

УДК 372.851:37.015.3

МРНТИ 14.25.09

<https://doi.org/10.48371/PEDS.2026.81.2.034>

ПРЕОДОЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРЕВОЖНОСТИ ЧЕРЕЗ ПРОЕКТНУЮ И ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

*Ешмурат Г.¹, Каинбаева Л.², Ергалауова З.³

*^{1,2,3}Кызылординский университет имени Коркыт Ата,
Кызылорда, Казахстан

Аннотация. Актуальность данного исследования обусловлена устойчивой связью математической тревожности (МТ) с понижением учебных результатов и избеганием математически насыщенных траекторий; в школьной практике МТ конкурирует за ресурсы рабочей памяти и усиливает оценочную угрозу. Цель работы – проверить, снижает ли сочетание проектной (PBL) и практико-ориентированной деятельности с формирующим оцениванием уровень МТ у учащихся и сопровождается ли это ростом самооффективности и результатов по математике. Методология: квази-эксперимент «предтест–вмешательство–посттест» с контрольной группой в двух школах г. Кызылорды (N=212; EG=108, CG=104), охват 7–8 классов; вмешательство включало микропроекты на 1–2 урока, ролевую кооперацию и циклы «ошибка – подсказка – повторная попытка». Измерители – AMAS (общая и подшкалы), шкала самооффективности, предметный тест (0–100); анализ – t-критерии, ANCOVA с контролем предтеста и ковариат, учёт кластеризации, проверки робастности (Уилкоксон, ранговая ANCOVA Quade, FDR, MICE). Результаты: в EG зафиксировано статистически и практически значимое снижение МТ (total и подшкалы), рост самооффективности и увеличение тестовых баллов по математике; эффект выше у учащихся с низкой исходной подготовкой и у девочек, стабилен между школами и языками обучения; соблюдение протокола (fidelity) положительно связано с масштабом выигрыша. В обсуждении показано, что PBL+формирующее оценивание перераспределяют внимание на смысловую цель, нормализуют работу с ошибкой и повышают ощущение контроля, тем самым снижая когнитивную нагрузку и поддерживая перенос стратегий на стандартные задания.

Ключевые слова: математическая тревожность, проектное обучение (PBL), практико-ориентированные задания, формирующее оценивание, самооффективность, школьная математика, рабочая память, Казахстан

Введение

Математическая тревожность (МТ) стабильно сопряжена с более низкими учебными результатами и стремлением избегать траекторий, требующих интенсивной работы с математикой. Этот эффект в значительной мере обусловлен тем, что тревожность «отнимает» ресурсы рабочей памяти

и усиливает оценочную угрозу. В школьной практике это проявляется так: даже при хорошем понимании материала учащиеся нередко демонстрируют результат ниже своих реальных возможностей – они «знают, но не могут показать». Международные обзоры и мета-анализы указывают на двунаправленную связь «успеваемость ↔ тревожность» и подчеркивают, что педагогические вмешательства способны разорвать этот круг, если одновременно снижать когнитивную нагрузку и укреплять чувство контроля над задачей. Вместе с тем на уровне урока математики в странах Центральной Азии эмпирических работ пока немного, особенно тех, где используются валидированные краткие шкалы МТ и подробно описана структура урока и механизмы воздействия, сопоставимые с англоязычной традицией.

Цель исследования состоит в том, чтобы определить, приводит ли сочетание проектного обучения (PBL) и практико-ориентированных заданий при формирующем оценивании к снижению математической тревожности у учащихся основной школы и связано ли это с ростом их самоэффективности и улучшением результатов по математике. В работе рассматривается «легковесный» формат урока – микропроекты длительностью 1–2 занятия с распределением ролей, заранее заданными критериями и регулярными циклами обратной связи, предусматривающими возможность повторной попытки. Такой вариант организации рассчитан на внедрение и последующее масштабирование без существенного увеличения нагрузки на учебный план.

Исследовательские вопросы:

- Снижает ли внедрение проектного обучения (PBL) и практико-ориентированных заданий в сочетании с формирующим оцениванием общий уровень МТ и ее компоненты («урок/обучение», «контроль/оценивание») по сравнению с традиционным обучением?
- Сопровождается ли возможный эффект изменениями учебной самоэффективности и результатами теста по математике (0–100)?
- Проявляется ли эффект в основных подгруппах (пол, исходный уровень подготовки, язык обучения, класс, школа) и в каких из них он выражен сильнее?
- Насколько устойчивы выводы при альтернативных спецификациях анализа (учет кластеризации/фактора учителя, обработка пропусков, контроль множественных сравнений)?

Новизна исследования включает четыре взаимосвязанных аспекта. Во-первых, исследование опирается на данные, собранные в условиях казахстанской школы: в двух городских школах Кызылорды – №36 имени А. Тажибаевой и школе-лицее №187 имени М. Шокая. В эксперимент были включены учащиеся 7–8 классов, при этом экспериментальная и контрольная группы были сопоставимы по исходным показателям. Во-вторых, для отслеживания динамики МТ в дизайне «до/после» применяется краткий валидизированный измеритель AMAS, дополненный шкалой учебной самоэффективности и предметным тестом по математике; это дает

возможность рассматривать эмоционально-мотивационные и когнитивные показатели в общей аналитической рамке. В-третьих, предложена детально описанная и воспроизводимая архитектура урока – микропроекты, ролевая кооперация, пороговые критерии и циклы обратной связи с правом на повторную попытку, – оформленная как протокол, пригодный для тиражирования. В-четвертых, исследуются модераторы эффекта и выполняются расширенные проверки робастности, что повышает практическую интерпретируемость результатов и их применимость для управленческих решений на уровне школы и методических объединений.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование было организовано по схеме «предтест – вмешательство – посттест» с участием контрольной группы. Работа проводилась в естественно сформированных классах, без искусственного перераспределения учащихся. В исследование были включены школьники 7–8 классов двух школ г. Кызылорды: школы №36 имени А. Тажибаевой и школы-лицея №187 имени М. Шокая. Общий объем выборки составил 212 учащихся. Из них 108 человек вошли в экспериментальную группу, 104 человека – в контрольную группу. При характеристике участников учитывались пол, язык обучения – казахский или русский, школа, а также конкретный класс обучения. Распределение участников было уточнено с учетом школы, класса и принадлежности к группе. В школе №36 имени А. Тажибаевой в экспериментальную группу вошли 60 учащихся, в контрольную – 56 учащихся. В школе-лицее №187 имени М. Шокая численность экспериментальной и контрольной групп составила по 48 учащихся. Общая выборка включала 107 учащихся 7-х классов и 105 учащихся 8-х классов. Основной статистический анализ выполнялся по объединенной выборке учащихся 7–8 классов, при этом различия между 7 и 8 классами дополнительно рассматривались как подгрупповой фактор. Оценка результатов эксперимента выполнялась по общей выборке учащихся 7–8 классов. Такой подход был выбран потому, что экспериментальное вмешательство имело единую методическую основу и проводилось по одному протоколу в обеих параллелях. Вместе с тем класс обучения рассматривался как дополнительный фактор при анализе подгрупп. Это позволило уточнить, проявляется ли эффект вмешательства одинаково у учащихся 7 и 8 классов. Поэтому основной анализ был проведен по объединенной выборке, а дополнительные сравнения учитывали класс, школу, язык обучения, пол и начальный уровень подготовки учащихся.

