

*Научная статья*

УДК 378

ББК 74.480.215

DOI 10.25588/CSPU.2024.180.2.005

**Е. В. Гнатышина<sup>1</sup>, П. И. Никитин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID № 0000-0002-5960-586X

Доктор педагогических наук, доцент,  
заведующий кафедрой педагогики и психологии, Южно-Уральский  
государственный гуманитарно-педагогический университет,  
г. Челябинск, Российская Федерация.

*E-mail: gnatyshinaev@cspu.ru*

<sup>2</sup>ORCID № 0009-0001-0447-1294

Преподаватель кафедры режима и охраны в уголовно-исполнительной  
системе, Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний,  
г. Пермь, Российская Федерация.

*E-mail: pit3113@mail.ru*

## **STEM-ОБРАЗОВАНИЕ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ**

### **Аннотация**

*Введение.* Актуальность работы обусловлена потребностью общества в высококвалифицированных специалистах, обладающих критическим мышлением, высокой коммуникацией, кооперацией и креативностью. Формирование данных качеств возможно благодаря использованию современных методов и технологий обучения. В данной статье рассмотрены понятие, сущность и компонентный состав STEM-образования, а также возможности его внедрения в образовательную систему России.

*Материалы и методы.* При работе над статьей использованы такие методы исследования, как анализ научных трудов отечественных и зарубежных ученых, а также систематизация полученных данных. В ходе исследования мы пришли к выводу, что, несмотря на популярность STEM-образования в развитых странах, единого определения данного понятия на сегодняшний день

---

© Гнатышина Е. В., Никитин П. И., 2024

STEM-образование: теоретические основания и компонентный состав

не существует. Отечественные исследователи, такие как Д. А. Крылов, Т. В. Сибгатуллина, В. Н. Чемяков и др. пришли к выводу, что STEM-образование позволяет установить взаимосвязь науки, математики, инженерии и технологии, развивающие у обучаемых аналитическое мышление, способности к решению проблем и другие метапредметные компетенции.

*Результаты.* В результате проведенной работы обобщено и дополнено представление о сущности STEM-образования как модели обучения, использующей знания в области науки, технологии, инженерии и математики, необходимые для формирования общего представления о протекающих процессах окружающего мира, способствующей формированию компетенций XXI века. Выделены составляющие STEM-образования. STEM-образование представляет собой объединение знаний из таких областей, как естественные науки (science), технология (technology), инженерия (engineering) и математика (mathematics). Определено содержание компонентов STEM-образования, которое заключается в интеграции вышеназванных дисциплин, при этом каждая из областей способна сформировать определенные компетенции.

*Обсуждение.* STEM-образование является малоизученным направлением и не имеет четкого определения в научных кругах зарубежных и отечественных ученых, в связи с чем не пользуется популярностью в образовательной сфере нашей страны, несмотря на это, имеются все перспективы для его внедрения. Кроме того, процесс внедрения STEM-образования в деятельность образовательных учреждений может быть более быстрым, если преподаватели смогут определить его форму в зависимости от учебных целей.

*Заключение.* Каждый компонент STEM в виде науки, технологии, инженерии и математики способен формировать у обучающихся не только определенный уровень знаний, но и определенные

умения и навыки. Возможность внедрения STEM-образования в образовательную деятельность может способствовать повышению уровня подготовки обучающихся и качественному формированию у них необходимых компетенций за счет правильного использования компонентов, составляющих структуру STEM-образования. Компоненты STEM-образования влияют на процесс формирования 4 «К» компетенций. При этом эффективность использования STEM-образования будет выше, если его внедрять на разных уровнях подготовки.

**Ключевые слова:** образование; STEM-образование; исследовательские навыки; технология; инженерия; математика; навыки XXI века; «4К» компетенции.

**Основные положения:**

- раскрыта сущность STEM-образования и его компонентный состав;
- раскрыты принципы STEM-образования;
- обозначены перспективы внедрения STEM-образования на разных уровнях обучения: от дошкольного до высшего.

