

 Р.Н. Сыздыкова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан
e-mail: r.syzddykova@aues.kz

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ В STEM ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА

Проектное обучение стало ключевым педагогическим подходом в STEM-образовании, особенно в подготовке студентов инженерных специальностей к решению сложных реальных задач. В данном обзоре представлен краткий анализ последних международных исследований, опубликованных в период с 2019 по 2026 год, посвященных внедрению проектного обучения в сфере высшего образования в STEM-областях. Выбранная литература рассматривается с точки зрения методологии исследования, проектирования обучения и полученных образовательных результатов. Анализ показывает, что большинство эмпирических исследований используют смешанные методы или квазиэкспериментальные схемы и последовательно демонстрируют положительное влияние такого обучения на инженерные компетенции студентов, навыки решения проблем, мотивацию и междисциплинарное мышление. Особые проблемы включают оценку результатов обучения, интеграцию междисциплинарного контента и использование цифровых и лабораторных учебных сред. Систематизируя ключевые выводы и выявляя преобладающие исследовательские тенденции, данный обзор подчеркивает необходимость большей терминологической согласованности и методологического соответствия в будущих исследованиях. Результаты могут послужить основой для разработки учебных программ и способствовать эффективной интеграции проектно-ориентированных стратегий обучения в инженерном и STEM - образовании.

Ключевые слова: проектное обучение, STEM-образование, литературный анализ, инженерные компетенции студентов, педагогические стратегии и модели, критическое мышление.

Р.Н. Сыздыкова

Алматы энергетика және телекоммуникация университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: r.syzddykova@aues.kz

Бакалавр студенттерінің инженерлік құзыреттіліктерін дамыту үшін STEM-дегі жобаға негізделген оқытудың қысқаша талдауы

Жобаға негізделген оқыту STEM білім берудегі, әсіресе инженерлік студенттердің күрделі, нақты әлемдегі мәселелерді шешуге дайындаудағы негізгі педагогикалық тәсілге айналды. Бұл шолуда STEM жоғары білім беруде жобаға негізделген оқытудың енгізу бойынша 2019 және 2026 жылдар аралығында жарияланған соңғы халықаралық зерттеулердің қысқаша талдауы ұсынылған. Таңдалған әдебиеттер зерттеу әдіснамасы, оқу дизайны және білім беру нәтижелері түрфысынан қарастырылады. Талдау көптеген эмпирикалық зерттеулер аралас әдістердің немесе квазиэксперименттік зерттеулердің қолданынын және жобаға негізделген оқытудың студенттердің инженерлік құзыреттілігіне, мәселелерді шешу дағдыларына, мотивациясына және пәнаралық ойлауына оң әсерін үнемі көрсететінін көрсетеді. Ерекше қындықтарға оқу нәтижелерін бағалау, пәнаралық мазмұнды біріктіру және цифрлық және зертханалық оқыту орталарын пайдалану жатады. Негізгі нәтижелерді жүйелеу және басым зерттеу үрдістерін анықтау арқылы бұл шолу болашақ зерттеулерде терминологиялық бірізділік пен әдіснамалық үйлесімділікті арттыру қажеттілігін көрсетеді. Нәтижелер оқу бағдарламасын әзірлеу үшін

негіз бола алады және инженерлік және STEM білім берудегі жобаға негізделген оқыту стратегияларын тиімді интеграциялауға ықпал ете алады.

Түйін сөздер: жобаға негізделген оқыту, STEM білімі, әдеби талдау, студенттің инженерлік құзыреттіліктері, педагогикалық стратегиялар мен модельдер, сынни ойлау.

R.N. Syzdykova

Energo University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: r.syzdykova@aues.kz

A brief analysis of project-based learning in STEM for developing engineering competencies of undergraduate students

Project-based learning has become a key pedagogical approach in STEM education, particularly in preparing engineering students to tackle complex, real-world problems. This review presents a brief analysis of recent international studies published between 2019 and 2026 on the implementation of project-based learning in STEM higher education. The selected literature is examined in terms of research methodology, instructional design, and educational outcomes. The analysis reveals that most empirical studies employ mixed methods or quasi-experimental designs and consistently demonstrate positive impacts of project-based learning on students' engineering competencies, problem-solving skills, motivation, and interdisciplinary thinking. Particular challenges include assessing learning outcomes, integrating interdisciplinary content, and using digital and laboratory-based learning environments. By systematizing key findings and identifying prevailing research trends, this review highlights the need for greater terminological consistency and methodological alignment in future research. The results can serve as a basis for curriculum development and promote the effective integration of project-based learning strategies in engineering and STEM education.

