

2 Бөлім
ОҚЫТУДАҒЫ ҚАЗІРГІ БІЛІМ БЕРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ
Раздел 2
СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ОБУЧЕНИЯ
Part 2
MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES OF TEACHING

УДК 378.016.02:004.896(574)

МРНТИ 20.01.45

<https://doi.org/10.48371/PEDS.2025.78.3.017>

**РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В STEM:
ПРИМЕР ИНТЕГРИРОВАННОГО STEM-ПРОЕКТА**

*Мухамедиева К.М.¹, Нургазинова Г.Ш.²

*^{1,2}Марғұлан Университет, Павлодар, Казахстан

Аннотация. Внедрение технологий STEM в подготовке педагогических кадров Казахстана имеет ряд проблем. Они связаны с недостаточной готовностью учителей к внедрению STEM-образования и нехватки опыта в интеграции учебных программ среднего образования. На ряду с этим исследования содержания подготовки будущих педагогов STEM в контексте инженерного образования также ограничены. Основная цель данного исследования – понять как предложенное интегрированное STEM-обучение на основе проектов влияет на развитие инженерного мышления студентов педагогического вуза. В исследовании использовался метод самооценивания навыков инженерного мышления, на основе инфокарты с приобретенными навыками для определения слабых и сильных сторон студентов при разработке STEM проектов. В исследовании приняли участие 162 студента педагогического вуза для измерения результатов до и после использования методики обучения. Данное исследование показало, что участвовавшие в эксперименте студенты значительно повысили уровень инженерного мышления (средний балл уровня развития инженерного мышления повысился с 3,57 до 4,16) и обеспечили себя знаниями и навыками, необходимыми для успешной карьеры в научных, технических и инженерных областях. Результаты показали эффективность интегрированного STEM обучения на основе проектов, направленного на развитие инженерного мышления. Рекомендуются использовать предложенную методику интегрированного STEM обучения в университетах при подготовке универсального STEM педагога.

Ключевые слова: мышление, инженерное мышление, образование, STEM-образование, STEM-проект, искусственный интеллект в образовании, подготовка STEM-педагога, развитие

Введение

Во всем мире приоритетом системы образования является подготовка молодежи к работе в условиях динамичной, яркой и сложной среды, характеризующейся сложными технологиями, глобализированной и конкурентоспособной экономикой и социальным разнообразием. STEM-образование необходимо для подготовки выпускников к рынку труда. Казахстан является индустриальным регионом, в котором размещаются крупные заводы по производству и переработке промышленного сырья, автоматизированные с использованием промышленных роботов. Поэтому для этой индустрии необходимы инженерные кадры.

Образовательные реформы подчеркивают необходимость развития у обучающихся навыков инженерного мышления, необходимыми для конкуренции на мировых рынках труда, включая академические, технические и социальные навыки [1, 2].

Многие ученые в области технологий и инженерии образования считают, что инженерно-дизайнерское мышление – это базовая компетенция в области инженерии и что этому способу мышления следует отдавать приоритет в среднем и высшем образовании [3, 4].

Одним из решений развития инженерно-проектного мышления является реализация интегрированных STEM проектов. Заинтересованность в развитии инженерно-дизайнерского мышления у студентов университетов с помощью внедрения в учебный процесс STEM проектов рассмотрены в некоторых работах Wind et al. [5]. В свою очередь Atman et al. [3]; Hynes, [6] предлагают реализовать проекты путем поэтапного инженерного проектирования, конечным продуктом которых будет являться проект, развивающий у студентов инженерное мышление.

STEM - аббревиатура от «Наука, технология, инженерия и математика», изучается либо как отдельная дисциплина, либо как комплексный подход, подчеркивающий связи между знаниями и навыками нескольких дисциплин. В последние годы STEM-образование, особенно интегрированное STEM, привлекает все большее внимание во всем мире. Образование STEM рассматривается как источник инноваций и технологического прогресса, путь для развития компетентной рабочей силы, обладающий навыками XXI века, а также средство содействия региональному экономическому росту и глобальной конкурентоспособности. Современное образование STEM отличается от традиционного обучения, основанного на знаниях. В нем больше внимания уделяется подлинному опыту, связанному с проблемами реальной жизни.

Интеграцию STEM часто определяют как попытку помочь студентам установить связи между двумя или более дисциплинами STEM [7]. Это моделирует реальный опыт, когда знания из разных дисциплин применяют для решения реальных задач. Междисциплинарная интеграция предполагает объединение тесно связанных концепций и навыков из двух или более дисциплин с целью углубления знаний и навыков.

В Казахстане большое внимание уделяется внедрению и активному развитию STEM-образования, открыты лаборатории робототехники, STEM-лаборатории. Однако сохраняется недостаточная готовность учителей к внедрению STEM-образования и необходимость повышения квалификации. Повышение квалификации рекомендуется ориентировать на обучение, связанное с проблемами реальной жизни. Поскольку большинство педагогов не проходили формального обучения STEM и имеют проблемы с внедрением STEM в свою практику, это исследование направлено на то, чтобы внести вклад в методику подготовки универсального STEM-педагога. Данное исследование весьма значимо для подготовки педагогических кадров в Казахстане и отвечает на следующие исследовательские вопросы:

1. Как интегрированное STEM обучение влияет на развитие инженерного мышления?
2. Какова модель подготовки универсального педагога STEM образования?

Интегрированное STEM-образование было определено Sanders [8] как «подходы, которые исследуют преподавание и обучение между любыми двумя или более предметными областями STEM и/или между предметом STEM и одним или несколькими другими школьными предметами». Причем включение четырех дисциплин не является обязательным условием. Moore et al. [7] считают, что основным важным моментом в интегрированном STEM-образовании должна быть связь между предметами и проблемами реального мира, где необходимо усилить навыки инженерного проектирования. Инженерное проектирование выступает инструментом разработки технологий и позволяет углубить обучение. Gillian H. Roehrig et al. [9] разработали комплексную основу для концептуализации передовой практики при разработке интегрированных проектов STEM, которая состоит из семи характеристик эффективных проектов STEM.

