

Т.Ф. Маратова<sup>1\*</sup> , Б.Г. Бостанов<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: [maratova.tolganay1@gmail.com](mailto:maratova.tolganay1@gmail.com)

## ПУТИ РЕШЕНИЯ БАРЬЕРОВ ИНТЕГРАЦИИ STEM-ОБРАЗОВАНИЯ В ПОДГОТОВКУ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ

### Аннотация

Это исследование основано на количественном методе, в котором приняли участие 129 учителей информатики (51 мужчина и 78 женщин) из 43 школ города Алматы. Цель данного исследования узнать о барьерах и пути их решения для внедрения, интегрированного STEM (science, technology, engineering and mathematics) образования в подготовку будущих учителей информатики. Результаты исследования могут быть использованы при разработке образовательных программ в высших учебных заведениях, что приведет к улучшению подготовки будущих учителей информатики. Несмотря на многочисленные исследования, посвященные преимуществам и стратегиям STEM-образования, барьеры и способы их преодоления при внедрении этой системы, особенно с точки зрения преподавателей, остаются недостаточно изученными. В процессе подготовки будущих учителей информатики существуют различные препятствия с ограниченным доступом к ресурсам, недостаточной подготовкой учителей, нехваткой времени и средств на переподготовку. Эти барьеры включают личные, институциональные и системные проблемы, которые могут препятствовать интеграции STEM в практику преподавания. В исследовании выявляются эти пробелы и подчеркивается необходимость устранения барьеров для повышения качества образования в области компьютерных наук и в подготовке будущих учителей информатики.

**Ключевые слова:** барьеры, проблемы, STEM образование, учителя информатики, интеграция, обучение.

Т.Ф. Маратова<sup>1</sup>, Б.Г. Бостанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ДАЯРЛАУҒА STEM-БІЛІМ БЕРУДІ КІРІКТІРУДЕГІ КЕДЕРГІЛЕРДІ ШЕШУ ЖОЛДАРЫ

### Аңдатпа

Бұл зерттеу Алматы қаласындағы 43 мектептен 129 информатика мұғалімі (51 ер адам және 78 әйел) қатысқан сандық әдіске негізделген. Бұл зерттеудің мақсаты болашақ информатика мұғалімдерін даярлауға STEM (science, technology, engineering and mathematics) кіріктірілген білім беруді енгізудегі кедергілер мен оларды шешу жолдары туралы білу. Зерттеу нәтижелерін жоғары оқу орындарында білім беру бағдарламаларын әзірлеуде қолдануға болады, бұл болашақ информатика мұғалімдерінің дайындығын жетілдіруге әкеледі. STEM білім берудің артықшылықтары мен стратегиялары туралы зерттеулерге қарамастан, оны жүзеге асырудағы кедергілер мен оларды шешу жолдары, әсіресе оқытушылардың көзқарасы бойынша, онша түсінікті болмауы мүмкін. Болашақ информатика мұғалімдерін даярлау барысында ресурстардың шектеулі қолжетімділігі, мұғалімдердің жеткіліксіз дайындығы, қайта даярлау үшін уақыт пен қаражаттың жетіспеушілігі сияқты әртүрлі кедергілер кездеседі. Бұл кедергілер STEM-ді оқыту тәжірибесіне кіріктіруге кедергі келтіруі мүмкін жеке, институционалдық және жүйелік мәселелерді қамтиды. Зерттеу осы олқылықтарды анықтайды және информатика саласындағы білім беру сапасын жетілдіруге және болашақ информатика мұғалімдерін даярлауға кедергілерді жою қажеттілігін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** кедергілер, проблемалар, STEM білім беру, информатика мұғалімдері, кіріктіру, оқыту.