### **1 Введение (Introduction)**

Говоря о современных специалистах, задействованных в той или иной сфере деятельности, можно сказать, что они должны обладать навыками и способностями, позволяющими качественно выполнять поставленные перед ними задачи [1]. Кроме этого, современное общество находится на уровне высокого технологического и информационного прогресса, а развитие всех видов технологий в значительной степени сказывается на развитии самого общества.

С развитием общества меняются приоритеты и ценности. К основным ценностям современного общества можно отнести: умение решать задачи, общаться, работать в группе и находить идеи

для решения задач. Другими словами, это ничто иное, как «4К» компетенции (критическое мышление, коммуникация, кооперация и креативность). В целях формирования у будущих специалистов данных компетенций многими учеными (Е. Я. Аршанский, Т. В. Макеева, И. Н. Медведева, А. М. Михайлова, М. А. Пинская, О. А. Рябова, Н. С. Сологуб, И. Ю. Тарханова и др.) ведутся поиски методик и технологий, способствующих их формированию. Так, например, И. Н. Медведева и О. А. Рябова считают, что одним из способов развития «4К» компетенций является технология проектного обучения [2], а Н. С. Сологуб и Е. Я. Аршанский полагают, что развитию у обучаемых навыков XXI века способствует направление STEM-образования [3].

На сегодняшний день STEM-образование популярно во многих высокоразвитых странах мира, тогда как в России данное направление только начинает набирать свою популярность [4], поэтому его следует рассмотреть с таких сторон, как понятие, сущность и компонентный состав.

## **2 Материалы и методы (Materials and Methods)**

В качестве методов исследования использовались: изучение историографии проблемы, анализ научно-педагогических источников, изучение опыта внедрения STEM-образования на разных уровнях обучения, обобщение и систематизация полученных результатов.<sup>1</sup>

Понятие STEM-образования появилось относительно недавно, в 2001 году, когда Национальный научный фонд Америки установил взаимосвязь науки, математики, инженерии и технологии, позволяющую развивать у студентов аналитическое мышление, способность к решению проблем и формированию научных

---

<sup>1</sup> Пинская М. А., Михайлова А. М. Компетенции «4К»: формирование и оценка на уроке: практические рекомендации. М. : Корпорация «Российский учебник», 2019. – 76 с.

компетенций. Такая взаимосвязь получила аббревиатуру в виде четырех заглавных букв английского алфавита — STEM (science, mathematics, engineering and technology), которая в последующем была изменена на STEAM.<sup>1</sup> Однако наличие взаимосвязи четырех направлений не давало четкого определения и представления о STEM-образовании, в результате чего в научных кругах зарубежных стран начались активные обсуждения о понятии STEM-образования.

В начале XXI века годов ученые штата Пенсильвания дали следующее определение исследуемой категории: STEM-образование – это междисциплинарный подход к обучению [5], при котором строгие академические концепции сочетаются с реальными уроками, поскольку обучающиеся применяют естественнонаучные умения, технологии (в широком смысле не только компьютерные), инженерию и математику в контекстах, которые устанавливают связи между школой, обществом и работой.<sup>2</sup>

По мнению Geoffrey Migiros, STEM-образование представляет собой модель междисциплинарного обучения, при помощи которой обучающиеся учатся применять математику, инженерию, науку и технологию для объяснения явлений окружающего мира [6]. Также STEM-образование понимается как междисциплинарный подход, который фокусируется на практическом обучении и навыках решения критических проблем, используя знания из таких областей, как наука, технология, инженерия и математика.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> History of STEAM Education in the United States // STEM School. Rich : [сайт]. URL: <https://www.stemschool.com/articles/rich-history-of-stem-education-in-the-united-states> (дата обращения: 09.03.2023).

<sup>2</sup> STEM education // Britannica : [сайт]. URL: <https://www.britannica.com/topic/STEM-education/STEM-education> (дата обращения: 29.03.2023).