Инженерное дело считается центральным в большинстве определений интегрированного STEM [7]; Даже в рамках исследований, которые призывают к интеграции только двух дисциплин, которые считаются интегрированными STEM, наиболее распространенным сочетанием является наука и инженерия [10].

Atman et al., [3] предложили, чтобы процесс инженерного проектирования проходил следующим образом: (1) определение проблемы, (2) сбор информации, (3) генерация идей, (4) моделирование, (5) технико-

экономическое обоснование, (6) оценка, (7) решение, (8) коммуникация, (9) реализация и (10) пересмотр проекта. Аналогичным образом Hynes, [6] предложил несколько иной процесс инженерного проектирования: (1) выявить потребность или проблему, (2) исследовать потребность или проблему, (3) разработать возможные решения, (4) выбрать наилучшее возможное решение, (5) построить прототип, (6) протестировать и оценить решение, (7) сообщить о решении и (8) перепроектировать.

В процессе инженерного проектирования, предложенном Hynes, [6], наиболее важным этапом процесса для будущих учителей является создание прототипа. У многих преподавателей STEM одним из ключевых инструментов в развитии STEM-образования является робототехника [11], которая дает много возможностей для создания прототипов в проектах.

Интегрированные STEM-проекты представляют собой мощный инструмент для развития инженерного мышления у обучающихся, предоставляя им возможность применять знания, навыки и креативность для решения реальных проблем. Проблемам преподавания STEM в образовании посвящены многие исследования [12].

Обзор часто используемых стратегий преподавания в интегрированном STEM-образовании [13] показал, что наиболее распространенными являются подходы к обучению на основе проектов. Tibaut et al. [14], исследуя методы обучения, используемые при реализации интегрированных проектов STEM, обнаружили, что наиболее распространенными используемыми структурами были интеграция контента STEM, проблемно-ориентированное или проблемное обучение, обучение на основе запросов, обучение на основе дизайна и обучение в сотрудничестве. Однако ни в одном из этих обзоров не анализировались способы, которыми области STEM были явно или неявно интегрированы в каждый из этих учебных подходов.

Из проделанного обзора и анализа литературы следует взять за основу исследования STEM, ориентированные на проекты прикладного характера, которые способствуют развитию исследовательского инженерного мышления и прививают навыки инженерного проектирования студентов. Практико-ориентированные STEM проекты хорошо мотивируют учащихся к исследовательской деятельности и в дальнейшем выборе профессии инженерного направления. Однако в имеющихся исследованиях мы не нашли практическое применение интегрированного STEM обучения на основе проектов прикладного характера с подробным описанием примеров реализации и разработанных методических обеспечений для будущих STEM педагогов.

Это исследование разворачивается в контексте интегрированного STEM-обучения с целью развития навыков инженерного мышления на основе проектного метода, специально разработанного для будущих учителей STEM. В исследовании подробно рассмотрено обучение с

подробным описанием примеров реализации и разработанных методических обеспечений для будущих STEM педагогов.

Материалы и методы

Данное исследование было проведено для изучения внедрения методики подготовки универсального педагога STEM-образования с целью развития навыков инженерного мышления. Эксперимент проводился с 2022 по 2024 годы на базе Павлодарского педагогического университета среди студентов специальностей естественно-научного профиля с 1 по 4 курса. Развитие инженерно-проектного мышления реализуется посредством интегрированного STEM-обучения на основе проектного и проблемно-исследовательского методов. Предложенная методика реализуется на примере курса STEM-технологии, который входит в структуру подготовки универсального педагога STEM-образования. В начале эксперимента осуществлялся срез существующего состояния сформированности исследуемого навыка в виде анкетирования (констатирующий этап эксперимента). После изучения дисциплины STEM технологии проводился формирующий этап эксперимента.

Были определены показатели итоговых уровней развития инженерного мышления для проведения анализа полученных экспериментальных данных. Полученные результаты на этапе входного и итогового контроля систематизировались и обрабатывались на основе доказательства достоверности результатов эксперимента с помощью методов математической статистики.

Для осуществления статистических расчетов в анкетировании использовались оценочная шкала от 1 до 5 баллов. Вычислялся средний показатель для его применения в дальнейших статистических расчетах.

За основу определения уровня инженерного мышления была взята методика самооценивания навыков инженерного мышления, на основе инфокарты с приобретенными навыками для определения слабых и сильных сторон студентов при разработке STEM проектов [15]. Для диагностики уровня сформированности инженерного мышления были включены следующие критерии инженерного проектирования, которые начинались с глагола «Я хорош в творческом решении задач/проблем, в совершенствовании, в определении проблемы, в адаптации, в визуализации, в системном мышлении». Каждый критерий состоял из перечня соответствующих подкритериев, которые давали возможность студентам определить свой уровень более детализировано.

Исследование проводилось в педагогическом университете, расположенном в городе Павлодар, север Казахстана. В исследовании приняли участие 162 студента, изучавших дисциплину STEM технологии. С точки зрения демографии, число участников женского пола превосходило мужской пол, и их возраст составлял от 18 до 22 лет.

Реформы в высшем образовании в Казахстане требуют внедрения технологий STEM в подготовке педагогических кадров. В данном исследовании предложена методика подготовки универсального педагога STEM-образования с целью развития навыков инженерного мышления. Одним из решений развития инженерно-проектного мышления является реализация интегрированного STEM-обучения. Предложенная методика реализуется на примере курса STEM-технологии, который входит в структуру подготовки универсального педагога STEM-образования.