Keywords: project-based learning, STEM education, literary analysis, student engineering competencies, pedagogical strategies and models, critical thinking.

Введение

STEM-образование (Science, Technology, Education & Mathematics) в широком смысле определяется как междисциплинарный подход, интегрирующий науку, технологии, инженерию и математику для развития критического мышления, креативности, навыков решения проблем и сотрудничества среди учащихся. Согласно ЮНЕСКО [1] STEM охватывает эти дисциплины как единую образовательную парадигму, призванную обеспечить людей компетенциями, необходимыми для решения сложных глобальных проблем и внесения вклада в устойчивое развитие [2]. Анализ современной литературы показывает, что STEM-образование это не просто сумма его дисциплинарных частей, а скоординированная педагогическая стратегия, охватывающая научные и технические знания с применением в реальном мире [3-7]. Всё больше исследований подчёркивают важность таких терминов, как «проектное обучение», «инженерные тематические исследования» и «цифровые/виртуальные лаборатории», как ключевых компонентов эффективного обучения в

области STEM [8-14]. Исследователи отмечают, что определения STEM часто различаются в зависимости от заинтересованных сторон и контекста внедрения, однако существует согласие относительно его направленности на исследование, интеграцию и инновации.

Исследования со студентами инженерных специальностей показывают, что проектно-ориентированное обучение в области STEM может значительно улучшить практические навыки решения проблем у студентов и их способность переносить теоретические знания на инженерные задачи проектирования [15-19].

Современные концепции также изучают когнитивные аспекты STEM, такие как междисциплинарное мышление и инженерное проектирование на основе рассуждений в контексте физики и математики. Хотя проектное обучение все чаще применяется в STEM-образовании во всем мире, в том числе в инженерных программах, учёные подчеркивают необходимость передовых методов и согласованной терминологии для обеспечения его педагоги-

ческой эффективности. Следовательно, изучение проектно-ориентированного обучения (ПОО) в STEM-областях имеет важное значение для

развития инженерных компетенций и совершенствования педагогической практики в высшем образовании.

Метод исследования

Для поиска специальной литературы в виде научных публикаций использовался специальный протокол анализа. Основы протокола изложены в литературе [20], и он состоит из нескольких шагов.

Первый этап - поиск научных статей. Для этого просмотрены доступные статьи в четырех самых распространенных базах данных литературы. Основные базы данных литературы – Web of Science, Scopus, Google Scholar и arXiv.org. В результате были получены 108 научных статей.

Второй этап - организация литературы, то есть изучение только тех статей, в которых описаны методы и реальные результаты по проектно-ориентированному обучению в STEM. В результате было отобрано 22 научных статей за 2019-2025 годы.

Третий этап – это распределение публикаций по трем ключевым вопросам:

1. Как ПОО влияет на формирование инженерных компетенций у студентов технических специальностей?

2. Какие педагогические стратегии и модели ПОО наиболее эффективны для интеграции STEM-дисциплин?

3. Как можно оценить эффективность ПОО в STEM-образовании и какие диагностические

инструменты можно использовать для оценки компетенций?

В первую группу включены статьи, с исследованиями таких компетенций у учащихся, как как решение проблем, критическое мышление, междисциплинарное мышление, командная работа, т.е. способность студентов применять теоретические знания из физики или математики к реальным инженерным проектам.

Вторая группа публикаций - какие форматы проектов, тематические исследования и лабораторные работы оказывают наибольшее образовательное воздействие на студентов. Здесь в основном такие работы, где используются виртуальных исследовательские лабораторные работы.

И, наконец, в третью группу статей вошли публикации с оценкой и мониторингом результатов, позволяющих объективно измерить рост компетенций: критерии и показатели инженерных компетенций, рубрики проектов, самооценка и опросы преподавателей, а также сравнение исходных результатов и результатов после эксперимента.

Алгоритм методики приведен на рисунке 1. Алгоритм определяет критерии, которые будут направлять исследование.