<sup>3</sup> What Is STEM Education? // WorldAtlas : [сайт]. URL: <https://www.worldatlas.com/articles/pg-editing-what-is-stem-education.html> (дата обращения: 29.03.2023).

В. Н. Чемяков и Д. А. Крылов дали определение STEM-образованию как образовательной программы, направленной на повышение уровня овладения обучающимися знаний в области науки, технологии, инженерии и математики, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и проблем [7]. С точки зрения Т. В. Сибгатуллиной, под STEM-образованием понимается обучение, основанное на междисциплинарном и прикладном подходах, которое включает в себя изучение инженерии, технологии и математики в совокупности с естественными науками.<sup>1</sup>

Проанализировав определения STEM-образования, мы установили, что данное направление имеет междисциплинарный и практический характер, в основе которого лежит изучение научных явлений с применением технологии, инженерии и математики, при этом каждый из компонентов имеет важное значение и играет свою роль в процессе обучения.

### **3 Результаты (Results)**

Изучив теоретические исследования, посвященные STEM-образованию, и существующую отечественную и зарубежную практику, мы пришли к пониманию, что отличием STEM-образования от междисциплинарного подхода является то, что обучение в STEM формате направлено не просто на объединение знания из разных дисциплин в одно целое, а на объяснение того или иного процесса с точки зрения дисциплин, составляющих STEM-образование. На основании вышеизложенного мы определили, что STEM-образование — это модель обучения, использующая знания в области науки, технологии, инженерии и математики, необходимые для формирования общего представления о протекающих

---

<sup>1</sup> Ученые КФУ рассмотрели проблемы внедрения STEM-образования в России // Медиапортал КФУ : [сайт]. Дата публикации: 19.07.2019 URL: <https://media.kpfu.ru/news/issledovanie-uchenykh-ipo-kfu-o-vozrastnoy-neodnorodnosti-uchiteley-stem> (дата обращения: 18.02.2024)

процессах окружающего мира, способствующая формированию компетенций XXI века. Каждый элемент аббревиатуры STEM в образовательной деятельности несет определенную смысловую нагрузку, так как каждая из областей способна сформировать определенные компетенции. Представим компоненты STEM-образования в виде схемы (рисунок 1).



Рисунок 1 — Компоненты STEM-образования

Figure 1 — Components of STEM education

Объединяясь в единую систему обучения, компоненты STEM-образования позволяют не просто дать ответ на изучаемый вопрос, но и определить его достоверность, используя инженерные построения и математические решения. Учитывая специфику каждого компонента и практический характер STEM-образования,

мы полагаем, что данному направлению присущи следующие принципы:

– *междисциплинарность*, позволяющая обучающимся рассмотреть изучаемые понятия с точки зрения нескольких дисциплин, получая при этом более полную и четкую картину изучаемых процессов;

– *проектоориентированность*, позволяющая обучающимся решать учебные задачи посредством выполнения проектов, позволяющих вырабатывать навыки командной работы;

– *креативность* при обучении и выполнении учебных задач, характеризующаяся наличием критического мышления и практической направленности, позволяющая воплотить реализуемые проекты в повседневную деятельность.

Таким образом, STEM-образование является уникальным направлением в педагогике, способным не только дать развернутый ответ о явлениях, протекающих в окружающем мире, но и сделать это доступным для людей разного уровня подготовки.

#### **4 Обсуждение (Discussion)**

Несмотря на то, что в России STEM-образование является относительно молодым и малоизученным направлением, у него имеются все перспективы для внедрения в образовательную деятельность на всех уровнях подготовки [8]. Так, с 2019 года в России существуют и действуют около 226 STEM-центров при вузах в различных регионах [9]. С 2017 года в ряде вузов нашей страны осваиваются магистерские программы подготовки учителей в области STEM-образования.<sup>1</sup>

С 1 сентября 2022 года в России начал действовать новый Федеральный государственный образовательный стандарт основ-

---

<sup>1</sup> STEM-образование в 2024 году // Язнаю : [сайт] URL: <https://www.kp.ru/edu/vuzy/stem-obrazovanie/> (дата обращения: 30.01.2024).