Курс «STEM-технологии» направлен на изучение науки, техники, инженерии и математики. Этот курс изучает интеграцию широкого спектра дисциплин, таких как программирование, робототехника, биология, физика, химия и многое другое. Он помогает студентам учитывать навыки анализа, критического мышления, решения проблем и работы в команде. Это является важным для работы в области технологий, инноваций и научных исследований. Пререквизитами курса являются информационные технологии, образовательная робототехника, программирование, 3Д-моделирование. Авторы курса преследуют цель развития инженерного мышления студентов в STEM-образовании на основе разработки STEM проектов, на которых определены структура и содержание STEM-обучения в педагогическом вузе.

Структура интегрированного STEM-обучения предоставляет важные детали для последовательной реализации. Согласно характеристикам эффективных интегрированных проектов STEM, предложенных Gillian H. Roehrig et al. [9], авторы выделили следующие принципы в реализации интегрированного STEM обучения (Таблица 1):

Таблица 1 - Принципы в реализации интегрированного STEM

Принципы в реализации интегрированного STEM	Краткое описание принципа
Междисциплинарный подход	Междисциплинарный подход объединяет знания, методы и инструменты из различных дисциплин для решения сложных проблем или исследования сложных явлений.
Реальные задачи связанные с жизнью	Поставленные задачи несут в себе прикладной характер и способствуют решению актуальных проблем региона, страны или мира.
Научно-исследовательская деятельность	Использование научно-исследовательского подхода в реализации STEM проекта характеризуется рациональным и систематическим подходом к сбору, анализу и интерпретации данных с целью выявления закономерностей или решения определенных проблем.
Инженерное проектирование	Процесс создания и разработки новых продуктов, систем, устройств или процессов с использованием инженерного мышления, методов и инструментов.
Коллаборация	Сотрудничество, совместная работа между студентами, преподавателями или группами.
Цифровые инструменты	Использование цифровых инструментов

В Таблице 1 представлено краткое описание принципов реализации интегрированного STEM обучения.

В рамках курса STEM-технологии разработана теоретическая основа для обучения на основе проектов STEM в сочетании с процессом инженерного проектирования. До начала обучения преподаватели составляют список возможных тем STEM-проектов (таблица 2). Из разнообразного спектра задач студенты могут выбрать проект, отвечающий их интеллектуальным и техническим интересам. Исходя из предпочтений учащихся, преподаватели сформируют команды из двух-четырёх человек. Студенты делятся на группы. После обсуждения группа делится на мини команды и разрабатывает модель реализации авторского проекта (онлайн сервис Mind Map, Canva, Draw.io). Затем студенческие команды в течение всего семестра работают вместе над STEM-проектом. Студенты в команде исследуют проблему, проводят мозговой штурм, находят и предлагают всевозможные решения. После того как предложены решения и выбрано наилучшее из них, приступают к построению прототипа.

Таблица 2 - Примеры STEM-проектов

Название проекта	Цель проекта	Интеграция наук
<i>Мышечный насос жизни</i>	Разработать прототип человеческого сердца	Биология, математика, химия, информатика
<i>Играем. Развиваемся. Растем</i>	Разработать обучающий раздаточный материал для центра по работе с детьми с ментальными нарушениями	Математика, информатика, физиология, естествознание, психология
<i>Smart Бесік</i>	Разработать прототип бесік (древняя национальная колыбель), оснащённый современными умными технологиями	казахский язык, история, физика, художественный труд, информатика, робототехника, культурология, философия
<i>Биоразнообразие Казахстана</i>	Разработать мобильное приложение для учета биоразнообразия (развить навыки управления большим объемом информации)	Биология, география, информатика, математика, экология
<i>Автоматизированные системы уличного освещения</i>	Разработать прототип автоматической системы управления уличным освещением	Физика, моделирование, информатика, робототехника
<i>Обучение по созданию AR-объектов</i>	Разработать цифровой образовательный ресурс по обучению созданию AR-объектов	Информатика, педагогика, методика преподавания курса, программирование
<i>Умная теплица</i>	Разработать прототип теплицы по выращиванию клубники, с системой автоматического полива и освещения	Биология, математика, информатика, химия

Обучение в целом и вся учебная деятельность на курсе построена и основана на интегрированных проектах, и связана с процессом инженерного проектирования. Для создания коллаборативной среды используются такие

виды форм как мини-лекция, беседа, обратная связь, мозговой штурм. Студенты в процессе изучения курса, используя свои знания в области инженерного проектирования, решают задачи из реального мира.

Студенты педагогических специальностей – будущие педагоги, которые смогут в школе работать в области робототехники, конструирования, моделирования, 3Д проектирования и виртуальной реальности. Необходимо не только научить студентов новым технологиям, но и применению STEM-подхода в дальнейшей его профессиональной деятельности. Поэтому в рамках выполнения проектной работы студентам предлагается использовать полученные знания в подготовке авторского проекта для дальнейшей профессиональной деятельности. В реализации проекта к авторскому продукту предъявляются следующие требования:

- интеграция не менее трех предметных областей;
- социальная значимость и прикладной характер;
- решение проблем и задач отечественного региона;
- национальный приоритет Казахстана;
- инженерное проектирование в реализации STEM продукта;
- итоговый продукт должен быть в виде прототипа, модели, программного обеспечения;
- разработка методического обеспечения к авторскому проекту, который реализуется по определенному ранее разработанному шаблону.

Перечисленные в Таблице 1 принципы соответствуют трем основным этапам реализации интегрированного STEM проекта, через которые реализуется каждый STEM-проект: (а) мотивационный блок, (б) блок инженерно-исследовательского проектирования и (с) результативный блок. На этапе мотивационного блока определяются цели проекта, а также выбор темы проекта, которая будет интегрировать научные, технические, инженерные и математические аспекты. На первом этапе формируется команда участников и назначаются роли. На втором этапе в блоке научно-исследовательского проектирования реализуется проведение исследований по выбранной теме, разрабатывается концепция проекта. Планируются ресурсы, необходимых для реализации проекта. На третьем этапе в результативном блоке создаются прототипы или модели проекта, разработка программного обеспечения или аппаратных средств. Проводится тестирование и доработка прототипов. По окончании результативного блока проводится система самооценивания навыков инженерного мышления студентов.