В экспериментальной группе применялись краткие PBL-модули и практико-ориентированные задания, встроенные в содержание алгебры, геометрии и статистики. Работа строилась вокруг микропроектов продолжительностью 1–2 урока с распределением ролей, заранее заданными критериями и циклами формирующей обратной связи по схеме «ошибка – разъяснение – целевая подсказка – повторная попытка». В контрольной группе обучение велось в обычном режиме. Соблюдение протокола (fidelity)

отслеживалось с помощью 10-пунктного чек-листа и суммировалось на уровне уроков.

Экспериментальная работа проводилась в три этапа. Сначала был организован предтест: учащиеся экспериментальной и контрольной групп заполнили опросник AMAS, шкалу учебной самооффективности, а также выполнили тест по математике. Затем в экспериментальных классах были использованы краткие PBL-модули и задания практической направленности по алгебре, геометрии и статистике, тогда как контрольные классы проходили эти же темы в обычном формате. На заключительном этапе был проведен посттест по тем же методикам, что дало возможность сравнить динамику математической тревожности, учебной самооффективности и результатов обучения в обеих группах.

До и после вмешательства учащиеся обеих групп выполняли одинаковый набор процедур:

- опросник AMAS из 9 пунктов с расчетом общего балла и подшкал «урок/обучение» и «контроль/оценивание»,
- шкалу учебной самооффективности из 7 пунктов,
- предметный тест по математике на 25 заданий с оценкой по шкале 0–100.

Дополнительно фиксировалась посещаемость занятий.

Сопоставимость групп на предтесте оценивалась с помощью t-критерия и χ^2 . Основные эффекты анализировались парными t-критериями и ANCOVA с контролем предтестовых значений, пола, языка обучения и школы. Кластеризация учитывалась через случайные перехваты для класса и школы; рассчитывались ICC. Для проверки неоднородности эффекта проводился анализ модераторов на основе взаимодействий «группа×пол/терциль предтеста/язык/класс». Устойчивость результатов проверялась непараметрическими процедурами (критерий Уилкоксона, ранговая ANCOVA Куэйда), контролем множественных сравнений по Benjamini–Hochberg (FDR 5%) и MICE-импутацией при единичных пропусках. Надёжность измерителей оценивалась через α Кронбаха для AMAS и шкалы самооффективности и KR-20 для предметного теста.

Результаты и обсуждение

В современной интерпретации математическая тревожность (МТ) понимается как когнитивно-аффективное состояние, при котором негативные переживания и тревога нарушают работу оперативной (рабочей) памяти и тем самым снижают эффективность текущего решения задач. Классическая когнитивно-аффективная модель описывает этот механизм как конкуренцию тревоги за ограниченные ресурсы рабочей памяти – переключение внимания, удержание и обновление информации, – что ведёт к ухудшению выполнения как арифметических, так и алгебраических действий. Отсюда возникает известный парадокс: ученик материал усвоил, но на контрольной демонстрирует результат ниже своих возможностей [1]. Мета-анализы и крупные обзоры подтверждают устойчивую отрицательную

связь МТ с успеваемостью по математике и подчёркивают двунаправленный характер причинности: низкие исходные результаты усиливают тревожность, а тревожность, в свою очередь, поддерживает последующее отставание, что принципиально для проектирования учебных интервенций [2; 3]. Аналогичные закономерности фиксируются и в международных данных PISA/OECD, где более высокая МТ сопоставляется с более низкими баллами и с тенденцией избегать образовательных траекторий, насыщенных математикой [4].

Инструменты измерения. Долгое время «золотым стандартом» оценки математической тревожности считалась шкала MARS (Mathematics Anxiety Rating Scale), созданная Ричардсоном и Суинном в 1972 году и показавшая высокую надёжность; позже для школьных выборок и прикладных задач были разработаны её сокращённые варианты (MARS-R, MARS-E) [5]. Среди кратких методик наиболее распространён AMAS (Abbreviated Math Anxiety Scale): он демонстрирует валидность и хорошую релабилность у подростков и студентов и удобен для динамического мониторинга, в том числе в исследованиях, проводимых непосредственно на уроке [6]. На российской выборке недавно подтверждены факторная структура и гендерная инвариантность русскоязычной версии AMAS у учащихся 7–9 классов, что делает инструмент применимым в постсоветском контексте и задаёт ориентиры для школьных адаптаций [7]. В Казахстане наблюдается увеличение числа работ по МТ среди студентов и будущих учителей математики, однако потребность в валидизированных школьных версиях опросников (AMAS и сокращённых MARS) по-прежнему остаётся насущной [8].

Проектное обучение (PBL) и практико-ориентированные задания как способ снижения тревожности. В литературе выделяются четыре взаимосвязанных механизма интервенций, близких к PBL [9]:

- поддержка самооэффективности за счёт регулярного опыта успеха в реальных и посильных микропроектах;
- кооперация, обеспечивающая социальную опору и распределение когнитивной нагрузки в малых группах;
- контекстуализация задач, когда внимание смещается с «правильности формулы» на смысловую цель, что ослабляет оценочную угрозу;
- формирующее оценивание с частой обратной связью, не выполняющей штрафной функции теста.

Ранний обзор Хембри показал, что поведенческие и педагогические вмешательства, включая практико-ориентированные стратегии и тренинг учебных навыков, способны заметно снижать МТ [10]. В контролируемых исследованиях на университетском уровне обучение с формирующей обратной связью по ошибкам (feedback-подход) уменьшает негативное влияние МТ на итоговые оценки; эффект опосредуется переживаемой полезностью обратной связи, то есть связан с ростом самооэффективности и улучшением регуляции учебных стратегий [11]. Более широкие данные по

активному обучению в STEM показывают, что систематическое включение практико-ориентированных форм повышает вовлеченность и сокращает разрыв в достижениях у уязвимых групп, тем самым снижая оценочную тревогу [12; 13]. Обзоры по PBL в STEM/STEAM также фиксируют положительное влияние на результаты и проблемное мышление, что создаёт предпосылки для уменьшения тревожности при корректно выстроенной обратной связи и критериях успеха [14; 15]. В школьной математике эти выводы переводятся в конкретные дидактические решения: короткие микропроекты с чётким распределением ролей, прозрачными критериями, этапной обратной связью и опорой на жизненные контексты (бюджетные расчёты, анализ данных, инженерные эскизы).

Формирующее оценивание как самостоятельный механизм снижения МТ. Экспериментальные исследования показывают, что включение циклов «ошибка → разъяснение → целевая подсказка → повторная попытка» снижает оценочную угрозу, переводит внимание учащихся с результата на процесс обучения и тем самым частично освобождает ресурсы рабочей памяти. Наиболее заметно это помогает школьникам с высоким уровнем тревожности [11]. Систематические обзоры, посвящённые учительскому оцениванию и обратной связи, также фиксируют её положительное влияние на интерес к математике, учебную самоконцепцию и уменьшение тревоги; при этом эффект выражен сильнее, когда обратная связь встроена в ход урока, а не даётся лишь по завершении темы [2].