T.F. Maratova<sup>1</sup>, B.G. Bostanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan

## WAYS TO SOLVE BARRIERS TO INTEGRATING STEM EDUCATION INTO INFORMATICS TEACHER TRAINING

### *Abstract*

This study is based on a quantitative method, which involved 129 informatics teachers (51 men and 78 women) from 43 schools in Almaty. The purpose of this study is to learn about barriers and ways to solve them for the implementation of integrated STEM (science, technology, engineering and mathematics) education in the training of future informatics teachers. The obtained research data will help to develop improved and modernized educational programs at universities, thanks to which it is possible to improve the training of future informatics. Despite research on the benefits and strategies of STEM education, barriers and solutions to its implementation, especially from the point of view of teachers, may be less clear. In the process of training future informatics teachers, there are various obstacles with limited access to resources, insufficient teacher training, lack of time and funds for retraining. These barriers include personal, institutional, and systemic issues that may hinder the integration of STEM into teaching practice. The study identifies these gaps and highlights the need to eliminate barriers to improving the quality of education in informatics and in the training of future computer science teachers.

**Keywords:** barriers, problems, STEM education, informatics teachers, integration, training.

### **Основные положения**

В эпоху стремительного технологического прогресса и растущей зависимости от цифровой инфраструктуры потребность в квалифицированных специалистах по информатике как никогда остра. Интеграция STEM-образования в подготовку будущих специалистов в области информатики часто рассматривается как решение, позволяющее сократить разрыв в навыках и стимулировать инновации. Однако, несмотря на свой потенциал, внедрение STEM-образования в этой области сталкивается со значительными препятствиями. Эти препятствия, начиная от институциональной инерции и ограниченности ресурсов и заканчивая педагогическими проблемами и общественным восприятием, препятствуют плавному внедрению целостного подхода STEM [1].

### **Введение**

На сегодняшний день старые структуры образовательных программ, которые утверждались годами, являются преградой и проблемой для внесения каких-либо изменений и модернизации образовательных программ. Эта проблема имеет социальное значение, поскольку она связана с качеством образования в области информатики и подготовкой рабочей силы, обладающей необходимыми навыками для процветания в высокотехнологичных отраслях. Интеграция STEM-образования может способствовать получению студентами более целостного и актуального опыта обучения, в подготовке их к будущей карьере и удовлетворению требований быстро меняющегося мира [2]. В Казахстане разработаны и реализуются несколько стратегий и стандартов, направленных на развитие STEM-образования, что подтверждает государственную приверженность к этому направлению. Одним из ключевых документов является концепция STEM-образования в Республике Казахстан на 2021-2030 гг., которая определяет стратегические цели и приоритеты в этой области. Основные цели концепции включают развитие интереса к STEM-дисциплинам, улучшение качества STEM-образования и поддержку преподавателей STEM-предметов. Другим важным документом является Государственная программа развития образования на 2021-2025 гг., которая охватывает широкий спектр задач, включая модернизацию образовательной инфраструктуры, разработку новых образовательных программ и увеличение финансирования образовательных учреждений. Предложение по решению этой проблемы предполагает проведение исследования для выявления и понимания конкретных барьеров, препятствующих интеграции STEM образования в подготовку будущих учителей

информатики. Цель исследования – выявить ключевые барьеры препятствующие эффективной интеграции STEM-образования в подготовку будущих учителей информатики и проанализировать пути их решения. Кроме того, исследование может способствовать информированию о разработке различного вида мероприятий, учебных пособий, учебников и т.д. для устранения выявленных барьеров и усиления интеграции STEM образования в подготовку будущих учителей информатики.

Интеграция STEM-образования в образовательную программу по информатике рассматривается как важнейшая стратегия развития таких необходимых навыков, как умение решать проблемы, критическое мышление и междисциплинарные знания. Литературный анализ показывает, что STEM образование повышает способность студентов применять теоретические концепции к решению реальных задач, что является ключевой компетенцией будущих специалистов в области информатики. Более того, интеграция дисциплин STEM может привести к созданию более инновационного и всестороннего образовательного опыта [3]. Несмотря на признанные преимущества, интеграции STEM-образования в подготовку будущих специалистов по информатике препятствует ряд барьеров. Эти барьеры можно разделить на институциональные, педагогические, связанные с ресурсами и социальные проблемы (Рисунок 1).