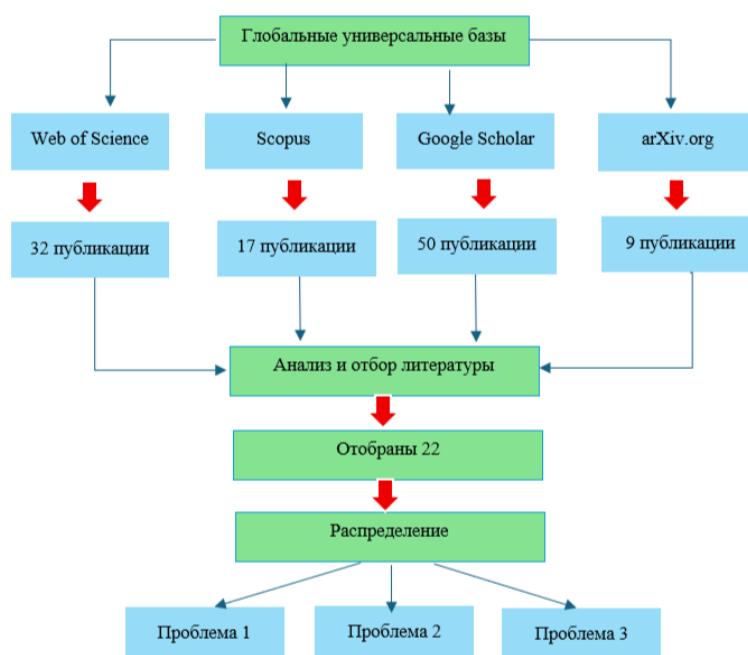


Рисунок 1 – Алгоритм, проведенного исследования

Результаты и обсуждение

Для выявления ключевых тенденций, методологических подходов и наблюдаемых результатов был проведен краткий анализ последних исследований по ПОО в STEM-дисциплинах. Отобранные исследования, опубликованные в период с 2019 по 2026 год, были рассмотрены с акцентом на три основных исследовательских вопроса, описанных в разделе Метод исследования настоящей работы: (1) влияние ПО на развитие инженерных

компетенций и навыков XXI века; (2) эффективность педагогических стратегий и моделей интеграции STEM-дисциплин посредством ПО; и (3) оценка результатов ПО и инструменты, используемые для измерения компетенций студентов. Результаты этого обзора литературы суммированы в Таблице 1, которая содержит соответствующие ссылки, методологии и ключевые выводы, соответствующие каждому исследовательскому вопросу.

Таблица 1. Анализ исследований по ПОО в STEM-областях

Год	Авторы	Методология	Ключевые выводы
2020	I. Rahmina [6]	Концептуальное и эмпирическое исследование	Проектное обучение на основе STEM-дисциплин способствовало вовлечению учащихся и развитию навыков решения проблем в естественных науках; рекомендуется для интеграции в учебную программу.
2021	M. Baran, et al [13]	Исследование использованием смешанных методов; ПОО в естественнонаучных и технических дисциплинах.	Улучшение навыков, таких как критическое мышление, сотрудничество, коммуникация у студентов инженерных специальностей.
2023	L. Uden [11]	Экспериментальное исследование; ПОО в физике с учетом нейробиологических принципов.	ПОО способствовало улучшению концептуального понимания в физике; подчеркнуло важность когнитивной поддержки и междисциплинарных задач.
2024	R. Megawati [7]	Обзорная статья	Интеграция ПОО в STEM-дисциплины повышает практические навыки и применение теоретических знаний в биологическом образовании.
2024	A.Lestari, et al [8]	Пример из практики: внедрение ПОО в STEM-курсы.	ПОО повысило вовлеченность и мотивацию студентов; студенты сообщили об улучшении навыков решения проблем и сотрудничества.
2024	A. Simanora [12]	Систематический обзор литературы (10 лет исследований в области проблемно-ориентированного обучения в STEM-областях)	Выявлены тенденции, пробелы и лучшие практики внедрения проблемно-ориентированного обучения в различных STEM-дисциплинах; подчеркнута междисциплинарность.
2025	Fuster-Barcelo C. и др.[17]	Интегрированное инструментарий совместное ПОО.	Цифровые инструменты и структурированное сотрудничество улучшили командную работу, качество проектов и междисциплинарное мышление.
2025	Y. Jia и др. [18]	Оценка ПОО с помощью ИИ	Использование инструментов ИИ для мониторинга проектов ПОО повысило надежность оценки и способствовало развитию компетенций в области STEM.

