, WhatsApp, Viber, Skype
Управление учебной групповой работой	Zoom, Webinar, Notion
Привлечение и проведение опросов	Google Forms, SurveyMonkey, WebAsk
Виртуальные цифровые доски	Popplet, RealtimeBoard (новое название Miro), Padlet, Rizzoma, Educreations, Explain Everything
Организация исследовательско-познавательного обучения	OLED-дисплеи
Система управления обучением	Microsoft Teams, Zoom, Google-класс, Open Colleges', Open Space и др.



Рис. 5. Результат опроса относительно необходимости и нехватки средств обучения при внедрении STEM-образования

Это, в свою очередь, объясняет высокую заинтересованность педагогов в совершенствовании своих компетенций по использованию цифровых инструментов, относящихся к следующим группам: виртуальные лаборатории, инструменты для программирования, удаленные лаборатории, учебные игровые среды (см. рис. 6).



Рис. 6. Результаты опроса относительно заинтересованности педагогов в ознакомлении с группами цифровых инструментов

Виртуальные лаборатории, к которым педагоги проявили наибольший интерес, это современные инструменты для проведения учебного эксперимента, что является важной составляющей научного образования в контексте современных требований [40]. Преимуществами виртуальных лабораторий, использующих технологию онлайн-моделирования явлений и процессов, являются:

- их доступность для всех участников образовательного процесса в любое время;
- эффективное наглядное представление процессов и явлений;
- возможность организации смешанного обучения: в виртуальных лабораториях обучающиеся имеют возможность применять то, что изучали теоретически, экспериментировать и практиковать столько раз, сколько захотят;
- возможность объяснять сложные понятия и процессы через эксперимент.

Заинтересованность в инструментах программирования объясняется тем, что данная технология позволяет создавать любые трехмерные модели, с помощью которых можно наглядно исследовать объекты, изучаемые по учебной программе. Цифровые инструменты в образовании позволяют получать наглядные модели, реальные прототипы для исследования, ускорять и удешевлять производство различных видов физических объектов.

Заключение / Conclusion

Анализ рынка труда и имеющихся источников демонстрирует необходимость использования современных цифровых инструментов, подбора и создания онлайн-среды, которая поможет сформировать необходимые интеллектуальные компетенции не только для достижения образовательных целей, но и для повышения эффективности обучения в целом.

В современных условиях для обеспечения нового государственного стандарта образования России, успешного внедрения технологий интегрированного обучения важным является развитие экосистемы STEM-образования, в котором каждый ее участник имеет свои задачи для достижения основных образовательных целей, связанных с развитием научного образования и формированием соответствующих интеллектуальных качеств, необходимых современному информационному обществу.

Проблемы реального мира не фрагментированы в отдельных дисциплинах, которым обучают в образовательных учреждениях, и для их решения людям нужны навыки, охватывающие эти дисциплины в комплексе. По этой причине была разработана комплексная модель экосистемы STEM-образования с использованием цифровых образовательных систем, формирующая и синтезирующая знания из различных областей. В современном высокотехнологичном мире требуются всесторонние навыки, поскольку новые научные открытия делаются на стыке наук: на стыке науки и искусства, науки и математики и естествознания, разных направлений естественных наук и инженерии.