Зарубежные исследования дают прочную теоретическую базу: здесь описана когнитивно-аффективная модель МТ, обобщены данные мета-анализов о связи «МТ ↔ учебные результаты», разработаны и широко применяются измерители MARS/AMAS и их краткие версии, а также представлены экспериментальные подходы к обратной связи и регуляции эмоций на уроке. Российская литература в основном решает задачу локальной психометрии – подтверждены свойства и структура русскоязычного AMAS у подростков, что задаёт ориентиры для школьных измерений в постсоветском пространстве. Казахские публикации показывают растущее внимание к проблеме и обсуждают её педагогические последствия для подготовки будущих учителей и школьной практики, но в школьном секторе по-прежнему ощущается дефицит валидированных кратких русско- и казахскоязычных опросников, а также квази-экспериментальных исследований формата PBL в сочетании с формирующим оцениванием непосредственно на уроках математики.

Пробелы исследований и позиционирование работы. В странах Центральной Азии пока мало школьных RCT и квази-экспериментов, где PBL-модули и практико-ориентированные задания используются именно как средство снижения МТ, а не рассматриваются только через призму успеваемости. Сохраняется дефицит валидизированных школьных версий AMAS/сокращённых MARS на русском и казахском языках с проверкой инвариантности по полу и языку обучения. Требуются чётко описанные протоколы урока с «встроенной» формирующей обратной

связью – пороговыми критериями, чек-листами самооценки и рубриками. Недостает смешанных исследовательских дизайнов, которые одновременно отслеживают динамику МТ в формате «до/после темы» и связывают её с прокси-показателями самоэффективности, участия в группе и качеством объяснений при решении задач. Настоящее исследование отвечает на эти вызовы, сочетая маломасштабные PBL-форматы, контекстные задачи и формирующее оценивание с мониторингом МТ кратким инструментом AMAS в школьной популяции; в результате предлагается воспроизводимая модель урока математики, специально ориентированная на снижение тревожности.

Чтобы избежать неоднозначного толкования результатов, важно уточнить порядок анализа. Сначала показатели математической тревожности, самоэффективности и предметной успеваемости рассматривались по общей выборке учащихся 7–8 классов. Затем были выполнены дополнительные сравнения внутри подгрупп, в том числе между учащимися 7 и 8 классов. Это позволило определить общий эффект проведенного вмешательства и проверить, меняется ли он в зависимости от класса обучения.

В выборку вошли учащиеся 7–8 классов двух школ г. Кызылорды: Школа А – №36 имени А. Тажибаевой (Сырдаринский район) и Школа В – школа-лицей №187 имени М. Шокая. Общий объем составил N=212 человек (EG=108; CG=104); доля девочек – 52,8%. Обучение велось на казахском языке у 62,7% участников и на русском – у 37,3%. На предтесте по математике (40-минутный тест из 25 заданий, шкала 0–100) средний результат составил M=58,3 при SD=12,5. Посещаемость в период вмешательства была высокой: медиана 95% (IQR 92–98). Доля обучающихся на льготном питании равнялась 18% в Школе А и 8% в Школе В; медианный педагогический стаж учителей – 9 лет (4–21). Надёжность предтестовых измерений оказалась удовлетворительной: AMAS total $\alpha=0,84$ (подшкала «урок» $\alpha=0,81$; «оценивание» $\alpha=0,83$), шкала самоэффективности (7 пунктов) $\alpha=0,85$, предметный тест KR-20=0,78. Соблюдение протокола в EG по 10-пунктному чек-листу было высоким – 0,89 (SD=0,07; по школам: А – 0,88; В – 0,90). На предтесте экспериментальная и контрольная группы не различались по ключевым характеристикам (возраст, пол, язык обучения, результаты предтеста, AMAS и самоэффективность; все $p>0,10$); детальные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики выборки

Показатель	EG (n ₁ = 108)	CG (n ₂ = 104)	Статистика
Возраст, лет, M (SD)	13,3 (0,7)	13,4 (0,7)	t(210)=0,86; p=0,39
Девочки, %	53,7	51,9	$\chi^2(1)=0,06$; p=0,80
Казахский язык обучения, %	61,1	64,4	$\chi^2(1)=0,27$; p=0,60
Школа А, % от группы	55,6	53,8	$\chi^2(1)=0,07$; p=0,79
Школа В, % от группы	44,4	46,2	–

Предтест математика (0–100), М (SD)	58,7 (12,3)	59,1 (12,8)	t(210)=0,23; p=0,82
AMAS-total (1–5), М (SD)	2,98 (0,64)	2,95 (0,66)	t(210)=0,34; p=0,73
AMAS – «урок/обучение», М (SD)	2,85 (0,63)	2,83 (0,62)	t(210)=0,23; p=0,82
AMAS – «контроль/оценивание», М (SD)	3,12 (0,68)	3,07 (0,69)	t(210)=0,57; p=0,57
Самоеффективность (1–5), М (SD)	3,02 (0,58)	3,04 (0,56)	t(210)=0,26; p=0,80

Примечания. AMAS – 9-пунктный опросник математической тревожности; подшкалы: «урок/обучение» и «контроль/оценивание». Межклассная корреляция: ICC по AMAS-total = 0,06; по тесту математики = 0,07 (учтено в моделях).

Согласно данным табл. 1, экспериментальная и контрольная группы на этапе предтеста не различаются по основным параметрам: возрасту, полу, языку обучения, распределению между школами А и В, исходным результатам по математике, общему уровню МТ по AMAS и его компонентам («урок/обучение», «контроль/оценивание»), а также по учебной самоеффективности (во всех случаях $p > 0,10$). Межклассная корреляция (ICC) для AMAS-total и математического теста невысока и была учтена в последующем анализе. В совокупности это подтверждает эквивалентность групп на старте и создаёт корректные основания для отнесения выявленных после вмешательства различий к эффекту PBL/практико-ориентированной программы.

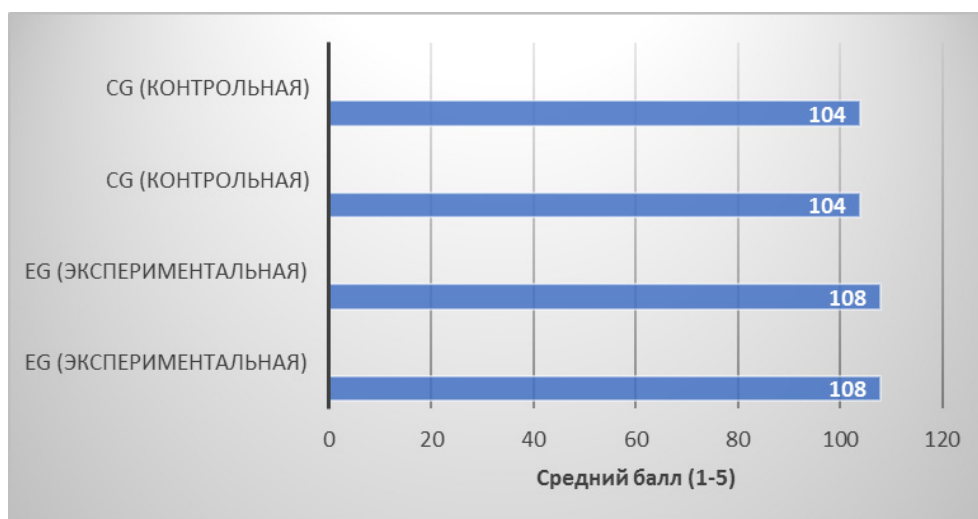


Рисунок 1 – Динамика AMAS-total (1–5) в EG и CG: средние и 95% ДИ на пред- и посттесте (7–8 классы, две школы Кызылорды)