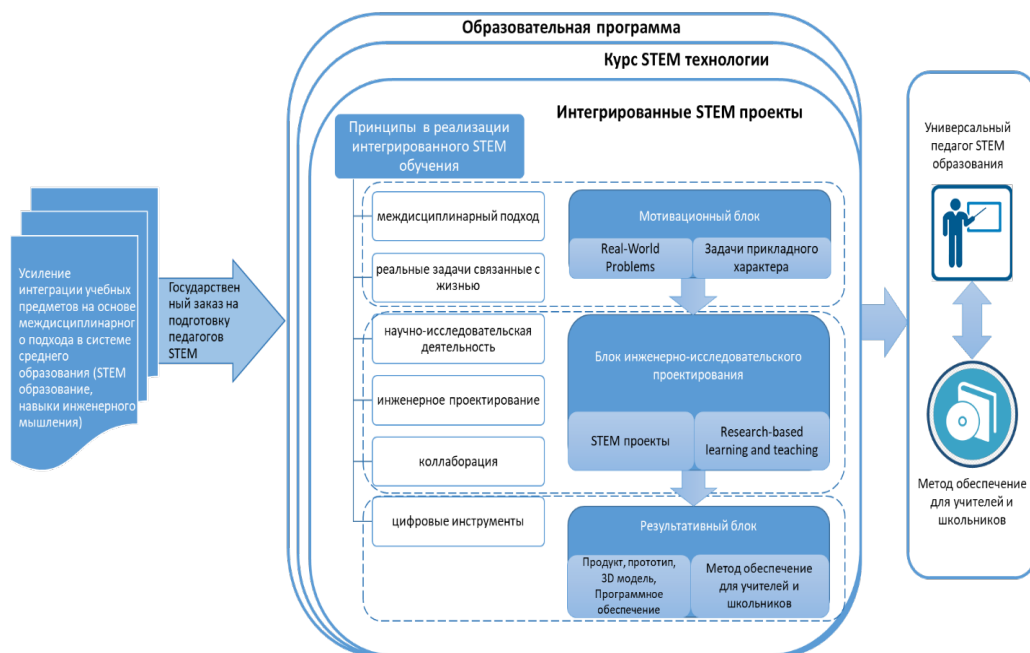


Рисунок 1 - Концептуальная модель подготовки универсального педагога STEM образования

На первом этапе после получения темы проекта студенты выявляли проблему. Далее им необходимо исследовать проблему и разработать всевозможные решения, выбрав наилучший. Далее приступали к самому сложному этапу построению прототипа. На всех этапах для поддержки обучающихся используются цифровые ресурсы (презентация, онлайн-сервисы, программное обеспечение и др.), материально-техническая база (ноутбуки, планшеты, различные робототехнические платформы, 3D принтер, 3D сканер и др.), консультация руководителя и преподавателей предметников. По окончании процесса инженерного проектирования студенты тестируют и оценивают решение, презентуют авторский проект.

В результате проделанной проблемно-исследовательской работы у студентов развивается инженерное проектирование в процессе реализации STEM проектов с приобретением навыков использования системного мышления, применения математических и научных знаний для решения проблем, умения эффективно работать в команде и учиться на своих неудачах.

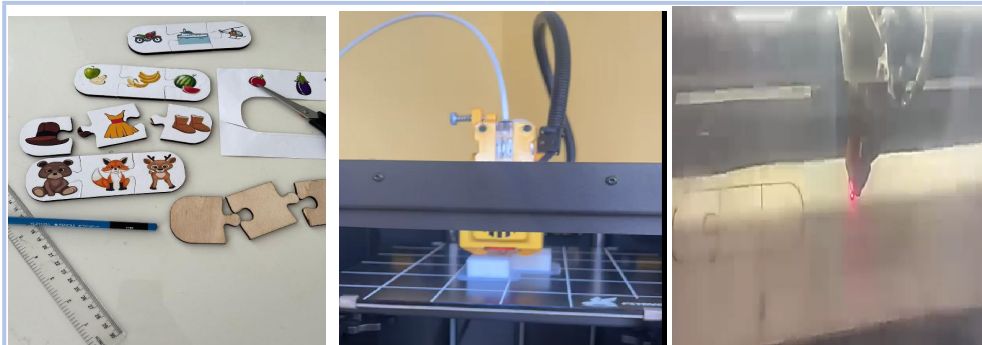
Разработка эффективных интегрированных STEM-проектов поможет обучающимся развить у них инженерное мышление. Решение комплексных задач, представленных в рамках STEM-проектов, требует от обучающихся анализа, критического мышления и поиска творческих решений. Это способствует развитию навыков решения проблем, которые являются

ключевыми для инженерного подхода. Также STEM-проекты включают в себя реальные проблемы и задачи, с которыми сталкиваются инженеры в своей работе. Решение этих задач позволяет обучающимся применять свои знания на практике и видеть, как их учебные достижения могут быть использованы в реальном мире.