Рисунок 1. Виды STEM барьеров

Педагогические барьеры – к педагогическим проблемам относится нехватка квалифицированных преподавателей, способных эффективно преподавать предметы STEM. В различных исследованиях подчеркивается необходимость в программах профессионального развития и переподготовки, чтобы обеспечить учителей необходимыми навыками и знаниями. Институциональные барьеры - образовательные учреждения часто имеют устоявшиеся учебные планы и методики преподавания, которые трудно изменить. Кроме того, отсутствие административной поддержки и негибкие политические рамки еще больше усложняют интеграцию подходов STEM [4]. Ресурсный барьер – нехватка ресурсов создает еще одну серьезную проблему. Школам и университетам часто не хватает финансовых ресурсов для инвестирования в передовые технологии и инфраструктуру, необходимые для эффективного STEM-образования. Социальные барьеры – общественное восприятие и культурные установки в отношении областей STEM также могут препятствовать их интеграции. Кроме того, родители и общество в целом часто не осознают ценности STEM-образования [5].

### Методология исследования

В данном исследовании применяется количественный метод для анализа препятствий, связанных с внедрением STEM-образования в подготовку будущих информатиков. Целью исследования является выявление барьеров и трудностей, с которыми сталкиваются школьные учителя информатики. Инструментом исследования был опрос, который проводился среди 129 учителей информатики в городе Алматы по Google Forms. Участниками стали педагоги из школ, с которыми у Казахского национального женского педагогического университета

заключены контракты на прохождение педагогической практики студентами [6]. Полученные данные могут стать основой для создания образовательных программ, а также для повышения квалификации учителей. Конфиденциальность респондентов были соблюдены и участникам было сообщено, что их участие является добровольным и анонимным.

### Результаты исследования

Полученные результаты выявили такие барьеры, как ограниченный доступ к ресурсам, проблемы с подготовкой учителей, ограничения образовательных программ и барьеры, связанные с сотрудничеством и междисциплинарными подходами (Рисунок 2).

Барьеры для участия в интегрированном обучении STEM

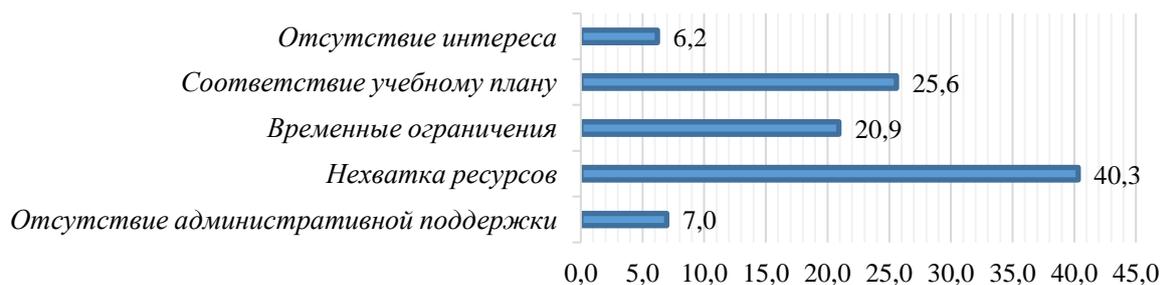


Рисунок 2. Барьеры для интегрирования STEM

По результатам анкетирования выявленные барьеры указывают создают проблему, возникшую до и во время внедрения STEM-образования для среднего образования. При этом наибольший процент составляет нехватка ресурсов 40,3% и соответствие учебному плану 25,6% это говорит о том, что учителям нужны изменения и модернизация учебных планов и ресурсов. Но также, важно отметить и временные ограничения 20,9% которые являются немаловажным фактором. Самыми минимальными являются отсутствие административной поддержки 7,0% и отсутствие интереса 6,2%. То есть распространенность таких барьеров, как нехватка ресурсов, соответствие учебным планам и временные ограничения, подчеркивает необходимость целенаправленных вмешательств для оказания поддержки учителям в преодолении этих препятствий. Последствия этих барьеров обсуждаются с точки зрения необходимости целенаправленного профессионального развития, пересмотра образовательных программ и расширения сотрудничества между учителями информатики.