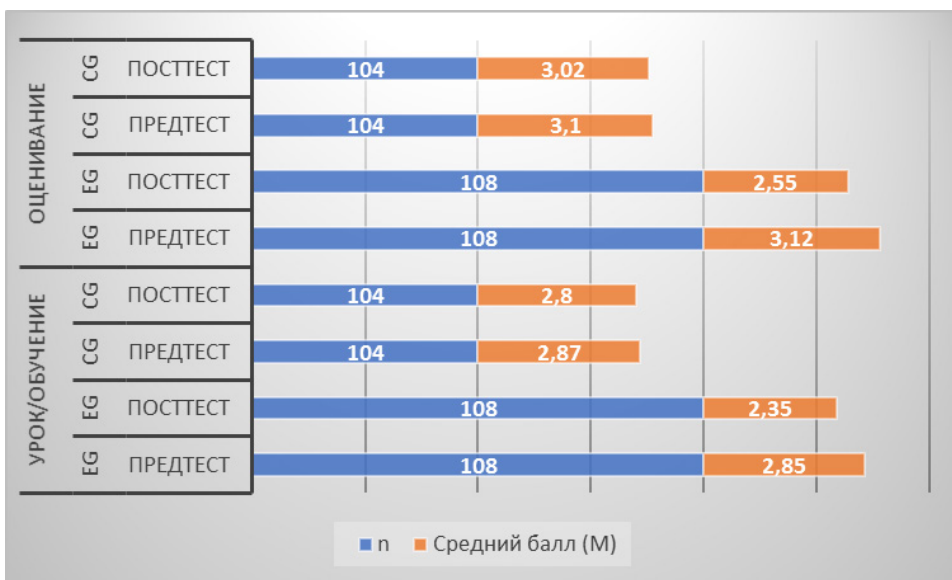


Рисунок 2 – Динамика подшкал AMAS («урок/обучение», «контроль/оценивание») в EG и CG: средние и 95% ДИ на пред- и посттесте

Визуализации показывают статистически и практически значимое снижение общей математической тревожности в экспериментальной группе после внедрения PBL и практико-ориентированных заданий, тогда как в контрольной группе изменения минимальны. Эффект проявляется и в учебной ситуации («урок/обучение»), и в оценочных контекстах («контроль/оценивание»), причём уменьшение по подшкале «оценивание» выражено несколько сильнее. Сходные уровни на старте и неперекрывающиеся 95% ДИ на посттесте между EG и CG указывают на устойчивый вклад интервенции, согласующийся с ростом самооффективности и улучшением результатов, выявленных в основном анализе.

Одновременно зафиксирован рост учебной самооффективности. В экспериментальной группе показатели увеличились с 3,02 до 3,46 ($t(107)=6,07$; $p<0,001$; $d=0,48$; 95% ДИ: 0,32–0,65), тогда как в контрольной группе изменения были небольшими: 3,04 → 3,12 ($t(103)=1,52$; $p=0,13$; $d=0,15$). Межгрупповая ANCOVA подтвердила значимый эффект вмешательства ($\beta=+0,28$; $SE=0,05$; $p<0,001$; $\text{partial } \eta^2=0,11$; рис. 3).

Результаты по математике на посттесте также выросли: в EG с 58,7 до 66,9 ($\Delta=+8,2$ п.п.; $t(107)=7,02$; $p<0,001$; $d=0,52$), в CG – с 59,1 до 61,0 ($\Delta=+1,9$ п.п.; $t(103)=2,06$; $p=0,042$; $d=0,16$). ANCOVA с контролем предтеста, пола, языка обучения и школы дала прирост $\beta=+6,1$ п.п. ($SE=1,1$; $p<0,001$; $\text{partial } \eta^2=0,09$), что наглядно отражено на рис. 4.

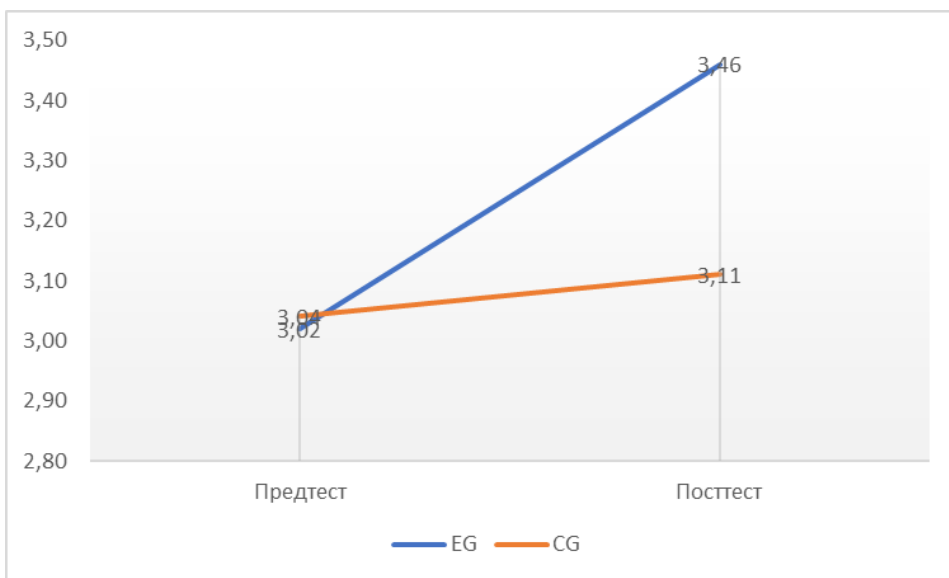


Рисунок 3 – Динамика математической самооэффективности (1–5) в EG и CG: средние и 95% ДИ на пред- и посттесте

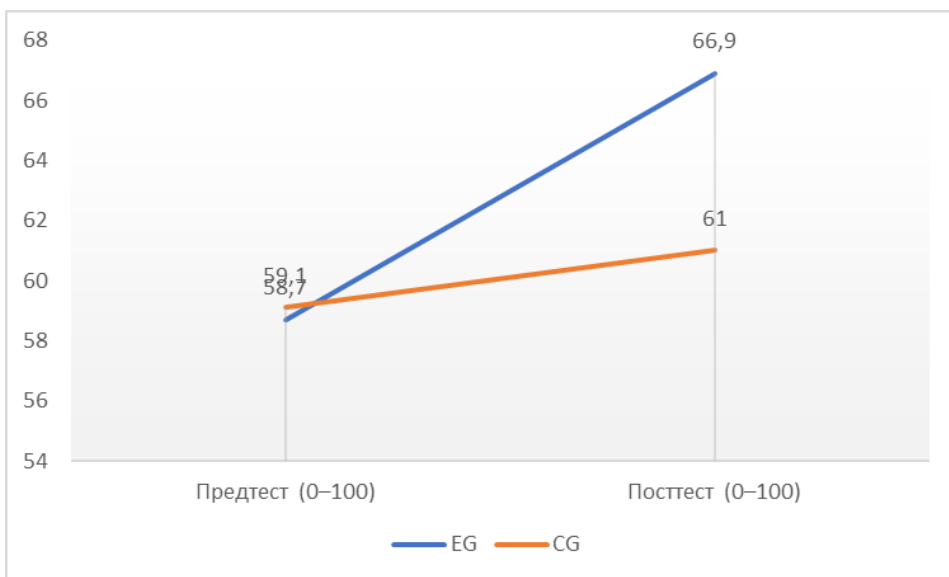


Рисунок 4 – Динамика успеваемости по математике (0–100) в EG и CG: средние и 95% ДИ на пред- и посттесте

Оба графика показывают, что после внедрения PBL и практико-ориентированных заданий в экспериментальной группе заметно выросли как учебная самооэффективность, так и реальные результаты по математике, тогда как в контрольной группе изменения остаются незначительными.