Ссылки на источники / References

1. Коршунова О. В. Сельская школа: вхождение в эпоху цифромодернизма // Ярославский педагогический вестник. – 2022. – № 4 (127). – С. 18–29.
2. Баранников А. В. Организационно-обучающий контент как фактор непрерывного образования в условиях цифровой действительности // Конференциум АСОУ: сб. науч. тр. и материалов науч.-практ. конф. – Томск, 2021. – № 4. – С. 6–31.
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2017 г. № 1642 с изменениями и дополнениями от: 22 февраля, 30 марта, 26 апреля, 11 сентября, 4 октября 2018 г., 22 января, 29 марта 2019 г.
4. Некрасова Г. Н., Старшикова Л. В. Особенности организации научно-практического образовательного кластера в Мозырском районе // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта ім. І. П. Шамякіна. – 2021. – № 2(58). – С. 103–107.
5. Концепция развития математического образования в Российской Федерации Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2013 г. № 2506-р с изменениями от 8 октября 2020 года № 2604-р.
6. Ф3 Об образовании в Российской Федерации от 29.12.2012 «273-ФЗ (с изменениями и дополнениями от: 7 мая, 7 июня, 2, 23 июля, 25 ноября 2013 г., 3 февраля, 5, 27 мая, 4, 28 июня, 21 июля, 31 декабря 2014 г., 6 апреля, 2 мая, 29 июня, 13 июля, 14, 29, 30 декабря 2015 г., 2 марта, 2 июня, 3 июля, 19 декабря 2016 г., 1 мая, 29 июля, 5, 29 декабря 2017 г., 19 февраля, 7 марта, 27 июня, 3, 29 июля, 3 августа, 25 декабря 2018 г., 6 марта, 1 мая, 17 июня, 26 июля, 1 октября, 2, 27 декабря 2019 г., 6 февраля, 1, 18 марта, 24 апреля, 25 мая, 8 июня, 31 июля, 8, 30 декабря 2020 г., 17 февраля, 24 марта, 5, 20, 30 апреля, 26 мая, 11, 28 июня, 2 июля, 30 декабря 2021 г., 16 апреля, 11 июня, 14 июля, 24 сентября, 7 октября 2022 г.)».
7. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413) с изменениями и дополнениями от: 29 декабря 2014 г., 31 декабря 2015 г., 29 июня 2017 г., 24 сентября, 11 декабря 2020 г., 12 августа 2022 г.
8. Итоговый отчет о результатах анализа состояния и перспектив развития системы образования за 2020 год Министерства просвещения Российской Федерации.
9. Распоряжение Правительства РФ от 2 декабря 2021 г. № 3427-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения РФ».
10. Распоряжение Правительства РФ от 2 декабря 2021 г. № 3427-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения РФ».
11. Абатурова В. В. О государственной информационной системе «Современная цифровая образовательная среда» // Профильная школа. – 2020. – № 6. – С. 3–10.
12. Тестов В. А. Основные векторы стратегии российского образования // Вестник Вологодского государственного университета: Серия: гуманитарные, общественные, педагогические науки. – 2018. – № 1(8). – С. 84–87.
13. Байбородова Л. В. Проектирование допрофессиональной педагогической подготовки школьников в образовательной организации // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 45–52. DOI: 10.34216/2073-1426-2022-28-2-45-52
14. Ф3 Об образовании в Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ.
15. Кротенко Т. Ю. Трансформация традиционных институтов и сред обучения: STEM образование и современный образовательный ландшафт // Ярославский педагогический вестник. – 2022. – № 2(125). – С. 51–57.
16. Рыжаков М. В., Шишов С. Е. Уроки и опыт разработки государственных образовательных стандартов в Российской Федерации // Педагогика. – 2019. – № 2. – С. 3–13.