А также, необходимо создать пути решения барьеров, которые позволяют наилучшим образом внедрить интегрированное обучение. Основываясь на это, мы решили спросить о предпочитаемых ресурсах для интегрированного обучения для будущих информатиков (Рисунок 3).

Предпочтительные ресурсы для интеграции STEM

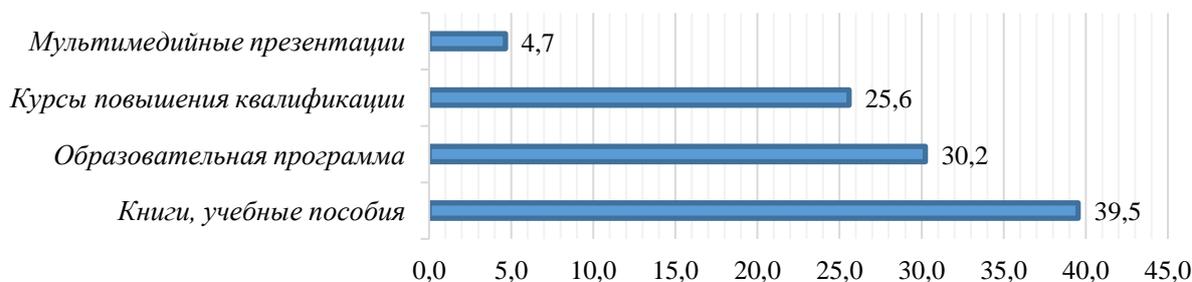


Рисунок 3. Предпочтительные ресурсы для интегрирования STEM

По результатам анкетирования, наиболее высокий процент набрали книги и учебные пособия 39,5% и изменение образовательной программы 30,2%. Курсы повышения

квалификаций, в то время как мультимедийные презентации набрали всего лишь 7%. А также, результате анкетирования выяснилось, что учителя информатики в школах испытывают потребность и выражают желание пройти переподготовку и переквалификацию. Это свидетельствует о высоком уровне заинтересованности преподавателей в повышении своей квалификации и освоении новых методов обучения.

Результаты исследования выявили несколько ключевых препятствий на пути внедрения STEM-образования в подготовку будущих специалистов по информатике:

- Ограниченный доступ к ресурсам: многие преподаватели информатики заявили о трудностях с доступом к достаточным ресурсам и материалам для включения практических занятий по STEM в их образовательные программы. Это включало в себя нехватку финансирования для приобретения оборудования, ограниченную доступность соответствующих учебных материалов и недостаточный доступ к STEM-лабораториям или помещениям.

- Недостаточная подготовленность учителей: исследование выявило, что некоторые учителя информатики считают себя недостаточно подготовленными к внедрению STEM-образования в свою практику преподавания. Им может не хватать необходимых знаний, навыков и педагогических стратегий для эффективной интеграции концепций STEM в процесс преподавания.

- Ограничения образовательной программы: исследование показало, что существующие ограничения образовательной программы и стандартизированные оценки в образовании по информатике часто ставят во главу угла теоретические аспекты, оставляя ограниченное пространство для интеграции концепций и практик STEM. Учителя информатики сообщали, что им приходилось преодолевать образовательную программу в ограниченные сроки, что мешало им эффективно использовать практические занятия по STEM.

- Ограниченное сотрудничество и междисциплинарные подходы: результаты исследования указывают на отсутствие сотрудничества и междисциплинарных подходов в программах подготовки учителей информатики. Многие участники отметили трудности в координации с преподавателями других предметных областей и поиске возможностей для межпредметной интеграции [7].