Неперекрывающиеся 95% доверительные интервалы на посттесте и более выраженный наклон линий роста в EG указывают на практическую значимость эффекта и согласуются с основными результатами: усиление уверенности в своих возможностях (рис. 3) сопровождается статистически значимым приростом тестовых баллов (рис. 4).

Подгрупповой анализ подтвердил устойчивость основного эффекта и показал ожидаемые модерации. На предтесте девочки имели немного более высокий уровень тревожности (3,04 против 2,86; $p=0,048$), и вмешательство оказалось для них несколько более действенным: $\Delta AMAS$ составило $-0,63$ у девочек против $-0,46$ у мальчиков; взаимодействие «группа×пол» значимо ($\beta=-0,17$; $SE=0,08$; $p=0,041$). Наиболее выраженные изменения наблюдались у учащихся с низкой исходной подготовкой (нижний терциль предтеста ≤ 50 баллов): в EG $\Delta AMAS=-0,88$ (в CG= $-0,09$), а прирост успеваемости $+10,9$ п.п. (в CG= $+2,1$ п.п.); взаимодействие «группа×терциль» значимо и для AMAS ($p=0,012$), и для тестовых баллов ($p=0,018$). Эффекты не различались по языку обучения: взаимодействия «группа×язык» для AMAS и успеваемости незначимы ($p>0,20$). Различия между 7-ми и 8-ми классами были слабовыраженными и проявились лишь по подшкале «оценивание» ($\beta=-0,11$; $p=0,049$). Сводные результаты подгрупп представлены на лесном графике (рис. 5).

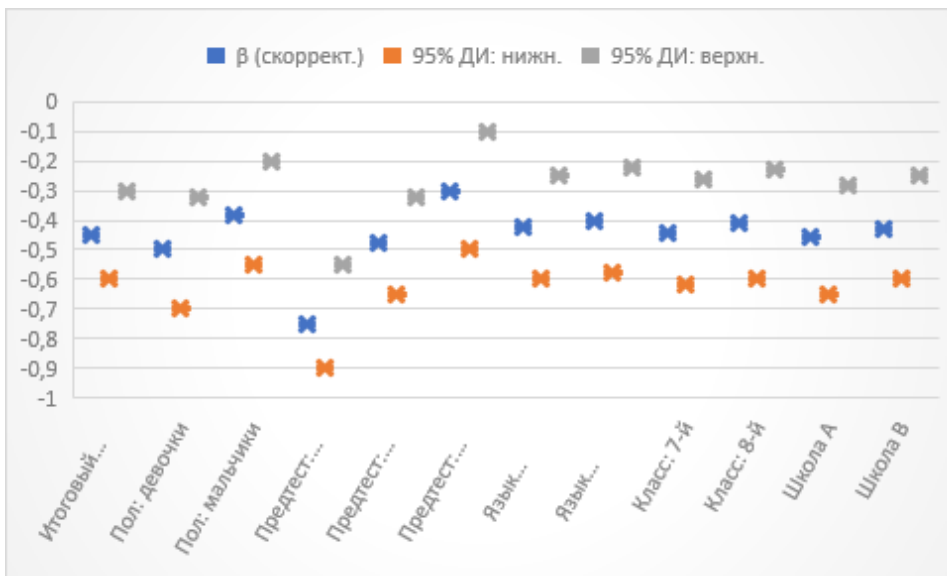


Рисунок 5 – Подгрупповые эффекты по post-AMAS (EG–CG): β и 95% ДИ; отрицательные значения – большее снижение МТ в EG

График демонстрирует устойчивое преимущество интервенции во всех анализируемых подгруппах: суммарный эффект по выборке отрицателен и статистически значим, поскольку 95% ДИ не пересекает

ноль. Наиболее выраженное снижение тревожности отмечается у учащихся с низкой исходной подготовкой (нижний терциль предтеста) и у девочек. При этом эффекты близки по величине для казахской и русской параллелей и сохраняются в обеих школах, что указывает на воспроизводимость результата и его практическую значимость в разных учебных контекстах.

Качественные результаты поддерживают выводы количественного анализа и проясняют механизмы эффекта. Учащиеся говорили, что тематические мини-проекты, опирающиеся на городскую повседневность Кызылорды (семейный бюджет, коммунальные тарифы, транспортные ситуации, покупки, колебания курса тенге), помогают «снять страх перед формулами» благодаря понятной цели и поэтапным подсказкам. Работа в группе и распределение ролей переводили внимание с оценочной угрозы на совместное решение, а циклы обратной связи в логике «где остановился – что можно попробовать» помогали доводить задачи до результата. В рефлексиях это звучало так: «формулы стали понятнее – не страшно, потому что понимаешь, зачем»; «если ошибся – разбираем по чек-листу»; «короткие проекты с ролями дают результат за урок-два, и от этого спокойнее даже на обычных заданиях». Кодирование высказываний выделило две устойчивые темы – «ошибка как нормальная часть работы» и «ясная цель плюс ролевая поддержка», что хорошо согласуется с ростом самоэффективности и более выраженным снижением тревожности по подшкале «оценивание».

Проверки робастности поддерживают надёжность полученных результатов. Эффекты сохраняются как при анализе полных случаев, так и после MICE-импутации пропусков (3,8% по пост-шкалам), при моделировании кластеризации со случайными перехватами класса и школы, в непараметрических процедурах (Уилкоксон; ранговая ANCOVA Куэйда) и после контроля множественных сравнений по Benjamini–Hochberg (FDR 5%). Включение фиксированных эффектов учителя и индекса fidelity не меняет ни знак, ни значимость ключевых коэффициентов. Взаимодействие «EG×fidelity» остаётся положительным ($p=0,047$), что означает: более точное соблюдение протокола связано с несколько большими улучшениями по AMAS и успеваемости.

В целом результаты показывают, что в двух школах Кызылорды внедрение кратких PBL-модулей и практико-ориентированных заданий приводит к заметному снижению математической тревожности – как общей, так и по отдельным подшкалам, – сопровождается ростом учебной самоэффективности и статистически значимым улучшением математических достижений. Эффект воспроизводится в обеих школах, несколько сильнее выражен у девочек и особенно заметен у учащихся с низким стартовым уровнем подготовки; различий между казахской и русской параллелями не выявлено. Основные эффекты и подгрупповые различия отражены на рис. 1–5, а характеристики выборки приведены в табл. 1.