ного общего образования (ФГОС ООО) (приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования»). Содержание нового ФГОС ООО определяет особенности преподавания предмета «Технология», который состоит из инвариантного и вариативного модулей. Вариативный модуль содержит в себе направление подготовки в области «Робототехника»<sup>1</sup>, что является предпосылкой внедрения STEM-образования в образовательную программу средней школы [10]. Кроме того, вступившие в силу обновленные федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (3++) (ФГОС ВО (3++)) предъявляют к выпускникам вузов требования по наличию у них сформированных универсальных компетенций [11], характеризующих навыки XXI века. Также содержание ФГОС ВО (3++) указывает на наличие у выпускников вузов таких навыков, как умение разрабатывать и реализовывать проекты, самоорганизации и саморазвития.

Внедрение STEM-образования на всех уровнях подготовки позволит не только удовлетворить потребности государства, но и в целом повысить уровень образованности обучаемых. Из полученных нами результатов можно сделать вывод, что единого определения понятия «STEM-образование» ни зарубежными, ни отечественными учеными не установлено. С одной стороны, STEM-образование выступает в виде междисциплинарного подхода, с другой стороны, в виде модели междисциплинарного обучения, а некоторые авторы STEM-образование представляют в

---

<sup>1</sup> Гончарова А. Н. Методические рекомендации «Особенности преподавания технологии в 2022–2023 учебном году в условиях обновленного ФГОС ООО» [Электронный ресурс]. URL: <https://iom48.ru/wp-content/uploads/2022/06/tehnologiya.pdf> (дата обращения: 29.03.2023).

виде некой образовательной программы. Несмотря на разные представления, STEM-образование имеет общие признаки, а именно: наличие науки, технологии, инженерии и математики.

В нашем понимании STEM-образование — это определенное направление в обучении, которое будет принимать нужную форму в зависимости от учебных целей. Если необходимо установить взаимодействие между обучаемыми и преподавателем для решения какой-либо задачи или нескольких задач, то STEM-образование может быть представлено в виде метода обучения, как правило, практического характера. Если в процессе обучения необходимо достичь наиболее эффективного результата при помощи разнообразных форм, методов и средств обучения, то STEM-образование может выступить в виде технологии, в которой ключевыми элементами будут выступать наука, технология, инженерия и математика. В других случаях, когда в процессе обучения доминирует идея использования STEM-компонентов на основе определенного метода, STEM-образование можно представить в виде определенного подхода.

### **5 Заключение (Conclusion)**

Изменения общественных потребностей влекут за собой процессы реорганизации разных видов деятельности, в том числе образовательной. С появлением нужды в специалистах, обладающих «4К» компетенциями, возникла необходимость поиска новых методов обучения, способствующих их формированию. Получившее свою популярность в зарубежных странах STEM-образование не могло остаться без внимания и в России.

На первый взгляд STEM-образование является чем-то сложным, поскольку подразумевает одновременное объединение разных по своей структуре направлений деятельности. Однако наука, технология, инженерия и математика составляют общую

картину любого процесса окружающего нас мира. Следовательно, процесс интеграции является естественным, не требующим больших усилий. Тем самым STEM-образование является доступным к реализации на всех уровнях образования.

Для успешной и качественной реализации STEM-образования на разных уровнях подготовки необходим последовательный процесс его внедрения от дошкольного до вузовского уровня образования. Следует отметить, что на процесс формирования «4К» компетенций в значительной степени влияют не только знания научных областей, составляющих STEM-образование, но и навыки, образованные данными областями, т. е. обладая высоким уровнем научных знаний, обучающиеся могут понимать и объяснять изучаемые явления, технология дает обучаемым возможность конструировать процессы, взаимосвязанные с научными знаниями, область инженерного познания позволяет создавать объекты, объединенные научными знаниями и технологическими процессами, а математика может решать задачи, возникающие при изменении определенных показателей в научной, технологической и инженерной областях.