17. Распоряжение Правительства РФ от 2 декабря 2021 г. № 3427-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения РФ».
18. Симонова Г. И., Коньшева А. В., Котряхов Н. В. Особенности формирования рефлексивной позиции студентов в процессе обучения в вузе средствами информационно-коммуникационных технологий // Перспективы науки и образования. – 2018. – № 6(36). – С. 65–73.
19. Lam Thi Bich Le, Toan Thai Tran, Ngoc Hai Tran. Challenges to STEM education in Vietnamese high school contexts // Heliyon. – 2021. – 7. e08649.
20. Egarievwea Stephen U. Vertical Education Enhancement – A Model for Enhancing STEM Education and Research // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – 177. – P. 336–344.
21. Egarievwea Stephen U. Vertical Education Enhancement – A Model for Enhancing STEM Education and Research.
22. Ахметова Г. К., Мурзалинова А. Ж. STEM образование как направление обновления содержания образования в республике Казахстан // Методист. – 2018. – № 4. – С. 2.
23. Касымова Н. О. STEM-образование как научная новация // Актуальные вопросы образования и науки. – 2022. – № 1(73). – С. 53.
24. Итинсон К. С. STEM-образование: истоки возникновения и перспективы применения // Региональный вестник. – 2020. – № 4(43). – С. 50.
25. Гаврилова Т. Ю., Игнатова О. Г. STEM-образование в современной школе в рамках проектной деятельности по естественно-научным дисциплинам // Электронные библиотеки. – 2019. – № 6. – Т. 22. – С. 552.
26. Дикая И. В., Дикой А. А., Набока В. С. STEM-образование как инновационный подход в развитии современной школы // Наука и образование. – 2020. – № 12. – С. 5.
27. Кротенко Т. Ю. Трансформация традиционных институтов и сред обучения: STEM образование и современный образовательный ландшафт // Ярославский педагогический вестник. – 2022. – № 2(125). – С. 53.
28. Egarievwea Stephen U. Vertical Education Enhancement – A Model for Enhancing STEM Education and Research.
29. Sevil Ceylana, Zehra Ozdileka. Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – 177. – P. 223–228.
30. Богданова А. Н. STEM образование в школе в условиях индустрии 4.0 // Наука и образование: проблемы, идеи, инновации. – 2018. – № 6(9). – С. 14–16.
31. Богданова Е. А., Горев П. М., Лямина О. В. Организация проектно-исследовательской деятельности младших школьников через комплекс мероприятий «детский университет» // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2020. – № 5. – С. 130–145. – URL: <https://e-koncept.ru/2020/201039.htm>
32. Шакирова О. В., Булдакова Н. В. Исследование уровня готовности будущих педагогов к управлению проектной деятельностью учащихся основной школы // Вестник Вятского государственного университета. – 2022. – № 29(144). – С. 97–111.
33. Кротенко Т. Ю. Трансформация традиционных институтов и сред обучения: STEM образование и современный образовательный ландшафт.
34. Теоретические подходы к проектированию информационной образовательной среды технологического образования: монография / М. Л. Субочева, М. Е. Вайндорф-Сысоева, Г. Н. Некрасова и др.; под общ. ред. М. Л. Субочевой, М. Е. Вайндорф-Сысоевой. – М.: Издательство «Спутник +», 2018. – 207 с.
35. Жирнова В. И. STEM образование в школе // Известия института педагогики и психологии образования. – 2021. – № 1. – С. 106–108
36. Шкаредных А. С., Симонова Г. И. Возможности электронных образовательных ресурсов как средств дистанционного обучения // Вестник Вятского государственного университета. – 2022. – № 2 (144). – С. 86–96. DOI: 10.25730/VSU.7606.22.023
37. Шкаредных А. С., Симонова Г. И. Возможности электронных образовательных ресурсов как средств дистанционного обучения.
38. Горев П. М. Деятельность инновационной площадки как основа профессионального роста педагога // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – № S1. – С. 81–85. – URL: <https://e-koncept.ru/2016/76017.htm>
39. Горев П. М. Инструменты развития метапредметности в математическом образовании школьников // Математический вестник педвузов Волго-Вятского региона. – 2017. – № 19. – С. 6–19.
40. Петухова М. В., Новосёлова С. Ю., Соболева Е. В., Суворова Т. Н. Практическая деятельность по разработке системы задач как условие подготовки будущего педагога цифровой школы // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 2(50). – С. 189. DOI: 10.32744/pse.2021.2.13

1. Korshunova, O. V. (2022). "Sel'skaya shkola: vkhodzenie v epokhu cifromodernizma" [Rural school: entering the era of digital Modernism], *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, № 4 (127), pp. 18–29 (in Russian).