Рассмотрим пример интегрированного STEM-проекта «Играем. Развиваемся. Растём»

Таблица 3 - Интегрированный STEM-проект

STEM-проект		
День: 28. 04.2023 г.	Тема: Разработка авторского STEM проекта	Курс: 3 курс средний целевой уровень знаний
Раздел: Научно-исследовательская работа в направлении STEM	Цели урока: Разработать авторский продукт в направлении STEM и методическое руководство к данному проекту.	Необходимые материалы: Программное обеспечение для реализации проекта, 3D принтер и сканер, ЧПУ (числовое печатное устройство), филамент, ноутбуки, планшет, видеоролик, материалы для моделирования прототипа, доступ к сети интернет.
Рассмотрим на примере проекта студентов группы ИНФ-31с <i>Алипбаева С.Р., Бақтыбай А.А., Байсал Ж.О., Мұрсәлім С.Қ.</i> на тему «Играем. Развиваемся. Растём» для детей 2-6 лет. Разработан проект для детей с особыми образовательными потребностями, в частности, разрабатывается методическое руководство по развитию сенсорной моторики рук. Тематика актуальна не только к павлодарскому региону, но и к другим. На занятии используется междисциплинарный подход, в котором осуществляется совместная учебная деятельность студентов и преподавателей. В процессе этой деятельности и те, и другие овладевают проектным мышлением. Выполнен пункт требований по интеграции наук. В связи с этим при исследовании темы студенты окунутся в различные области, к примеру информатика, педагогика, психология, методика обучения, использование технологий проектирования, конструирования, 3Д принтинг, математические расчеты и др. Студенты исследуют влияние развития моторики рук и пальцев на психологическое развитие детей с особыми образовательными потребностями с помощью игровых технологий. На следующем этапе подбираются различные игры. После этого, опираясь на свои знания технологий, изученных в ходе изучения дисциплины STEM-технологии (проектирование и конструирование в области робототехники, 3Д моделирования, 3Д принтинг, дополненная и виртуальная реальность, изучение основ искусственного интеллекта в образовании и др.), студенты приступают к разработке раздаточного материала для игр.		



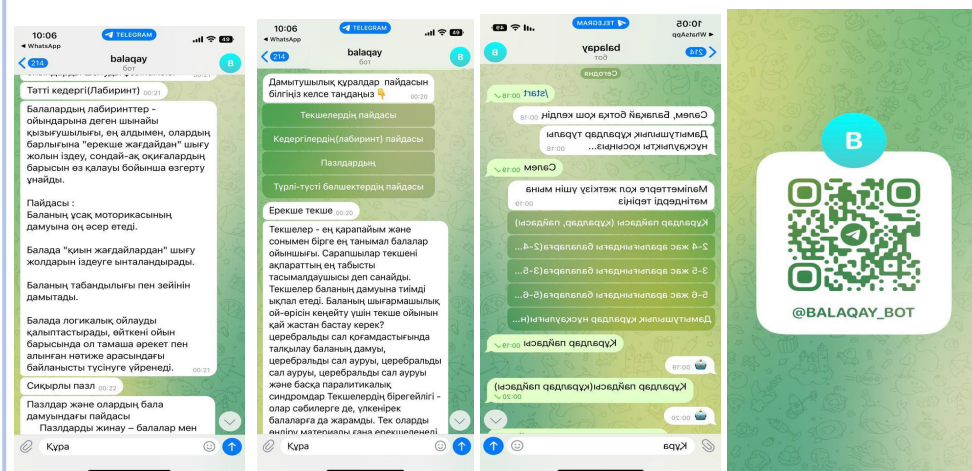
При разработке материала использовались знания из области моделирования и 3Д печати, расчеты и резка по дереву на числовом печатающем устройстве.

При работе над проектом рассматриваются проблемы, связанные с жизнью студента. Контекст, который интересен, важен и актуален в настоящее время.

В процессе совместного исследования, проводимого студентом совместно с преподавателем и другими участниками проектной группы, вырабатывается умение взаимодействовать. Важен продукт, полученный в процессе деятельности. Также формируется эффективная коллаборативная среда: командная работа над одним проектом.

Пункт требований «Национальный приоритет Казахстана» выполнен студентами при разработке пазла. В качестве изображений на пазл использовались картинки из народных сказок.

Еще одним пунктом, отвечающим требованиям к итоговому продукту, разработан телеграмм бот «Balaqai Bot», созданный для поддержки проекта. Бот содержит всю полезную информацию о проекте. Здесь описано положительное влияние на психическое развитие детей с использованием игр, предложенным в проекте. Предложена классификация игр по возрасту. В боте содержатся инструкции ко всем играм, разработанным в проекте, а также к видео-инструкциям для моделирования таких игр. Таким образом, информация, содержащаяся в Боте будет полезна как детям, так и студентам, и учителям.



После разработки всего раздаточного материала студенты приступают к разработке последнего пункта – разработке методического обеспечения.

Разработанное методическое обеспечение «Ойнаймыз. Дамимыз. Өсеміз» является методической разработкой для учителя. Состоит из введения – ключевой информации, разработанной серии уроков с пояснениями и заданиями.



Разработка включает в себя серию уроков, разработанную с учетом современных методов обучения и содержащую подробную информацию по авторскому проекту.

Таким образом, студенты овладевают не только знаниями и технологиями в области STEM, но и учатся передавать знания, как будущие педагоги через активные методы обучения, через коллаборацию, групповую работу, взаимное обучение, исследовательский метод и др.

Оценивание выполняется презентацией и защитой итогового продукта, и разработанным методическим обеспечением.

Результаты

На констатирующем этапе для диагностики уровня произведен анализ результатов самооценки студентами. Это позволило установить состояние сформированности готовности будущих педагогов STEM-образования к развитию навыков инженерного мышления. Было установлено, что студенты обнаружили разные уровни (высокий – средний - низкий). В результате статистического расчета на констатирующем этапе общее состояние сформированности готовности будущих педагогов STEM-образования к развитию навыков инженерного мышления в среднем значении следующее: по показателям высокого уровня 7,25%; по показателям среднего уровня 39,2%; по показателям низкого уровня 53,2%.

Для организации формирующего этапа исследования среди студентов, получающих образование по образовательной программе 6В01530 – Информатика, выделены экспериментальная группа (далее ЭГ) и контрольная группа (КГ). В эксперименте результаты экспериментальной группы будут анализироваться с целью проверки эффективности методики, путем сравнения полученных показателей на констатирующем и формирующем этапах эксперимента.

