УДК 378.147:621.396:004.9

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ВИРТУАЛЬНО-РЕАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ СРЕДЕ

Байматова Наргиза Тухтабаевна

Старший преподаватель Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

ORCID: 0009-0000-0170-5596

Аннотация. В статье разработана методика формирования проектно-конструкторской самостоятельности студентов технического вуза в интегрированной виртуально-реальной лабораторной среде. Проектно-конструкторская самостоятельность рассматривается как интегративное качество, проявляющееся в способности студента самостоятельно анализировать техническое задание, выбирать и обосновывать конструктивный вариант, создавать и верифицировать цифровую модель, собирать реальный прототип, диагностировать расхождения между виртуальными и физическими результатами, корректировать решение и аргументированно защищать проект. Предложена структурно-функциональная модель, включающая целевой, содержательно-проектировочный, виртуально-моделирующий, реально-конструкторский, верификационно-коррекционный и рефлексивно-оценочный блоки. Определены педагогические условия, этапы постепенного переноса проектных функций от преподавателя к студенту, диагностические критерии и уровни самостоятельности. На примере проектирования цифрового узла делителя частоты на основе Т-триггера показана логика перехода от виртуального моделирования в NI Multisim к реальному прототипированию и сравнительной верификации.

Ключевые слова: проектно-конструкторская самостоятельность, виртуальная лаборатория, реальная лаборатория, интегрированная лабораторная среда, техническое проектирование, NI Multisim, прототипирование, верификация, радиоэлектронные устройства, инженерное образование.

INTEGRATSIYALASHGAN VIRTUAL-REAL LABORATORIYA MUHITIDA TALABALARNING LOYIHALASH-KONSTRUKTORLIK MUSTAQILLIGINI SHAKLLANTIRISH METODIKASI

Baymatova Nargiza To‘xtaboyevna

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi

ORCID: 0009-0000-0170-5596

Annotatsiya. Maqolada texnika oliy ta’lim muassasasi talabalarida integratsiyalashgan virtual-real laboratoriya muhitida loyihaviy-konstruktorlik mustaqilligini shakllantirish metodikasi ishlab chiqilgan. Loyihaviy-konstruktorlik mustaqilligi texnik topshiriqni mustaqil tahlil qilish, konstruktiv variantni tanlash va asoslash, raqamli modelni yaratish va tekshirish, real prototipni yig‘ish, virtual va real natijalar o‘rtasidagi tafovutlarni diagnostika qilish, yechimni tuzatish va loyihani himoya qilish qobiliyatlarini birlashtiruvchi integrativ sifat sifatida talqin qilinadi. Maqolada strukturaviy-funksional model, pedagogik shart-sharoitlar, bosqichlar, diagnostik mezonlar va mustaqillik darajalari taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: loyihaviy-konstruktorlik mustaqilligi, virtual laboratoriya, real laboratoriya, integratsiyalashgan laboratoriya muhiti, texnik loyihalash, NI Multisim, prototiplash, verifikatsiya, radioelektron qurilmalar.

METHODOLOGY FOR DEVELOPING STUDENTS' INDEPENDENCE IN DESIGN AND ENGINEERING IN AN INTEGRATED VIRTUAL–REAL LABORATORY ENVIRONMENT

Nargiza Tukhtabayevna Baymatova
Senior Lecturer atTashkent State Technical University named after Islam Karimov
ORCID: 0009-0000-0170-5596

Abstract. The article develops a methodology for forming students' project-design independence in an integrated virtual-real laboratory environment. Project-design independence is interpreted as an integrative quality manifested in the ability to independently analyze a technical task, select and justify a design solution, create and verify a digital model, assemble a physical prototype, diagnose discrepancies between virtual and real results, correct the solution, and defend the project. A structural-functional model is proposed that combines goal-setting, design-content, virtual modeling, real prototyping, verification-correction, and reflective-assessment blocks. Pedagogical conditions, stages of gradual transfer of design functions from teacher to student, diagnostic criteria, and levels of independence are specified. The logic of the methodology is illustrated by the design of a frequency-divider unit based on a T flip-flop, moving from NI Multisim simulation to physical prototyping and comparative verification.

Keywords: project-design independence, virtual laboratory, physical laboratory, integrated laboratory environment, engineering design, NI Multisim, prototyping, verification, radioelectronic devices, engineering education.

ВВЕДЕНИЕ

Современная подготовка специалистов радиоэлектронного профиля все в большей степени ориентируется не только на усвоение готовых схемных решений, но и на способность самостоятельно преобразовывать техническое задание в работоспособную конструкцию. Для дисциплин, связанных с конструкцией и проектированием радиоэлектронных устройств, принципиальное значение приобретают умения анализировать исходные ограничения, выбирать элементную базу, сравнивать альтернативные структурные решения, моделировать режимы, собирать прототип, проводить измерения и вносить обоснованные коррективы. Такие действия образуют ядро проектно-конструкторской деятельности и непосредственно связаны с профессиональной готовностью будущего инженера.

Традиционная лабораторная работа, построенная по жесткой пошаговой инструкции, обеспечивает отработку отдельных операций, однако нередко оставляет студенту ограниченное пространство для выбора, технического риска и самостоятельного принятия решения. Виртуальные лаборатории, напротив, позволяют безопасно многократно изменять параметры, проверять гипотезы и быстро получать обратную связь, но при изолированном использовании не полностью формируют опыт работы с реальными компонентами, измерительными приборами, монтажом, паразитными параметрами и аппаратными ограничениями [1; 2]. Поэтому методически продуктивным является не противопоставление цифрового и физического эксперимента, а их функционально обоснованная интеграция.