- Нехватка времени и перегруженность образовательной программой: Учителя часто сталкиваются с нехваткой времени из-за плотной образовательной программы. Интеграция STEM-образования может восприниматься как дополнительная нагрузка, поскольку требует специального времени для планирования, совместной работы и реализации. Учителям может быть сложно найти баланс между охватом основного предметного содержания и внедрением концепций STEM.

- Давление на оценку и подотчетность: стандартизированное тестирование и меры подотчетности могут поставить во главу угла знание содержания, а не процессно-ориентированный характер STEM-образования. Учителя могут испытывать давление, заставляя их сосредоточиться на подготовке к тестированию и освещении содержания, а не на предоставлении возможностей для открытого изучения и решения проблем.

- Кажущаяся неактуальность: некоторые учителя информатики могут воспринимать STEM-образование как не имеющее отношения к их предмету или не видеть непосредственных преимуществ интеграции концепций STEM. Им может быть сложно установить связь между STEM и информатикой, что приводит к сопротивлению или безразличию к внедрению STEM-образования.

- Пробелы в профессиональном развитии: у учителей информатики могут отсутствовать адекватные возможности для профессионального развития, ориентированные на STEM-образование. Без постоянного обучения и поддержки учителям может быть сложно обновлять свои методы обучения и внедрять инновационные стратегии преподавания STEM.

- Партнерские отношения с руководством: взаимодействие с местными отраслями промышленности, предприятиями и общественными организациями является важным

аспектом STEM-образования. Однако установление и поддержание значимых партнерских отношений может быть сложной задачей для школ и учителей, ограничивая возможности для подлинных связей и получения опыта в реальном мире [8].

Устраняя эти барьеры и внедряя рекомендации, вытекающие из результатов исследований, программы подготовки учителей информатики могут лучше снабдить будущих учителей информатики знаниями, навыками и ресурсами, необходимыми для эффективной интеграции STEM-образования в их практику преподавания. Это, в свою очередь, может повысить качество образования в области информатики и лучше подготовить студентов к будущей карьере в областях, основанных на технологиях.

### **Дискуссия**

Решение перечисленных барьеров требует многогранного подхода. Хотя STEM-образование имеет значительные перспективы для подготовки будущих специалистов в области информатики, необходимо устранить многочисленные препятствия, чтобы полностью реализовать его потенциал. Понимая эти проблемы и изучая жизнеспособные решения, заинтересованные стороны могут работать над созданием более интегрированной и эффективной образовательной системы, которая подготовит студентов к требованиям современного мира. Педагогический барьер является одним из основных препятствий, выявленных в ходе исследования. Для того чтобы решить предлагаются следующие действия:

- Разработка распространение учебных материалов и ресурсов;
- Поддержка и стимулирование учителей;
- Интеграция STEM-образования в образовательные программы;
- Поддержка со стороны государства и образовательных учреждений.

Для преодоления институциональных барьеров, связанных с устоявшимися учебными планами и методиками преподавания в образовательных учреждениях, а также с отсутствием административной поддержки и негибкими политическими рамками, можно использовать следующие стратегии и решения:

- Усиление административной поддержки и создания поддержки на уровне руководства;
- Поддержка инноваций и пилотных проектов;
- Разработка и внедрение новых стандартов и нормативов;
- Организация обучающих мероприятий и конференций.

Ресурсный барьер в STEM-образовании –это проблема нехватки финансовых ресурсов для инвестиций в технологии и инфраструктуру, необходимую для эффективного преподавания предметов STEM. Для преодоления этого барьера можно использовать разнообразные стратегии, которые помогут обеспечить школы и университеты необходимыми ресурсами. Например, 17 марта 2018 г. в Казахском национальном педагогическом университете имени Абая был создан «Педагогический STEM-парк», который стал важным шагом на пути к модернизации STEM-образования в Казахстане.