В экспериментальной группе была реализована методика подготовки будущих педагогов STEM-образования к развитию навыков инженерного мышления на основе разработки интегрированных STEM-проектов, в контрольной группе обучение было организовано в традиционной форме. В процессе экспериментальной подготовки студенты осваивали курс STEM-технологии, согласно которому для развития инженерного мышления необходимо реализовать STEM-проект и окунуться в процесс инженерного проектирования.

Сравнение установленных показателей уровня развития инженерного мышления у студентов педагогического вуза на этапах входного и итогового самоконтроля отражено в Таблице 4.

Таблица 4 - Показатели уровня развития инженерного мышления у будущих педагогов STEM-образования на этапе входного и итогового самоконтроля

Группа	Этап контроля	Кол-во студентов	Показатели уровня сформированности инженерного проектирования у будущих учителей STEM образования путем реализации STEM проектов						СП
			Высокий (5 баллов)		Средний (4 балла)		Удовлетворитель- ный (3 балла)		
			Кол-во студентов	%	Кол-во студентов	%	Кол-во студентов	%	
КГ	ВК	79	6	7,6	31	39,2	42	53,2	3,60
	ИК	79	11	13,9	36	45,6	32	40,5	3,69
ЭГ	ВК	83	4	4,8	36	43,4	43	51,8	3,57
	ИК	83	27	32,5	43	51,8	13	15,7	4,16

Сравнительный анализ показателей уровня развития инженерного мышления у будущих педагогов STEM-образования на этапе входного и итогового самоконтроля представлен в Таблице 4. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что повышенная результативность подтверждается динамикой средних показателей. Так у студентов контрольной группы значение среднего показателя изменилось во время формирующего эксперимента от 3,60 балла до 3,69 балла (т.е. на 0,09 балла), а в экспериментальной группе значение средних показателей изменилось во время формирующего эксперимента от 3,57 до 4,16 балла (на 0,59 балла), что на 0,5 балла лучше, чем в контрольной группе. Для визуального анализа динамики результативности эксперимента были построены гистограммы:

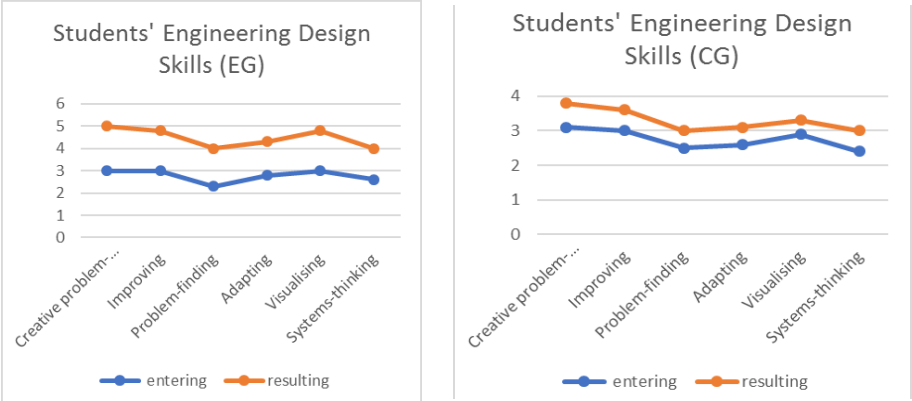


Рисунок 2 - Динамика показателей уровня развития инженерного мышления у будущих педагогов STEM-образования

Представленная диаграмма отображает входной и итоговый результат навыков инженерного мышления студентов по данным средних показателей. Сравнение гистограмм позволяет отметить, что в экспериментальной группе происходят более значимые изменения в развитии навыков инженерного мышления у студентов экспериментальной группы, чем у студентов в контрольной группе. Анализ показателей свидетельствует о том, что совершенствование подготовки будущих педагогов STEM-образования по предложенной методике является эффективным и приобретает актуальность, поскольку получены значительные положительные результаты.

В целях проверки достоверности полученных результатов педагогического эксперимента были использованы методы математической статистики. Таким методом в нашем исследовании являлось сравнение параметров генеральных совокупностей с помощью F-критерия. За основу была принята таблица F-значения, чтобы сравнить числовые показатели эмпирического F-критерия, полученных в ходе эксперимента, с теоретическим F-критерием, представленного в стандартной таблице. Результаты расчетов с целью определения F-критерия для контрольной и экспериментальной группы отражены в таблице 5:

Таблица 5 - Результаты вычисления F-критерия

Гр	ЭК и КС	СП	Показатели, используемые для определения F-критерия										F_{emp}
			f				$(x_i - \bar{x})$				$\sum f(x_i - \bar{x})^2$		
			5	4	3	2	5	4	3	2			
КГ	ВК 79 с.		7	32	41	0	1,5	0,4	-0,6	-1,6	45,2	0,43	1,08
	ИК 79 с.		10	35	33	0	1,31	0,41	-0,69	-1,69	48,15	0,46	
ЭГ	ВК 83 с.		5	35	44	0	1,43	0,43	-0,57	-1,57	44,41	0,41	1,33
	ИК 83 с.		26	44	12	0	0,48	-0,16	-1,16	-2,16	58,3	0,55	

Сравнивая значения вычисленного F-критерия для экспериментальной группы со стандартными табличными показателями F_{krit} , мы пришли к выводу, что значение $F_{emp} \text{ ЭГ} = 1,33$ находится в указанных пределах. Это означает, что результаты нашего исследования по развитию навыков инженерного мышления подтверждают достоверность проведенного эксперимента.

Обсуждение

В целом результаты данного исследования указывают на то, что методика подготовки будущих педагогов STEM-образования благоприятно влияет на развитие навыков инженерного мышления и развитие профессиональных навыков во время обучения. Включение процесса инженерного проектирования в подготовку будущих педагогов STEM полезно для совершенствования их когнитивной структуры в инженерном мышлении.