Обсуждение показывает, что зафиксированное в экспериментальной группе снижение математической тревожности и одновременный рост самоэффективности хорошо укладываются в логику когнитивно-

аффективной модели. Практико-ориентированные задания и PBL смещают внимание учащихся с «угрозы оценивания» на понятную и достижимую смысловую цель, за счёт чего уменьшается конкуренция за ресурсы рабочей памяти и снижается когнитивная нагрузка. Пошаговые циклы обратной связи и прозрачные критерии усиливают чувство контроля и предсказуемости учебной ситуации, а опыт «малых побед» в микропроектах поддерживает ощущение собственной компетентности и готовность настойчиво работать с заданиями. Кооперация в малых группах действует как буфер оценочного стресса: распределённые роли, чек-листы и совместный разбор ошибок делают пробование стратегий нормальной частью работы и уменьшают страх «ошибиться». Поведенчески это выразилось в большем числе попыток, более высокой завершённости работ и переносе освоенных стратегий с проектных задач на стандартные тестовые форматы.

Полученные эффекты в целом согласуются с международными работами, где показана отрицательная связь тревожности с учебными достижениями и подтверждена эффективность активного/проектного обучения и формирующего оценивания, особенно для уязвимых групп. Более сильный результат у школьников с низкой исходной подготовкой совпадает с выводами о том, что структурированная поддержка (scaffolding) и контекстные задачи дают максимальный выигрыш там, где высока вероятность «выученной беспомощности». Чуть более выраженное снижение по подшкале «оценивание» отражает типичный для школы профиль тревожности: ситуации контроля чаще запускают самосомнение, поэтому регулярные безштрафные пробы и возможность «второй попытки» оказываются особенно полезными. Существенных расхождений с международными данными не обнаружено; при этом отсутствие различий между казахской и русской параллелями в нашем исследовании подчёркивает универсальность выявленных механизмов, тогда как в ряде зарубежных работ отмечаются языково-культурные модераторы – аспект, который требует отдельного многоцентрового изучения.

Практические выводы для учебного плана связаны с тем, чтобы системно встроить короткие PBL-модули и практико-ориентированные кейсы в ключевые темы, опираясь на легковесную модель формирующего оценивания. В алгебре это может быть реализовано через модули типа «семейный бюджет – проценты – кредит» или «линейные модели для бытовых и предпринимательских ситуаций», где каждый этап решения закреплён за ролью в группе и сопровождается ясными критериями качества объяснения. В геометрии продуктивны цепочки «инженерный набросок → измерение → допуск/погрешность → проверка результата», а также мини-проекты по планированию пространства (класс, двор, маршрут), позволяющие увидеть прикладной смысл формул площадей и объёмов. В блоке статистики и вероятностей эффективны задания на «данных повседневности» – посещаемость, транспорт, цены, простые А/В-сравнения – с акцентом на визуализацию и интерпретацию графиков, что снижает барьер входа и тревогу перед формальными вычислениями. Во

всех темах ключевыми остаются три опоры: регулярные циклы обратной связи «где застрял – что попробовать», понятные рубрики прогресса и время на «вторую попытку». Организационно это легко внедряется через 10–15-минутные микропроекты длительностью 1–2 урока, не перегружая программу.

Ограничения исследования определяют границы интерпретации полученных результатов. Во-первых, выборка включает лишь две городские школы Кызылорды, поэтому внешняя валидность ограничена: для обобщения выводов необходимы данные из сельских школ, малых городов и других типов учебных заведений. Во-вторых, вмешательство длилось относительно недолго; при средних по величине эффектах без последующего отслеживания на горизонте четверти или полугодия нельзя уверенно судить об их устойчивости. В-третьих, использовались краткие измерители тревожности и самооффективности, поэтому желательны дополнительные подтверждающие данные – физиологические индикаторы стресса, процессуальные метрики решения задач, независимая экспертная оценка качества объяснений. В-четвёртых, хотя в анализе учитывались эффекты школы и учителя, полностью исключить вклад индивидуальных «учительских стилей» невозможно; в будущем нужны рандомизация на уровне классов/педагогов и слепая проверка письменных работ.

Перспективные направления дальнейших исследований включают: проверку устойчивости эффектов в долгосрочной перспективе (через 3, 6 и 12 месяцев) и анализ их связи с выбором профильных учебных траекторий; оценку модераторов в разных возрастных группах (5–6 классы и 9–10 классы) с учётом пола, стартовой подготовки, типа школы и уровня урбанизации; анализ вариативности заданий и «дозировки» компонентов PBL – вклада кооперации, степени контекстуализации, частоты «вторых попыток»; включение цифровых PBL-сред, таких как онлайн-доски для совместной работы, симуляторы и наборы данных реального мира с автоматизированной пошаговой обратной связью; применение многоуровневых моделей, связывающих изменения тревожности с процессуальными индикаторами (время на этапы решения, число используемых стратегий) и итоговыми достижениями. Реализация такой программы позволит точнее раскрыть механизмы эффекта, оптимизировать архитектуру урока для разных групп учащихся и подготовить практические рекомендации на уровне школы и района с проверенной переносимостью.

Заключение

Исследование показало, что включение кратких PBL-модулей и практико-ориентированных заданий вместе с формирующим оцениванием ведёт к статистически и практически значимому снижению математической тревожности у учащихся основной школы. Эффект зафиксирован как по общему баллу AMAS, так и по подшкалам «урок/обучение» и «контроль/оценивание», и одновременно сопровождается ростом учебной самооффективности и улучшением результатов по математике. Это

подтверждает центральную гипотезу: перенос внимания с оценочной угрозы на понятную смысловую цель и организация пошаговой обратной связи «ошибка – подсказка – вторая попытка» уменьшают нагрузку на рабочую память и усиливают ощущение контроля над задачей.

Интервенция дала наибольший эффект в уязвимых подгруппах – у школьников с низкой исходной подготовкой и у девочек, для которых стартовый уровень тревожности был немного выше. При этом результаты воспроизводились в обеих школах и не различались между казахской и русской параллелями, что говорит об универсальности предложенной архитектуры урока в городских условиях. Связь между степенью соблюдения протокола и величиной эффекта подчёркивает значимость операциональной дисциплины: распределение ролей, прозрачные критерии, регулярные мини-циклы обратной связи и возможность «второй попытки» выступают не дополнительными элементами, а центральными механизмами воздействия.

С практической точки зрения результаты показывают, что снижать МТ можно без увеличения учебной нагрузки: достаточно включать в ключевые темы алгебры, геометрии и статистики короткие микропроекты на 10–15 минут, рассчитанные на 1–2 урока, опираться на рубрики понятного прогресса и заранее выделять время на доработку решения. Для управленческих команд это означает набор конкретных действий: разработка методических карт PBL-кейсов по темам, использование чек-листов формирующей обратной связи, создание «банков» контекстных задач и адресное повышение квалификации учителей по работе с ошибками и организацией групповых ролей.

Ограничения работы связаны с контекстом исследования: выборка охватывает только две городские школы Кызылорды, вмешательство имело умеренную длительность, а набор измерителей был ограничен краткими шкалами тревожности и самоэффективности и предметным тестом. Хотя в анализе учитывались кластеризация и фиксированные эффекты учителей, полностью отделить эффект интервенции от влияния индивидуальных педагогических стилей нельзя. Эти обстоятельства не опровергают полученные результаты, но определяют границы их обобщения.