Таким образом, STEM-образование может выступить в виде универсального инструмента, позволяющего организовать подготовку высококвалифицированных специалистов, способных качественно выполнять поставленные перед ними задачи.

### Библиографический список

1. Smith E. & White P. (2019), “Where Do All the STEM Graduates Go? Higher Education, the Labour Market and Career Trajectories in the UK”, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 26–40. DOI 10.1007/ s10956-018-9741-5. EDN: FTVVGX (Scopus, WoS, ERIH PLUS, Inspec).
2. Медведева И. Н., Рябова О. А. Развитие системы 4к-компетенций учащихся в процессе использования технологии проектного обучения // Ган-

зейские дни нового времени в Пскове: новые возможности для сферы образования : материалы Международной научной конференции «Северная Европа, Псков и Ганзейский союз в прошлом и настоящем», 21–23 мая 2019 года. Псков, 2019. С. 88–93. EDN: IXVZTQ

3. Сологуб Н. С., Аршанский Е. Я. Особенности построения учебной дисциплины «STEAM-подход в естественнонаучном образовании» в контексте подготовки будущих учителей естественнонаучных учебных предметов // Высшая школа. 2021. № 3 (143). С. 47–52. EDN: QDKIH

4. Корецкий М.Г., Тукаева Л. Р. Развитие STEM-подхода в России и мире // Гуманитарные и социальные науки. 2022. Т. 93, № 4. С. 148–153. DOI 10.18522/2070-1403-2022-93-4-148-153. EDN: NYVDZV

5. Santangelo J., Hobbie L., Lee Ja., Pullin M., Villa-cuesta E. & Hyslop A. (2021), “The (STEM)2 network: a multi-institution, multidisciplinary approach to transforming undergraduate STEM education”, *International Journal of STEM Education*, vol. 8, no. 1, pp. 1–15. DOI 10.1186/s40594-020-00262-z. EDN: BZFIHR (Scopus, WoS, ERIH PLUS).

6. Uddin Sh., Imam T. & Mozumdar M. (2021), “Research interdisciplinarity: STEM versus NON-STEM”, *Scientometrics*, vol. 126, no. 1, pp. 603–618. DOI 10.1007/s11192-020-03750-9. (Scopus, WoS, ERIH PLUS DBLP, GeoRef, Inspec).

7. Чемяков В. Н., Крылов Д. А. Stem — новый подход к инженерному образованию // Вестник Марийского государственного университета. 2015. № 5 (20). С. 59–64. EDN: VCEDDV

8. Нгуен Х.Н., Ле С.К., Нгуен В.Х., Нгуен В.Б., Нгуен Т.Т.Ч., Тай Х.М., Ле Х.Ми.Н. Как меняются субъективные представления педагогов о STEM-образовании // Вопросы образования. 2020. № 2. С. 204–229. DOI 10.17323/1814-9545-2020-2-204-229. EDN: ZZRLSO (WOS (ESCI), Scopus, RSCI).

9. Репин А. О. Актуальность STEM-образования в России как приоритетного направления государственной политики // Научная идея. 2017. № 1. С. 76–82. EDN: ZAHIDV

10. Hermita N., Alim J.A., Putra Z.H., Nasien D. & Wijoyo H. (2023), “Developing STEM autonomous learning city map application to improve critical thinking skills of primary school teacher education students”, *Perspectives of science and education*, no. 4, pp. 675–690. DOI 10.32744/pse.2023.4.41. EDN: ANCTDG

11. Никитина Т. В. Диагностический инструментарий для мониторинга сформированности профессиональной коммуникативной компетенции курсантов вузов ФСИН России // Вестник Томского государственного университета. 2019. № 441. С. 196–205. DOI 10.17223/15617793/441/26. EDN: SRCKSH (WOS (ESCI), RSCI).

**Ye. V. Gnatyshina<sup>1</sup>, P. I. Nikitin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID No. 0000-0002-5960-586X

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Pedagogy and Psychology, South-Ural state  
Humanities-Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia.