Таким образом, получены краткие результаты недавних исследований проектного обучения в STEM-образовании. Данные подчеркивают разнообразие методологических подходов и образовательных контекстов. Анализ показал, что большинство исследований используют смешанные или квазиэкспериментальные схемы и последовательно сообщают о положительном влиянии проектного обучения на навыки решения проблем, вовлеченность студентов и инженерные компетенции. В то же время, различия в моделях внедрения указывают на отсутствие единой методологической основы для проектного обучения в STEM-ориентированном инженерном образовании.

Для более детальной оценки проведен дополнительный анализ отдельных исследований с целью сравнения методов исследования и конкретных результатов, касающихся трех исследовательских вопросов. Эти результаты представлены в Таблице 2, которая дополняет Таблицу 1.

Таблица 2. Литература, соответствующая трем ключевым исследовательским вопросам по проектному обучению в STEM-областях.

№ ключевого вопроса	Ссылка на литературу	Используемая методология	Основной вывод
1	[10], [13]	Экспериментальная группа студентов с предварительным и последующим тестированием, включающей студентов инженерных специальностей.	Проектное обучение по методике STEAM значительно улучшило навыки студентов среди студентов инженерных специальностей.
	[17]	Квазиэкспериментальное исследование с контрольной группой.	Проектирование STEM ПОО с использованием цифровых инструментов значительно повысило способность студентов инженерных специальностей к решению проблем.
2	[17]	Двухлетняя оценка с использованием цифровых инструментов.	Интеграция инструментов для совместной работы и структурированной оценки повысила вовлеченность и обеспечила дифференцированные результаты.
	[22]	Мета-анализ множества реализаций проблемно-ориентированного обучения в области STEM.	Проектное обучение в сфере STEM положительно влияет на творческие способности учащихся и способствует достижению междисциплинарных результатов обучения.
3	[8], [21]	Научно-исследовательское исследование по разработке и внедрению проблемно-ориентированного обучения с интеграцией STEM-дисциплин.	Модель STEM-проектного обучения способствует развитию мыслительных навыков и поддерживает междисциплинарную педагогическую стратегию.
	[19]	Последовательное использование смешанных методов: тестирование до и после эксперимента и интервью.	Значительное улучшение навыков решения проблем; позитивное восприятие учащихся, подтверждающее достоверность оценки.
	[18]	Сравнительное исследование, предлагающее автоматизированные инструменты оценки.	В статье представлена платформа PBLBench для структурированной оценки, раскрываются проблемы и достижения в методологиях оценки.

Заключение

Таким образом, в данной работе представлен краткий обзор проекта исследований и наблюдаемых эффектов. Такой обзор поможет выделить закономерности и пробелы в области проблемно-ориентированного обучения в STEM-образовании. В совокупности эти таблицы

представляют собой структурированную основу для понимания текущего состояния внедрения проблемно-ориентированного обучения в STEM-образовании и для определения будущих направлений исследований.