Дальнейшие исследования целесообразно строить в многоцентровом формате (город и село, разные типы школ), с рандомизацией на уровне классов или учителей, продлённым мониторингом устойчивости эффектов на горизонте 3–6–12 месяцев и анализом «дозировки» компонентов PBL – вклада кооперации, степени контекстуализации и частоты «вторых попыток». Перспективно дополнять классные интервенции цифровыми PBL-средами (совместные онлайн-доски, симуляторы, работа с реальными датасетами) и параллельно развивать валидированные школьные версии AMAS на русском и казахском языках с проверкой инвариантности. Такая исследовательская программа позволит точнее раскрыть механизмы действия, повысить переносимость подхода и сформировать масштабируемые рекомендации для школ и районов.

В итоге предложенный протокол урока – «микропроект, ролевая кооперация и формирующая обратная связь с возможностью повторной попытки» – выступает воспроизводимой и ресурсно-умеренной стратегией снижения математической тревожности, которая одновременно поддерживает рост самооффективности и улучшение предметных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ashcraft M.H., Krause J.A. Working memory, math performance, and math anxiety // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2007. – Vol. 14, № 2. – P. 243–248. DOI: 10.3758/BF03194059.

[2] Dowker A., Sarkar A., Looi C.Y. Mathematics anxiety: what have we learned in 60 years? // *Frontiers in Psychology*. – 2016. – Vol. 7. – Article 508. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00508.

[3] Carey E., Hill F., Devine A., Szücs D. The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance // *Frontiers in Psychology*. – 2015. – Vol. 6. – Article 1987. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01987.

[4] OECD. Does Math Make You Anxious? – Paris: OECD Publishing, 2015. DOI: 10.1787/5js4phhkjr8v-en.

[5] Richardson F.C., Suinn R.M. The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data // *Journal of Counseling Psychology*. – 1972. – Vol. 19, № 6. – P. 551–554. DOI: 10.1037/h0033456.

[6] Hopko D.R., Mahadevan R., Bare R.L., Hunt M.K. The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability // *Assessment*. – 2003. – Vol. 10, № 2. – P. 178–182. DOI: 10.1177/1073191103010002008.

[7] Marakshina J., Pavlova A., Ismatullina V., et al. The Russian version of the Abbreviated Math Anxiety Scale: psychometric properties in adolescents aged 13–16 years // *Frontiers in Psychology*. – 2023. – Vol. 14. – Article 1275212. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1275212.

[8] Yeshmurat G.K. Understanding Math Anxiety and Its Impact on Math Education Students' Careers // *Academic Scientific Journal of Computer Science (Proceedings of the NAS RK. Physics-Mathematics Series)*. – 2024. – № 2. – P. 149–162. DOI: 10.32014/2024.2518-1726.273.

[9] Акперов Н.К., Ардабаева А.К. Методология развития функциональной грамотности учащихся средней школы через обучение решению контекстных задач по математике // *Вестник КазУМОиМЯ имени Абылай хана. Серия «Педагогические науки»*. – 2025. – Т. 76, № 1. – С. 545–558. DOI: 10.48371/PEDS.2025.76.1.035.

[10] Hembree R. The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety // *Journal for Research in Mathematics Education*. – 1990. – Vol. 21, № 1. – P. 33–46. DOI: 10.2307/749455.

[11] Núñez-Peña M.I., Bono R., Suárez-Pellicioni M. Feedback on students' performance: A possible way of reducing the negative effect of math anxiety in higher education // *International Journal of Educational Research*. – 2015. – Vol. 70. – P. 80–87. DOI: 10.1016/j.ijer.2015.02.005.

[12] Theobald E.J., Hill M.J., Tran E., et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2020. – Vol. 117, № 12. – P. 6476–6483. DOI: 10.1073/pnas.1916903117.

[13] Chistyakov A.A., Zhdanov S.P., Avdeeva E.L., et al. Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. – 2023. – Vol. 19, Iss. 5. – Article em2256. DOI: 10.29333/ejmste/13128.

[14] Zhang J., Zhao N., Kong Q.-P. The Relationship Between Math Anxiety and Math Performance: A Meta-Analysis // *Frontiers in Psychology*. – 2019. – Vol. 10. – Article 1613. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01613.

[15] Theobald E.J., Hill M.J., Tran E., Agrawal S., Arroyo E.N., Behling S., et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math // *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. – 2020. – Vol. 117, № 12. – P. 6476–6483. DOI: 10.1073/pnas.1916903117.

REFERENCES

[1] Ashcraft M.H., Krause J.A. Working memory, math performance, and math anxiety // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2007. – Vol. 14, No. 2. – pp. 243–248. DOI: 10.3758/BF03194059.

[2] Dowker A., Sarkar A., Looi C.Y. Mathematics anxiety: what have we learned in 60 years? // *Frontiers in Psychology*. – 2016. – Vol. 7. – Article 508. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00508.

[3] Carey E., Hill F., Devine A., Szücs D. The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance // *Frontiers in Psychology*. – 2015. – Vol. 6. – Article 1987. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01987.

[4] OECD. Does Math Make You Anxious? – Paris: OECD Publishing, 2015. DOI: 10.1787/5js4phhkjr8v-en.

[5] Richardson F.C., Suinn R.M. The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data // *Journal of Counseling Psychology*. – 1972. – Vol. 19, No. 6. – pp. 551–554. DOI: 10.1037/h0033456.

[6] Hopko D.R., Mahadevan R., Bare R.L., Hunt M.K. The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability // *Assessment*. – 2003. – Vol. 10, No. 2. – pp. 178–182. DOI: 10.1177/1073191103010002008.

[7] Marakshina J., Pavlova A., Ismatullina V., et al. The Russian version of the Abbreviated Math Anxiety Scale: psychometric properties in adolescents aged 13–16 years // *Frontiers in Psychology*. – 2023. – Vol. 14. – Article 1275212. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1275212.

[8] Yeshmurat G.K. Understanding Math Anxiety and Its Impact on Math Education Students' Careers // *Academic Scientific Journal of Computer Science (Proceedings of the NAS RK. Physics-Mathematics Series)*. – 2024. – No. 2. – pp. 149–162. DOI: 10.32014/2024.2518-1726.273.

[9] Akperov N.K., Ardabaeva A.K. Metodologiya razvitiya funktsional'noy gramotnosti uchashchikhsya sredney shkoly cherez obuchenie resheniyu kontekstnykh zadach po matematike (Methodology for the development of functional literacy of secondary school students through teaching solving contextual problems in mathematics) // Vestnik KazUMOiMYa imeni Abylay khana. Seriya "Pedagogicheskie nauki". – 2025. – Vol. 76, No. 1. – pp. 545–558. DOI: 10.48371/PEDS.2025.76.1.035. [in Kaz]

[10] Hembree R. The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety // Journal for Research in Mathematics Education. – 1990. – Vol. 21, No. 1. – pp. 33–46. DOI: 10.2307/749455.

[11] Núñez-Peña M.I., Bono R., Suárez-Pellicioni M. Feedback on students' performance: A possible way of reducing the negative effect of math anxiety in higher education // International Journal of Educational Research. – 2015. – Vol. 70. – pp. 80–87. DOI: 10.1016/j.ijer.2015.02.005.