Еще одним существенным препятствием, отмеченным участниками, являются социальные барьеры. Решение социальных барьеров в STEM-образовании включают общественное восприятие и культурные установки, которые могут препятствовать интеграции STEM-дисциплин в образовательный процесс. Важно решить эти проблемы, чтобы создать позитивное отношение к STEM-образованию и повысить осведомленность о его значении.

В результатах этого исследования имеются несколько важных препятствий для программ подготовки будущих информатиков. Во-первых, необходимо внедрять целевые инициативы по повышению квалификации, чтобы удовлетворить конкретные потребности учителей информатики в области интеграции STEM-образования. Эти программы должны быть направлены на повышение педагогических навыков, знаний о содержании и технологической грамотности. Во-вторых, необходимо пересмотреть структуру образовательных программ, чтобы обеспечить большую гибкость и включить междисциплинарные подходы, позволяющие беспрепятственно интегрировать принципы STEM в образование по

информатике. Кроме того, необходимы информационно-пропагандистские усилия для обеспечения адекватного финансирования и ресурсов для поддержки внедрения STEM образования в процессе обучения информатике [9]. Устраняя такие барьеры как совершенствуя педагогические подходы, институциональную инерцию, уменьшая ограниченность ресурсов, изменяя общественное восприятие, продвигая инклюзивные практики и пропагандируя поддерживающую политику, мы можем создать более эффективную и справедливую систему STEM-образования. Это, в свою очередь, даст будущим специалистам по информатике навыки и знания, необходимые для процветания во все более сложном и технологически ориентированном мире.

Важно отметить, что эти выводы и следствия являются специфическими для контекста нашего исследования. Необходимы дальнейшие исследования этих барьеров и пути их решения, чтобы получить более полное представление о проблемах и потенциальных решениях, взаимодействующие с интегрированием STEM в подготовку будущих информатиков [10].

### Заключение

В этом исследовании анализируются ключевые препятствия на пути внедрения STEM-образования в процесс подготовки будущих учителей информатики. Исследование выявило несколько ключевых препятствий, таких как ограниченный доступ к ресурсам, проблемы с подготовкой учителей и недостаточное сотрудничество между различными дисциплинами.

Исследование подчеркивает необходимость целенаправленных инициатив по повышению квалификации учителей информатики, пересмотра структуры образовательных программ и обеспечения адекватного финансирования и ресурсов для поддержки внедрения STEM образования. Укрепление междисциплинарного сотрудничества также является ключевым аспектом для обмена опытом и передовой практикой. Для более полного понимания проблем и разработки эффективных стратегий интеграции STEM-образования в подготовку учителей информатики необходимо проведение дополнительных исследований. Это позволит разработать и внедрить решения, которые помогут преодолеть выявленные барьеры.

Таким образом, выявленные барьеры и способы их решения помогут способствовать более эффективной подготовке будущих информатиков. А также, помогут в улучшении качества образования, что в конечном итоге приведет к лучшей подготовке студентов к будущей карьере в высокотехнологичных отраслях.

### Список использованных источников

- [1] Hasanah U., Tsutaoka T. An outline of worldwide barriers in science, technology, engineering and mathematics (STEM) education // *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. – 2019. – Т. 8. – №. 2. – С. 193-200. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18350>
- [2] Heron P. J., Williams J. A. Building confidence in STEM students through breaking (unseen) barriers // *Geoscience Communication*. – 2022. – Т. 5. – №. 4. – С. 355-361. <https://doi.org/10.5194/gc-5-355-2022>
- [3] Maratova T. et al. About the Need to Attract Girls to Education Using the Stem Methodology in the Informatics Educational Program // *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. – IEEE, 2023. – С. 343-346. <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223496>
- [4] Pappa C. I., Georgiou D., Pittich D. Technology education in primary schools: addressing teachers' perceptions, perceived barriers, and needs // *International Journal of Technology and Design Education*. – 2024. – Т. 34. – №. 2. – С. 485-503. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09828-8>
- [5] Abramowitz B. et al. Scientist-School STEM Partnerships Through Outreach in the USA: A Systematic Review // *International Journal of Science and Mathematics Education*. – 2024. – С. 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10445-7>
- [6] Maratova T. et al. The need for modern teachers to integrate informatics with STEM education // *World Transactions on Engineering and Technology Education*. – 2024. Т. 22. – №. 1. – С. 38-43. URL: [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.%202022,%20No.1%20\(2023\)/06-Maratova-T.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.%202022,%20No.1%20(2023)/06-Maratova-T.pdf)