Литература References

- 1 Science, Technology, Education & Mathematics (STEM) – UNESCO <https://www.unesco.org/en/stem>
- 2 17 Goals to Transform Our World – <https://www.un.org/sustainabledevelopment>
- 3 International Encyclopedia of Education, 4th Edition. Eds: Robert J Tierney, Fazal Rizvi, Kadriye Ercikan, (Elsevier Science, 2023). [STEM Education - an overview | ScienceDirect Topics](#)
- 4 Kamini Jaipal-Jamani, Makerspace and robotics as/for STEM education, International Encyclopedia of Education, 101-103 (2023). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.13034-9>
- 5 M. Poláková, J.H. Suleimanová, P. Madzík, L. Copuš, I. Molnárová, J. Polednová, Soft skills and their importance in the labour market under the conditions of Industry 5.0, *Heliyon* **9**(8), e18670 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18670>
- 6 I. Rahmania, Project Based Learning (PjBL) Learning Model with STEM Approach in Natural Science Learning for the 21st Century, Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal) **4**(1) (2021). <https://doi.org/10.33258/birci.v4i1.1727>
- 7 R. Megawati, Integration of Project-Based Learning in Science, Technology, Engineering, and Mathematics to Improve Students' Biology Practical Skills in Higher Education: A Systematic Review, *Open Education Studies* **6**, 20240049 (2024). <https://doi.org/10.1515/edu-2024-0049>
- 8 A. Lestari, F. W. Tersta, F. Firman, & S. Sofyan, Implementation of Project-Based Learning Through the STEM (Science, Technology, Engineering and Math), *International Journal of Education, Culture, and Society* **2**(3), 175–186 (2024). <https://doi.org/10.5857/ijecs.v2i3.3410>
- 9 F. Naseer, R. Tariq, H.M. Alshahrani, et al.. Project based learning framework integrating industry collaboration to enhance student future readiness in higher education. *Scientific Report* **15**, 24985 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10385-4>
- 10 L Kh Mazhitova, R N Syzdykova and A K Imanbayeva, Practice-oriented model of training students in physics at a technical university, *J. Phys.: Conf. Ser.* **1929**, 012030 (2021). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1929/1/012030>
- 11 L. Uden, F. Sulaiman, G.S. Ching, et al.. Integrated science, technology, engineering, and mathematics project-based learning for physics learning from neuroscience perspectives, *Frontiers in Psychology* **14**, 1136246 (2023). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136246>
- 12 A.M. Simamora, A Decade of Science Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PjBL): A Systematic Literature Review, *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning* **1**(1) (2024). <https://doi.org/10.70232/pn3nek61>
- 13 M. Baran, M. Baran, F. Karakoyun, & A. Maskan, The influence of project-based STEM (PjBL-STEM) applications on the development of 21st century skills, *Journal of Turkish Science Education* **18**(4), 798–815 (2021). <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- 14 M. M. Li, & C. C. Tu, Developing a Project-Based learning course model combined with the Think–Pair–Share strategy to enhance creative thinking skills in education students, *Educ. Sci.* **14**(3), 233 (2024). <https://doi.org/10.3390/educsci14030233>
- 15 N. Yusoff, N. R., Mahfar, M., Saud, M. S. & Senin, A. A. Effects of career readiness module on career self-efficacy among university students, *Int. J. Evaluation Res. Educ. (IJERE)* **13** (1), 311 (2024). <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i1.252573>
- 16 Ю.В. Калегина, Готовность выпускника вуза к социальному и профессиональному служению, Казанский педагогический журнал **1** (158) (2023). [Kalegina Yu., *Readiness of a university-graduate to social and professional service, Kazan Pedagogical Journal 1 (158) (2023. (in Russ)]* <https://doi.org/10.51379/kpj.2023.158.1.045>
- 17 C. Fuster-Barcelo, G.R. Rios-Munoz, & A. Munoz-Barrutia, Scaffolding Collaborative Learning in STEM: A Two-Year Evaluation of a Tool-Integrated Project-Based Methodology. (preprint) arXiv:2509.02355. (2025).
- 18 Y. Jia, X. Wu, Q. Zhang, Y. Qin, L. Xiao, & S. Zhao, Towards Robust Evaluation of STEM Education: Leveraging MLLMs in Project-Based Learning. (preprint) arXiv:2505.17050. (2025).

19 M. Husin, U. Usmedli, H. Masdi, et al. Project-Based Problem Learning: Improving Problem-Solving Skills in Higher Education Engineering Students, International Journal of Sociology of Education, **14**(1), 62–84 (2025). <https://doi.org/10.17583/rise.15125>

20 K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba and M. Mattsson, Systematic Mapping Studies in Software Engineering, EASE 8, 68-77 (2008).

21 K. Turekhanova, Z. Akimkhanova, & J. Gani., The effectiveness of ICT in teaching physics. *Recent Contributions to Physics* **2**, 146–151 (2019). <https://doi.org/10.26577/rcph-2019-i2-18>

22 Hyunkyoung Kwon, Yujin Lee, A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity, STEM Education 5(2) (2025). <https://doi.org/10.3934/steme.2025014>

Мақала тарихы:

Тұсті – 18.10.2025

Түзетілген түрде тұсті – 29.11.2025

Қабылданды – 15.12.2025

Article history:

Received 18 October 2025

Received in revised form 29 November 2025

Accepted 15 December 2025

Information about authors:

Автор туралы мәлімет:

Рабига Сыздықова – Аға оқытушы, Алматы
энергетика және телекоммуникация университеті,
Алматы, Қазақстан, email: r.syzddykova@aues.kz

Rabiga Syzdykova - Senior Lecturer, Energo University, Almaty, Kazakhstan, email: r.syzddykova@aues.kz.