Построена концептуальная модель подготовки универсального педагога STEM образования, в которой особое внимание уделяется деятельности студентов по работе над проектными задачами по созданию конкретных продуктов (прототипов, моделей). Обучение на основе проектов, в рамках экспериментального обучения, позволило обучающимся проектировать и разрабатывать проект для решения реальных задач, а преподавательский состав выполнял консультативную роль.

В виде примера приведен интегрированный STEM-проект, работая над которым студенты разработали авторский продукт в направлении STEM и методическое руководство к данному проекту. Разрабатывая авторский продукт, студенты с одной стороны углубляются подробней в этапы инженерного проектирования, развивая навыки инженерного мышления, с другой стороны разрабатывают методическое руководство к проекту, развивая профессиональные навыки в обучении.

Заключение

Интегрированные STEM-проекты являются эффективным средством для развития инженерного мышления у студентов. Они позволяют им использовать знания, навыки и креативность для решения практических задач. В рамках исследования STEM-обучение рассматривается как эффективный инструмент развития инженерного мышления. Эта методика применяется в рамках курса STEM-технологии, который является частью подготовки универсального педагога в области STEM-образования.

С целью определения уровня приобретенных навыков авторами предложена система самооценивания навыков инженерного мышления, позволившая студентам самостоятельно определить уровень развития навыков инженерного мышления. Самооценка представлена в виде

инфокарты с приобретенными навыками и помогает определить слабые и сильные стороны.

В статье было обозначено два исследовательских вопроса. Проведенный эксперимент позволил доказать, что интегрированное STEM обучение на основе проектов эффективно влияет на развитие инженерного мышления. Участвовавшие в эксперименте студенты значительно повысили уровень инженерного мышления. Это подтверждает ценность текущих исследований, изучающих студентов на разных этапах обучения и по мере того, как они продвигаются по образовательной траектории.

Предложенная модель подготовки универсального педагога STEM образования состоит из трех блоков: мотивационный, инженерно-исследовательского проектирования и результативный. Каждый блок имеет свое функциональное значение в курсе подготовки универсального педагога STEM образования. Рассматриваемые в модели принципы реализации интегрированного STEM обучения позволяют реализовать в подготовке педагога междисциплинарный подход и научно-исследовательскую деятельность, разрабатывать проекты с реальными задачами из жизни, прививать навыки инженерного проектирования, работать в команде и использовать различные цифровые инструменты. Результаты этого исследования показывают, что модель подготовки универсального педагога STEM образования может повысить уровень инженерного мышления студентов педагогического вуза.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Breiner J.M., Johnson C.C., Harkness S.S., Koehler C.M. What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships // *School Science and Mathematics*. – 2012. – Vol. 112. – P. 3–11. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x> [Date of access: 10.09.2024].

[2] Deming D.J., Noray K. Earnings dynamics, changing job skills, and STEM careers // *The Quarterly Journal of Economics*. – 2020. – Vol. 135, №4. – P. 1965–2005. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa021> [Date of access: 25.09.2024].

[3] Atman C.J., Adams R.S., Cardella M.E., Turns J., Mosborg S., Saleem J. Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners // *Journal of Engineering Education*. – 2007. – Vol. 96, №4. – P. 359–379. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00945.x> [Date of access: 25.09.2024].

[4] Dym C.L., Agogino A.M., Eris O., Frey D.D., Leifer L.J. Engineering design thinking, teaching, and learning // *Journal of Engineering Education*. – 2005. – Vol. 94, №1. – P. 103–120. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x> [Date of access: 3.10.2024].

[5] Wind S.A., Alemdar M., Lingle J.A., et al. Exploring student understanding of the engineering design process using distractor analysis // *International Journal of STEM Education*. – 2019. – Vol. 6. – P. 4. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0156-x>, [Date of access: 3.10.2024].

[6] Hynes M.M. Middle-School Teachers' Understanding and Teaching of the Engineering Design Process: A Look at Subject Matter and Pedagogical Content Knowledge // *International Journal of Technology and Design Education*. – 2012. – Vol. 22, №3. – P. 345–360. - Access mode: URL: <https://www.learntechlib.org/p/64579/> [Date of access: 10.10.2024].

[7] Moore T.J., Stohlmann M.S., Wang H.-H., Tank K.M., Glancy A., Roehrig G.H. Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education // In: Strobel J., Purzer S., Cardella M. (Eds.). *Engineering in Precollege Settings: Research into Practice*. – Rotterdam: Sense Publishers, 2014. – P. 35–60. – ISBN: 978-161249357-2; 978-155753691-4.

[8] Sanders M. STEM, STEM education, STEMmania // *The Technology Teacher*. – 2009. – Vol. 68, №4. – P. 20–26.

[9] Roehrig G.H., Dare E.A., Ring-Whalen E., et al. Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum // *International Journal of STEM Education*. – 2021. – Vol. 8. – P. 2. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8> [Date of access: 15.10.2024].

[10] Moore T.J., Johnston A.C., Glancy A.W. STEM integration: A synthesis of conceptual frameworks and definitions // In: Johnson C.C., Mohr-Schroeder M.J., Moore T.J., English L.D. (Eds.). *Handbook of Research on STEM Education*. – Routledge, 2020. – P. 3–16. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.4324/9780429021381-2> [Date of access: 25.10.2024].

[11] Nurbekova Zh., Mukhamediyeva K., Assainova A. Educational robotics technologies in Kazakhstan and in the world: comparative analysis, current state and perspectives // *Astra Salvensis*. – 2018. – Vol. 6, №11. – P. 665–686. - Access mode: URL: <https://astrasalvensis.eu/2018-2/> [Date of access: 6.11.2024].

[12] Herro D., Quigley C., Cian H. The challenges of STEAM instruction: lessons from the field // *Action in Teacher Education*. – 2019. – Vol. 41, №2. – P. 172–190. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1080/01626620.2018.1551159> [Date of access: 6.11.2024].