[7] Kayan-Fadlelmula F. et al. A systematic review of STEM education research in the GCC countries: Trends, gaps and barriers //International Journal of STEM Education. – 2022. – Т. 9. – С. 1-24. Education and Technology.–2021. –С. 456-460. <https://doi.org/10.1109/ICET.2021.001122>.

[8] Ejiwale J. A. Barriers to successful implementation of STEM education //Journal of Education and Learning (EduLearn). – 2013. – Т. 7. – №. 2. – С. 63-74. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v7i2.220>

[9] Tuparova D., Veleva V., Tuparov G. About some barriers in usage of educational computer games by teachers in STEM //2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). IEEE, 2019. C. 727-730. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8756999>

[10] Fang S. C., Fan S. C. Exploring teachers' conceptions and implementations of STEM integration at the junior secondary level in Taiwan: An interview study //International Journal of Science and Mathematics Education. – 2023. – Т. 21. – №. 7. – С. 2095-2121. . <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10335-w>

#### References

[1] Hasanah, U., & Tsutaoka, T. (2019). An outline of worldwide barriers in science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 8(2), 193-200. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18350>

[2] Heron, P. J., & Williams, J. A. (2022). Building confidence in STEM students through breaking (unseen) barriers. Geoscience Communication, 5(4), 355-361. <https://doi.org/10.5194/gc-5-355-2022>

[3] Maratova, T., Bostanov, B., Kultan, J., Ongarbayeva, A., Syranchieva, Z., & Nauryzbayev, D. (2023, May). About the Need to Attract Girls to Education Using the Stem Methodology in the Informatics Educational Program. In 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (pp. 343-346). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223496>

[4] Pappa, C. I., Georgiou, D., & Pittich, D. (2024). Technology education in primary schools: addressing teachers' perceptions, perceived barriers, and needs. International Journal of Technology and Design Education, 34(2), 485-503. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09828-8>

[5] Abramowitz, B., Ennes, M., Kester, B., & Antonenko, P. (2024). Scientist-School STEM Partnerships Through Outreach in the USA: A Systematic Review. International Journal of Science and Mathematics Education, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10445-7>

[6] Maratova T. et al. The need for modern teachers to integrate informatics with STEM education // World Transactions on Engineering and Technology Education. – 2024. Т. 22. – №. 1. – С. 38-43. URL: [[http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.%2022,%20No.1%20\(2023\)/06-Maratova-T.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.%2022,%20No.1%20(2023)/06-Maratova-T.pdf)]

[7] Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: Trends, gaps and barriers. International Journal of STEM Education, 9, 1-24. <https://doi.org/10.1109/ICET.2021.001122>.

[8] Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. Journal of Education and Learning (EduLearn), 7(2), 63-74. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v7i2.220>

[9] Tuparova, D., Veleva, V., & Tuparov, G. (2019, May). About some barriers in usage of educational computer games by teachers in STEM. In 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 727-730). IEEE. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8756999>

[10] Fang, S. C., & Fan, S. C. (2023). Exploring teachers' conceptions and implementations of STEM integration at the junior secondary level in Taiwan: An interview study. International Journal of Science and Mathematics Education, 21(7), 2095-2121. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10335-w>