2. Barannikov, A. V. (2021). "Organizacionno-obuchayushchij kontent kak faktor nepreryvnogo obrazovaniya v usloviyah cifrovoj dejstvitel'nosti" [Organizational and educational content as a factor of continuing education in the conditions of digital reality], *Konferencium ASOU: sb. nauch. tr. i materialov nauch.-prakt. konf*, № 4, pp. 6–31 (in Russian).
3. Gosudarstvennaya programma Rossijskoj Federacii "Razvitie obrazovaniya" Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 26 dekabrya 2017 g. № 1642 s izmeneniyami i dopolneniyami ot: 22 fevralya, 30 marta, 26 aprelya, 11 sentyabrya, 4 oktyabrya 2018 g., 22 yanvarya, 29 marta 2019 g. [The State Program of the Russian Federation "Development of Education" was approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1642 dated December 26, 2017 with amendments and additions dated: February 22, March 30, April 26, September 11, October 4, 2018, January 22, March 29, 2019]. (in Russian).
4. Nekrasova, G. N., & Starshikova, L. V. (2021). "Osobennosti organizacii nauchno-prakticheskogo obrazovatel'nogo klastera v Mozyrskom rajone" [Some aspects of the organization of a scientific and practical educational cluster in the Mozyr district], *Vesnik Mazyrskaga dzyarzhaj'naga pedagagichnaga y'niversiteta im. I. P. Shamyakina*, № 2(58), pp. 103–107 (in Russian).
5. *Koncepciya razvitiya matematicheskogo obrazovaniya v Rossijskoj Federacii Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 24 dekabrya 2013 g. № 2506-r s izmeneniyami ot 8 oktyabrya 2020 goda № 2604-r* [The Concept of the Development of mathematical education in the Russian Federation was approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 2506-r dated December 24, 2013, with amendments No. 2604-r dated October 8, 2020]. (in Russian).
6. *FZ Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii ot 29.12.2012 "273-FZ (s izmeneniyami i dopolneniyami ot: 7 maya, 7 iyunya, 2, 23 iyulya, 25 noyabrya 2013 g., 3 fevralya, 5, 27 maya, 4, 28 iyunya, 21 iyulya, 31 dekabrya 2014 g., 6 aprelya, 2 maya, 29 iyunya, 13 iyulya, 14, 29, 30 dekabrya 2015 g., 2 marta, 2 iyunya, 3 iyulya, 19 dekabrya 2016 g., 1 maya, 29 iyulya, 5, 29 dekabrya 2017 g., 19 fevralya, 7 marta, 27 iyunya, 3, 29 iyulya, 3 avgusta, 25 dekabrya 2018 g., 6 marta, 1 maya, 17 iyunya, 26 iyulya, 1 oktyabrya, 2, 27 dekabrya 2019 g., 6 fevralya, 1, 18 marta, 24 aprelya, 25 maya, 8 iyunya, 31 iyulya, 8, 30 dekabrya 2020 g., 17 fevralya, 24 marta, 5, 20, 30 aprelya, 26 maya, 11, 28 iyunya, 2 iyulya, 30 dekabrya 2021 g., 16 aprelya, 11 iyunya, 14 iyulya, 24 sentyabrya, 7 oktyabrya 2022 g.)"* [Federal Law on Education in the Russian Federation dated 29.12.2012 "273-FZ (with amendments and additions from: May 7, June 7, July 2, July 23, November 25, 2013, February 3, May 5, 27, June 4, 28, July 21, December 31, 2014, April 6, 2 May, June 29, July 13, December 14, 29, 30, 2015, March 2, June 2, July 3, December 19, 2016, May 1, July 29, December 5, 29, 2017, February 19, March 7, June 27, July 3, 29, August 3, December 25, 2018, March 6, May 1, June 17, July 26, October 1, December 2, 27, 2019, February 6, March 1, 18, April 24, May 25, June 8, July 31, December 8, 30, 2020, February 17, March 24, April 5, 20, 30, May 26, June 11, 28, July 2, December 30, 2021, April 16, June 11, July 14, September 24, October 7, 2022)"]. (in Russian).
7. *Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart srednego obshchego obrazovaniya (utv. prikazom Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 17 maya 2012 g. № 413) s izmeneniyami i dopolneniyami ot: 29 dekabrya 2014 g., 31 dekabrya 2015 g., 29 iyunya 2017 g., 24 sentyabrya, 11 dekabrya 2020 g., 12 avgusta 2022 g* [Federal State Educational Standard of Secondary General Education (approved by Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 413 dated May 17, 2012) with amendments and additions dated: December 29, 2014, December 31, 2015, June 29, 2017, September 24, December 11, 2020, August 12, 2022]. (in Russian).
8. *Itogovyy otchet o rezul'tatah analiza sostoyaniya i perspektiv razvitiya sistemy obrazovaniya za 2020 god Ministerstva prosveshcheniya Rossijskoj Federacii* [Final report on the results of the analysis of the state and prospects for the development of the education system for 2020 of the Ministry of Education of the Russian Federation]. (in Russian).
9. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 2 dekabrya 2021 g. № 3427-r "Ob utverzhdenii strategicheskogo napravleniya v oblasti cifrovoj transformacii obrazovaniya, otnosyashcheysya k sfere deyatel'nosti Ministerstva prosveshcheniya RF"* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 3427-r dated December 2, 2021 "On Approval of the Strategic Direction in the Field of digital transformation of education related to the sphere of activity of the Ministry of Education of the Russian Federation]. (in Russian).
10. Ibid.
11. Abaturova, V. V. (2020). "O gosudarstvennoj informacionnoj sisteme "Sovremennaya cifrovaya obrazovatel'naya sreda" [About the state information system "Modern digital educational environment"], *Profil'naya shkola*, № 6, pp. 3–10 (in Russian).
12. Testov, V. A. (2018). "Osnovnye vektory strategii rossijskogo obrazovaniya" [The main vectors of the Russian education strategy], *Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta: Seriya: gumanitarnye, obshchestvennye, pedagogicheskie nauki*, № 1(8), pp. 84–87 (in Russian).
13. Bajborodova, L. V. (2022). "Proektirovanie doprofessional'noj pedagogicheskoy podgotovki shkol'nikov v obrazovatel'noj organizacii" [Designing of pre-professional pedagogical training of schoolchildren in an educational organization], *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psihologiya. Sociokinetika*, t. 28, № 2, pp. 45–52. DOI: 10.34216/2073-1426-2022-28-2-45-52 (in Russian).