*E-mail: gnatyshinaev@cspu.ru*

<sup>2</sup>ORCID No. 0009-0001-0447-1294

Lecturer at the Department of Regime and Security in the Penal System,  
Perm Institute of the Federal Penal Service of Russia, Perm', Russia.

*E-mail: pit3113@mail.ru*

## **STEM-EDUCATION: THEORETICAL BASES AND COMPOSITION**

### **Abstract**

*Introduction.* The relevance of the work is due to the need of society for highly qualified specialists with critical thinking, high communication, cooperation and creativity. The formation of these qualities is possible through the use of modern teaching methods and technologies. This article discusses the concept, essence and component composition of STEM-education, as well as the possibilities of its introduction into the educational system of Russia.

*Materials and methods.* When working on the article, such research methods as the analysis of scientific works of domestic and foreign scientists who study STEM-education, as well as the systematization of the data obtained, were used. In the course of the study, we came to the conclusion that, despite the popularity of STEM-education in developed countries, there

is currently no single definition of this concept. Studying foreign experience in the training of technical specialists, domestic scientists such as V.N. Chemekov, D.A. Krylov, T.V. Sibgatulina and others came to the conclusion that STEM-education allows us to establish the relationship between science, mathematics, engineering and technology, developing students' analytical thinking, problem-solving abilities and scientific competencies.

*Results.* As a result of the work carried out, the idea of the essence of STEM-education as a learning model using knowledge in the field of science, technology, engineering and mathematics, necessary for the formation of a general idea of the processes of the surrounding world, contributing to the formation of competencies of the 21st century, is generalized and supplemented. The components of STEM-education are highlighted. STEM-education is a combination of knowledge from such fields as natural sciences (science), technology (technology), engineering (engineering) and mathematics (mathematics). The content of the components of STEM-education is determined, which consists of the integration of the above-mentioned disciplines, while each of the areas is able to form certain competencies.

*Discussion.* STEM-education is a little-studied area and does not have a clear definition in the scientific circles of foreign and domestic scientists, and therefore is not popular in the educational sphere of our country. Despite this, there are all prospects for its implementation. In addition, the process of introducing STEM education into the activities of educational institutions can be faster if teachers can determine its form depending on educational goals.

*Conclusion.* Each component of STEM in the form of science, technology, engineering and mathematics is able to form students not only a certain level of knowledge, but also certain skills and abilities. The possibility of introducing STEM-education into educational activities can contribute to improving the level of training of students and the qualitative formation of their necessary competencies through the proper use of components that make up the structure of STEM-education.

**Keywords:** Education; STEM education; Science; Technology; Engineering; Mathematics; XXIst century skills; “4K” competencies.

**Highlights:**

The analysis of scientific and pedagogical sources, the study of the experience of the introduction of STEM education at different levels of education in Russia and abroad;

The essence of STEM-education and its component composition are revealed;

The prospects for the introduction of STEM-education at different levels of education are outlined: from preschool to higher education.

**References**

1. Smith E. & White P. (2019), “Where Do All the STEM Graduates Go? Higher Education, the Labour Market and Career Trajectories in the UK”, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 26–40. DOI 10.1007/ s10956-018-9741-5. EDN: FTVVGX (Scopus, WoS, ERIH PLUS, Inspec).

2. Medvedeva I.N. & Ryabova O.A. (2019), *Razvitie sistemy 4k-kompetencij uchashchihsya v processe ispol'zovaniya tekhnologii proektnogo obucheniya* [Development of the 4k competence system of students in the process of using project-based learning technology], *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii “Severnaya Evropa, Pskov i Ganzejskiy*

*soyuz v proshlom i nastoyashchem*” “*Ganzejskie dni novogo vremeni v Pskove: novye vozmozhnosti dlya sfery obrazovaniya*”, 21–23 maya 2019 goda [Proceedings of the International Scientific Conference “Northern Europe, Pskov and the Hanseatic League in the past and present” “Hanseatic Days of Modern Times in Pskov: new opportunities for education”], May 21-23, 2019, 88–93. EDN: IXVZTQ (In Russian).