[12] Theobald E.J., Hill M.J., Tran E., et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2020. – Vol. 117, No. 12. – pp. 6476–6483. DOI: 10.1073/pnas.1916903117.

[13] Chistyakov A.A., Zhdanov S.P., Avdeeva E.L., et al. Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. – 2023. – Vol. 19, Iss. 5. – Article em2256. DOI: 10.29333/ejmste/13128.

[14] Zhang J., Zhao N., Kong Q.-P. The Relationship Between Math Anxiety and Math Performance: A Meta-Analysis // Frontiers in Psychology. – 2019. – Vol. 10. – Article 1613. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01613.

[15] Theobald E.J., Hill M.J., Tran E., Agrawal S., Arroyo E.N., Behling S., et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math // Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). – 2020. – Vol. 117, No. 12. – pp. 6476–6483. DOI: 10.1073/pnas.1916903117.

МАТЕМАТИКА САБАҚТАРЫНДАҒЫ ЖОБАҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕГЕ БАҒЫТТАЛҒАН ІС-ӘРЕКЕТТЕР АРҚЫЛЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МАЗАСЫЗДЫҚТЫ ЖЕҢУ

*Ешмурат Г.¹, Каинбаева Л.², Ергалауова З.³

*^{1,2,3}Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл зерттеудің өзектілігі математикалық мазасыздық (МА) мен академиялық көрсеткіштердің төмендеуі арасындағы тұрақты байланысқа, сондай-ақ математикалық тұрғыдан қарқынды оқу салаларынан аулақ болуға байланысты. Мектеп тәжірибесінде МА жұмыс жады ресурстары үшін бәсекелеседі және бағадан құлау қаупін арттырады. Зерттеудің мақсаты жобаға негізделген оқыту (PBL) мен тәжірибеге бағытталған іс-шаралардың қалыптастырушы бағалаумен үйлесуі

оқушылардың МА деңгейін төмендете ме және бұл математикадағы өзіне деген сенімділік пен академиялық көрсеткіштердің артуымен қатар жүре ме, жоқ па, соны зерттеу болды. Әдістер: Қызылорда екі мектепте 7 және 8 сынып оқушылары мен бақылау тобымен (N=212; EG=108, CG=104) жүргізілген квазиэксперименттік тестке дейінгі-араласу-тесттен кейінгі зерттеу; араласуға 1-2 сабаққа арналған микрожобалар, рөлдік ойындар және қателіктер туралы кеңес беру-қайталау циклдары кірді. Өлшемдер: AMAS (жалпы және кіші шкала), өзіндік тиімділік шкаласы, элементтік тест (0–100); Талдауға t-тесттер, алдын ала тесттер және ковариаттар үшін ANCOVA бақылауы, кластерлеу және сенімділік тексерулері (Уилкоксон тесті, төрт рангты ANCOVA, FDR және MICE) кірді. Нәтижелер: Тәжірибелік топта МТ статистикалық және практикалық тұрғыдан айтарлықтай төмендеулер (жалпы және кіші шкала), өзіне деген сенімділіктің артуы және математикалық тест нәтижелерінің жоғарылауы байқалды. Әсері дайындық қабілеті төмен оқушылар мен қыздар үшін күштірек болды және мектептер мен оқыту тілдерінде бірдей болды. Дәлдік өсімнің шамасымен оң корреляцияланды. Талқылау: Проблемалық оқыту және қалыптастырушы бағалау назарды семантикалық мақсаттарға қайта аударады, қателерді өңдеуді қалыпқа келтіреді және бақылау сезімін арттырады, осылайша когнитивті жүктемені азайтады және стратегияларды стандартты тапсырмаларға ауыстыруды жеңілдетеді.

Тірек сөздер: математикалық мазасыздық, жобаға негізделген оқыту (PBL), тәжірибеге бағытталған тапсырмалар, қалыптастырушы бағалау, өзіндік сенімділік, мектеп математикасы, жұмыс жады, Қазақстан

OVERCOMING MATH ANXIETY THROUGH PROJECT-BASED AND PRACTICE-ORIENTED ACTIVITIES IN MATHEMATICS LESSONS

*Eshmurat G.¹, Kainbaeva L.², Ergalauova Z.³

*^{1,2,3}Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

Abstract. The relevance of this study is due to a stable association between mathematics anxiety (MA) and decreased academic performance and avoidance of mathematically intensive trajectories. In school practice, MA competes for working memory resources and increases evaluative threat. The aim of the study was to test whether the combination of project-based (PBL) and practice-oriented activities with formative assessment reduces the level of MA in students and whether this is accompanied by an increase in self-efficacy and achievement in mathematics. Methodology: quasi-experiment «pretest-intervention-posttest» with a control group in two schools in Kyzylorda (N=212; EG=108, CG=104), covering grades 7–8; the intervention included micro-projects for 1–2 lessons, role-playing cooperation, and «error-hint-retry» cycles. Measures: AMAS (total and subscales), self-efficacy scale, subject test (0–100); Analysis included t-tests, ANCOVA controlling for pretest and covariates, clustering, and robustness checks

(Wilcoxon, Quad rank ANCOVA, FDR, and MICE). Results: EG demonstrated a statistically and practically significant decrease in MT (total and subscales), an increase in self-efficacy, and an increase in math test scores. The effect was stronger for students with low initial preparation and for girls and was consistent across schools and languages of instruction. Fidelity was positively associated with the magnitude of the gain. The discussion demonstrated that PBL and formative assessment redistribute attention to the semantic goal, normalize error handling, and enhance the sense of control, thereby reducing cognitive load and supporting the transfer of strategies to standard tasks.

Keywords: math anxiety, project-based learning (PBL), practice-oriented assignments, formative assessment, self-efficacy, school mathematics, working memory, Kazakhstan

Статья поступила / Мақала түсті / Received: 25.11.2025.

Принята к публикации / Жариялауға қабылданды / Accepted: 26.06.2026.

Информация об авторах:

Ешмурат Гульнур – магистр педагогических наук, докторант, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан; e-mail: gulnuresh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3275-6457>

Каинбаева Лариса – кандидат педагогических наук, старший преподаватель образовательной программы «Физика и математика», Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан; e-mail: larissa_rain@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2927-6575>

Ергалауова Зинегуль – PhD, старший преподаватель, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан; e-mail: zina_73er@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9410-6425>

Авторлар туралы мәлімет:

Ешмұрат Гүлнұр – педагогика ғылымдарының магистрі, докторант, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulnuresh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3275-6457>

Каинбаева Лариса – педагогика ғылымдарының кандидаты, физика және математика білім беру бағдарламасының аға оқытушысы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: larissa_rain@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2927-6575>

Ергалауова Зинегуль – PhD, аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zina_73er@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9410-6425>

Information about the authors:

Yeshmurat Gulnur – Master of Pedagogical Sciences, doctoral student, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulnuresh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3275-6457>

Kainbaeva Larissa – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer of the Educational Program “Physics and Mathematics”, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan; e-mail: larissa_rain@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2927-6575>

Yergalauova Zinegul – PhD, Senior Lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan; e-mail: zina_73er@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9410-6425>