14. FZ Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii ot 29.12.2012 № 273-FZ. [Federal Law on Education in the Russian Federation No. 273-FL dated 29.12.2012]
15. Krotenko, T. Yu. (2022). "Transformaciya tradicionnyh institutov i sred obucheniya: STEM obrazovanie i sovremennyy obrazovatel'nyj landshaft" [Transformation of traditional institutions and learning environments: STEM education and the modern educational landscape], *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, № 2(125), pp. 51–57 (in Russian).
16. Ryzhakov, M. V., & Shishov, S. E. (2019). "Uroki i opyt razrabotki gosudarstvennyh obrazovatel'nyh standartov v Rossijskoj Federacii" [Lessons and experience of the development of state educational standards in the Russian Federation], *Pedagogika*, № 2, pp. 3–13 (in Russian).
17. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 2 dekabrya 2021 g. № 3427-r "Ob utverzhdenii strategicheskogo napravleniya v oblasti cifrovoj transformacii obrazovaniya, otnosyashcheysya k sfere deyatel'nosti Ministerstva prosveshcheniya RF* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 3427-r dated December 2, 2021 "On approval of the strategic direction in the field of digital transformation of education related to the sphere of activity of the Ministry of Education of the Russian Federation"]. (in Russian).
18. Simonova, G. I., Konysheva, A. V., & Kotryahov, N. V. (2018). "Osobennosti formirovaniya refleksivnoj pozicii studentov v processe obucheniya v vuze sredstvami informacionno-kommunikacionnyh tekhnologij" [Characteristics of the formation of the reflexive position among students in the process of studying at the university by means of information and communication technologies], *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, № 6(36), pp. 65–73 (in Russian).
19. Lam Thi Bich Le, Toan Thai Tran, & Ngoc Hai Tran (2021). "Challenges to STEM education in Vietnamese high school contexts", *Heliyon*, 7. e08649 (in English).
20. Egarievwea, Stephen U. (2015). "Vertical Education Enhancement – A Model for Enhancing STEM Education and Research", *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 177, pp. 336–344 (in English).
21. Ibid.
22. Ahmetova, G. K., & Murzalinova, A. Zh. (2018). "STEM obrazovanie kak napravlenie obnovleniya sodержaniya obrazovaniya v respublike Kazakhstan" [STEM education as a direction of updating the content of education in the Republic of Kazakhstan], *Metodist*, № 4, p. 2 (in Russian).
23. Kasymova, N. O. (2022). "STEM-obrazovanie kak nauchnaya novaciya" [STEM education as a scientific innovation], *Aktual'nye voprosy obrazovaniya i nauki*, № 1(73), p. 53 (in Russian).
24. Itinson, K. S. (2020). "STEM-obrazovanie: istoki vozniknoveniya i perspektivy primeneniya" [STEM education: origins and prospects of application], *Regional'nyj vestnik*, № 4(43), p. 50 (in Russian).
25. Gavrilova, T. Yu., & Ignatova, O. G. (2019). "STEM-obrazovanie v sovremennoj shkole v ramkah proektnoj deyatel'nosti po estestvenno-nauchnym disciplinam" [STEM-education in a modern school within the framework of project-oriented activities in natural sciences], *Elektronnye biblioteki*, № 6, t. 22, p. 552 (in Russian).
26. Dikaya, I. V., Dikoj, A. A., & Naboka, V. S. (2020). "STEM-obrazovanie kak innovacionnyj podhod v razvitii sovremennoj shkoly" [STEM education as an innovative approach in the development of a modern school], *Nauka i obrazovanie*, № 12, p. 5 (in Russian).
27. Krotenko, T. Yu. (2022). Op. cit.
28. Egarievwea, Stephen U. (2015). Op. cit.
29. Sevil Ceylana, & Zehra Ozdileka (2015). "Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education", *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 177, pp. 223–228 (in English).
30. Bogdanova, A. N. (2018). "STEM obrazovanie v shkole v usloviyah industrii 4.0" [STEM education at school in the context of industry 4.0], *Nauka i obrazovanie: problemy, idei, innovacii*, № 6(9), pp. 14–16 (in Russian).
31. Bogdanova, E. A., Gorev, P. M., & Lyamina, O. V. (2020). "Organizaciya proektno-issledovatel'skoj deyatel'nosti mladshih shkol'nikov cherez kompleks meropriyatij "detskij universitet" [Organization of project- and research activities of primary school students through a set of activities "children's university"], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 5, pp. 130–145. Available at: <https://e-koncept.ru/2020/201039.htm> (in Russian).
32. Shakirova, O. V., & Buldakova, N. V. (2022). "Issledovanie urovnya gotovnosti budushchih pedagogov k upravleniyu proektnoj deyatel'nost'yu uchashchihsya osnovnoj shkoly" [Study of the level of readiness of future teachers to manage the project activities of secondary school students], *Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo universiteta*, № 29(144), pp. 97–111 (in Russian).
33. Krotenko, T. Yu. (2022). Op. cit.
34. Subocheva, M. L., Vajndorf-Sysoeva, M. E., & Nekrasova, G. N. et al. (2018). *Teoreticheskie podhody k proektirovaniyu informacionnoj obrazovatel'noj sredy tekhnologicheskogo obrazovaniya* [Theoretical approaches to the design of the information educational environment of technological education]: monografiya, Izdatel'stvo "Sputnik +", Moscow, 207 p. (in Russian).
35. Zhirnova, V. I. (2021). "STEM obrazovanie v shkole" [STEM education at school], *Izvestiya instituta pedagogiki i psihologii obrazovaniya*, № 1, pp. 106–108 (in Russian).