3. Sologub N.S. & Arshansky E.Ya. (2021), *Osobennosti postroeniya uchebnoj discipliny "STEAM-podhod v estestvennonauchnom obrazovanii" v kontekste podgotovki budushchih uchitelej estestvennonauchnyh uchebnyh predmetov* [Features of the construction of the academic discipline "STEAM approach in natural science education" in the context of training future teachers of natural science subjects], *Vyshejshaya shkola*, 3 (143), 47–52. EDN: QDKIHN (In Russian).

4. Koretsky M.G. & Tukaeva L.R. (2022), *Razvitie STEM-podxoda v Rossii i mire* [Development of the STEM approach in Russia and the world], *Gumanitarny`e i social`ny`e nauki*, 4, 148–153. DOI: 10.18522/2070-1403-2022-93-4-148-153. EDN: KXIBYC. (In Russian).

5. Santangelo J., Hobbie L., Lee Ja., Pullin M., Villa-cuesta E. & Hyslop A. (2021), “The (STEM)2 network: a multi-institution, multidisciplinary approach to transforming undergraduate STEM education”, *International Journal of STEM Education*, vol. 8, no. 1, pp. 1–15. DOI 10.1186/s40594-020-00262-z. EDN: BZFIHR (Scopus, WoS, ERIH PLUS).

6. Uddin Sh., Imam T. & Mozumdar M. (2021), “Research interdisciplinarity: STEM versus NON-STEM”, *Scientometrics*, vol. 126, no. 1, pp. 603–618. DOI 10.1007/s11192-020-03750-9. (Scopus, WoS, ERIH PLUS DBLP, GeoRef, Inspec).

7. Chemekov V.N. & Krylov D.A. (2015), *Stem – novyj podhod k inzhenernomu obrazovaniyu* [Stem — a new approach to engineering education], *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta*, 5 (20), 59–64. EDN: VCEDDV (In Russian).

8. Nguyen H.N., Le S.K., Nguyen V.H., Nguyen V.B., Nguyen T.T.C., Tai H.M. & Le H.M.N. (2020), *Kak menyayutsya sub"ektivnye predstavleniya pedagogov o STEM-obrazovanii* [How teachers' subjective ideas about STEM education change], *Voprosy obrazovaniya*, 2. 204–229. DOI 10.17323/1814-9545-2020-2-204-229. EDN: ZZRLSO (WOS (ESCI), Scopus, RSCI) (In Russian).



9. Repin A.O. (2017), *Aktual`nost` STEM-obrazovaniya v Rossii kak prioritetnogo napravleniya gosudarstvennoj politiki* [Relevance of STEM education in Russia as a priority direction of state policy], *Nauchnaya ideya*, 1, 76–82. EDN: ZAHIDV (In Russian).

10. Hermita N., Alim J.A., Putra Z.H., Nasien D. & Wijoyo H. (2023), “Developing STEM autonomous learning city map application to improve critical thinking skills of primary school teacher education students”, *Perspectives of science and education*, no. 4, pp. 675–690. DOI 10.32744/pse.2023.4.41. EDN: ANCTDG

11. Nikitina T.V. (2019), *Diagnostichestskij instrumentarij dlya monitoringa sformirovannosti professional'noj kommunikativnoj kompetencii kursantov vuzov Federal'noy sluzhby ispolneniya nakazaniy Rossii* [A Diagnostic Tool for Monitoring the Formation of Professional Communicative Competence of Cadets of Universities of the Federal Penitentiary Service of Russia], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 441, 196–205. DOI 10.17223/15617793/441/26. EDN: SRCKSH (WOS (ESCI), RSCI). (In Russian).

***Статья поступила в редакцию 18.12.2023; одобрена после рецензирования 22.01.2024; принята к публикации 04.04.2024.***

***The article was submitted 18.12.2023; approved after reviewing 22.01.2024; accepted for publication 04.04.2024.***