[13] Mustafa N., Ismail Z., Tasir Z., Said M., Haruzuan M.N. A meta-analysis on effective strategies for integrated STEM education // *Advanced Science Letters*. – 2016. – Vol. 22, №12. – P. 4225–4228. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.1166/asl.2016.8111> [Date of access: 13.11.2024].

[14] Thibaut L., Ceuppens S., De Loof H., De Meester J., Goovaerts L., Struyf A., De Cock M. Integrated STEM education: a systematic review of instructional practices in secondary education // *European Journal of STEM Education*. – 2018. – Vol. 3, №1. – P. 2. - Access mode: URL: <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525> [Date of access: 13.11.2024].

[15] Hanson J., Hardman S., Luke S., Maunders P., Lucas B. Engineering the future: training today's teachers to develop tomorrow's engineers. – London: Royal Academy of Engineering, 2018. - Access mode: URL: <https://www.raeng.org.uk/trainingtodayteachers> [Date of access: 13.11.2024].

STEM-ДЕ СТУДЕНТТЕРДІҢ ИНЖЕНЕРЛІК ОЙЛАУЫН ДАМУ: ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН STEM-ЖОБАСЫНЫҢ ҮЛГІСІ

*Мухамедиева К.М.¹, Нургазина Г.Ш.²

^{*1,2}Марғұлан Университеті, Павлодар, Қазақстан

Аннотация. Қазақстанда педагог кадрларды даярлауда STEM-технологияларын енгізуде бірқатар проблемалар бар. Олар мұғалімдердің STEM-білім беруді енгізуге жеткіліксіз дайындығымен және орта білімнің оқу бағдарламаларын интеграциялау тәжірибесінің болмауымен байланысты. Сонымен бірге инженерлік білім беру жағдайында болашақ STEM мұғалімдерін даярлау мазмұнына қатысты зерттеулер де шектеулі. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты - ұсынылып отырған жоба негізіндегі интеграцияланған STEM оқытудың педагогикалық ЖОО студенттерінің инженерлік ойлауын дамытуға қалай әсер ететінін түсіну. Зерттеуде студенттердің STEM-жобаларды жасау кезінде әлсіз және күшті жақтарын анықтау үшін алынған дағдылары бар ақпараттық карта негізінде инженерлік ойлау дағдыларын өзін-өзі бағалау әдісі қолданылды. Оқыту әдістемесін қолданғанға дейін және одан кейінгі нәтижелерді өлшеуге арналған зерттеуге педагогикалық ЖОО-ның 162 студенті қатысты. Бұл зерттеу экспериментке қатысқан студенттердің инженерлік ойлау деңгейін едәуір арттырғанын (инженерлік ойлаудың даму деңгейінің орташа балы 3,57-ден 4,16-ға дейін өсті) және өздерін ғылыми, техникалық және инженерлік салаларда табысты мансапқа қажетті білім және дағдылармен қамтамасыз еткенін көрсетті. Нәтижелер инженерлік ойлауды дамытуға бағытталған жобалар негізінде интеграцияланған STEAM оқытудың тиімділігін көрсетті. Әмбебап STEM-педагогті даярлау кезінде университеттерде интеграцияланған STEM оқытудың ұсынылған әдістемесін қолдану ұсынылады.

Тірек сөздер: ойлау, инженерлік ойлау, білім беру, STEM-білім беру, STEM-жобасы, білім берудегі жасанды интеллект, STEM-педагогті даярлау, даму

DEVELOPING STUDENTS' ENGINEERING THINKING IN STEM: AN EXAMPLE OF AN INTEGRATED STEM PROJECT

*Mukhamedieva K.M.¹, Nurgazina G.Sh.²

^{*1,2}Margulan University, Pavlodar, Kazakhstan

Abstract. The implementation of STEM technologies in the training of teaching staff in Kazakhstan has a number of problems. They are associated with

insufficient readiness of teachers to implement STEM education and a lack of experience in integrating secondary education curricula. Along with this, studies of the content of training future STEM teachers in the context of engineering education are also limited. The main goal of this study is to understand how the proposed integrated STEM project-based learning affects the development of engineering thinking of students of a pedagogical university. The study used a self-assessment method of engineering thinking skills based on an info map with acquired skills to identify students' strengths and weaknesses when developing STEM projects. The study involved 162 students of a pedagogical university to measure the results before and after using the teaching method. This study showed that the students who participated in the experiment significantly increased their level of engineering thinking (the average score for the level of engineering thinking development increased from 3.57 to 4.16) and provided themselves with the knowledge and skills necessary for a successful career in scientific, technical and engineering fields. The results showed the effectiveness of integrated STEM project-based learning aimed at developing engineering thinking. It is recommended to use the proposed methodology of integrated STEM learning in universities when preparing a universal STEM teacher.

Keywords: thinking, engineering thinking, education, STEM education, STEM project, artificial intelligence in education, training a STEM teacher, development

Received / Статъя поступила / Мақала түсті: 21.05.2025.

Accepted: / Принята к публикации / Жариялауға қабылданды 26.09.2025.

Информация об авторах:

Мухамедиева Кымбатша Мауленовна - PhD, Марғұлан Университет, Павлодар, Казахстан, e-mail: kymbatsha@gmail.com

Нургазинова Гульбаршын Шарापиденовна – старший преподаватель, Марғұлан Университет, Павлодар, Казахстан, e-mail: nurgasinova@gmail.com

Авторлар туралы мәлімет

Мухамедиева Кымбатша Мауленовна - PhD, Марғұлан университет, Павлодар, Қазақстан, e-mail: kymbatsha@gmail.com

Нургазинова Гульбаршын Шарапиденовна – аға оқытушы, Марғұлан университет, Павлодар, Қазақстан, e-mail: nurgasinova@gmail.com

Information about the authors:

Mukhamedieva Kymbatsha Maulenovna - PhD, Margulan University, Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: kymbatsha@gmail.com

Nurgasinova Gulbarshyn Sharapidenovna – senior lecturer, Margulan University, Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: nurgasinova@gmail.com