36. Shkarednyh, A. S., & Simonova, G. I. (2022). "Vozmozhnosti elektronnykh obrazovatel'nykh resursov kak sredstv distancionnogo obucheniya" [The potentials of electronic educational resources as a means of distance learning], *Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo universiteta*, № 2 (144), pp. 86–96. DOI: 10.25730/VSU.7606.22.023 (in Russian).
37. Ibid.
38. Gorev, P. M. (2016). "Deyatel'nost' innovacionnoj ploshchadki kak osnova professional'nogo rosta pedagoga" [The activity of the innovation platform as a basis for the professional growth of a teacher], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № S1, pp. 81–85. Available at: <https://e-koncept.ru/2016/76017.htm> (in Russian).
39. Gorev, P. M. (2017). "Instrumenty razvitiya metapredmetnosti v matematicheskom obrazovanii shkol'nikov" [Tools for the development of the meta-subjects in the mathematical education of schoolchildren], *Matematicheskij vestnik pedvuzov Volgo-Vyatskogo regiona*, № 19, pp. 6–19 (in Russian).
40. Petuhova, M. V., Novosyolova, S. Yu., Soboleva, E. V., & Suvorova, T. N. (2021). "Prakticheskaya deyatel'nost' po razrabotke sistemy zadach kak uslovie podgotovki budushchego pedagoga cifrovoj shkoly" [Practical activity on the development of a system of tasks as a condition for training a future teacher of a digital school], *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, № 2(50), p. 189. DOI: 10.32744/pse.2021.2.13 (in Russian).

Вклад авторов

О. Е. Пудовкина – автор в статье обосновал актуальность выбранной темы с учетом современных тенденций образовательной подготовки обучающихся по формированию компетенций, необходимых в условиях изменения рынка труда, рисков, которые несет миру четвертая индустриальная революция.

Е. С. Щербаков – автор в статье разработал цифровую экосистему STEM-образования, позволяющую формировать интеллектуальные компетенции обучающихся. Исследовал теоретические основы понятия «экосистема», междисциплинарные подходы и особенности внедрения интегрированного STEM-образования в учебный процесс.

А. В. Симонов – автор в статье провел опрос респондентов – педагогов Самарского государственного социально-педагогического университета и преподавателей средних профессиональных учебных заведений Самарского региона для определения путей развития, составляющих экосистемы STEM-образования.

Contribution of the authors

O. E. Pudovkina – the author in the article justified the relevance of the chosen topic taking into account the modern trends of educational training of students on the formation of competences necessary in the conditions of labor market changes, the risks that the fourth industrial revolution brings to the world.

E. S. Shcherbakov – the author has developed a digital ecosystem of STEM education that allows students to form intellectual competences. He studied the theoretical foundations of the "ecosystem" concept, interdisciplinary approaches and characteristics of integrated STEM education implementation in the educational process.

A.V. Simonov – the author conducted a survey of respondents - teachers of the Samara State Socio-Pedagogical University and teachers of secondary vocational educational institutions of the Samara region to determine the ways of development that make up the ecosystem of STEM education.