В ранее опубликованных исследованиях было показано, что интеграция цифровых и реальных лабораторий способствует развитию технико-профессиональных, информационно-коммуникационных и исследовательских компетенций, а также создает условия для перехода от моделирования к работе с реальным объектом [8; 9]. Вместе с тем самостоятельность именно в проектно-конструкторской деятельности требует отдельной методической разработки, поскольку она предполагает не только выполнение эксперимента, но и принятие решений до, во время и после его реализации.

Цель исследования заключается в разработке методики формирования проектно-конструкторской самостоятельности студентов в интегрированной виртуально-реальной лабораторной среде и определении ее структурных компонентов, педагогических условий, этапов, диагностических критериев и способов реализации на материале радиоэлектронных дисциплин.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Исследования виртуальных и удаленных лабораторий в инженерном образовании подчеркивают их значимость для гибкой организации эксперимента, повторяемости процедур, безопасной работы с параметрами и расширения доступа к лабораторным ресурсам [1; 3]. Мета-анализ эффективности виртуальных лабораторий показывает положительное влияние цифрового эксперимента на учебные результаты, мотивацию и вовлеченность, однако подтверждает целесообразность сочетания виртуальных и физических практик, особенно когда результат обучения связан с реальными измерительными и конструктивными действиями [2].

В интегрированной лабораторной среде виртуальный этап целесообразно рассматривать как пространство предварительного проектирования и безопасной проверки решений, а реальный этап - как пространство аппаратной верификации, монтажа, настройки, диагностики и учета физических ограничений. Такой подход соответствует принципам модульности, гибкости, междисциплинарной интеграции и компетентностной направленности, которые были выделены при проектировании цифрово-реальных лабораторных занятий [8; 9]. При этом виртуальная и реальная части должны быть связаны не только общей темой, но и общим техническим продуктом, едиными критериями качества и обязательной процедурой сопоставления результатов.

Проектно-конструкторская самостоятельность в настоящем исследовании определяется как интегративное личностно-деятельностное качество студента, обеспечивающее способность самостоятельно ставить и уточнять проектную задачу, выбирать способы ее решения, принимать конструктивные решения, осуществлять виртуальную и физическую реализацию, контролировать качество результата и нести аргументированную ответственность за принятый вариант. Такое понимание согласуется с положениями инженерного дизайн-мышления, проектного и индуктивного обучения, где студент включается в открытые задачи

с множеством допустимых решений и учится обосновывать инженерный выбор [5-7]. В отличие от общей учебной самостоятельности данное качество имеет явно выраженный предметно-технический характер и фиксируется через наблюдаемые проектные действия.

Методологическую основу разработки составили компетентностный, деятельностный, проектный и интегративный подходы. Использованы методы структурно-функционального моделирования, педагогического проектирования, сравнительного анализа функций виртуальной и реальной лаборатории, декомпозиции проектной деятельности на наблюдаемые действия и построения критериальной диагностической модели. Выводы статьи носят теоретико-методический характер; количественная оценка эффективности предложенной методики должна быть предметом отдельного педагогического эксперимента.

СТРУКТУРА ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ

Для перехода от общего понятия самостоятельности к педагогически измеряемому результату выделены пять взаимосвязанных компонентов. Каждый компонент проявляется как в цифровой, так и в реальной части проектной работы, однако его содержательная нагрузка меняется по мере продвижения от идеи к прототипу.

Компонент	**Содержание**	**Наблюдаемые проявления самостоятельности**	**Типичные доказательства результата**
Аналитико-целевой	Понимание технического задания, ограничений и критериев качества	самостоятельно уточняет цель; выделяет входы/выходы; формулирует требования и риски	структурированное ТЗ, перечень ограничений, критерии приемки
Вариативно-конструкторский	Поиск, сравнение и обоснование конструктивных вариантов	предлагает не менее двух решений; аргументирует элементную базу; учитывает стоимость и реализуемость	сравнительная таблица вариантов, структурная схема, расчет

Компонент	Содержание	Наблюдаемые проявления самостоятельности	Типичные доказательства результата
Виртуально-моделирующий	Создание модели, настройка параметров и проверка режимов	самостоятельно строит схему; выбирает приборы; проводит серию виртуальных проверок; интерпретирует осциллограммы	файл модели, временные диаграммы, таблица параметров
Реально-конструкторский	Монтаж, измерение, настройка и диагностика прототипа	собирает узел; соблюдает безопасность; локализует неисправность; корректирует монтаж и режимы	работоспособный прототип, карта измерений, журнал ошибок
Рефлексивно-верификационный	Сопоставление virtual-real результатов, корректировка и защита проекта	объясняет расхождения; определяет источник ошибки; вносит изменения; защищает итоговое решение	сравнительный отчет, версия 2.0 проекта, аргументированная защита

Таблица 1. Компоненты и диагностические проявления проектно-конструкторской самостоятельности

Предложенная структура позволяет отличать самостоятельность от простой скорости выполнения. Например, студент может быстро воспроизвести известную схему по образцу, но не проявить самостоятельности при выборе варианта или диагностике отклонений. Напротив, более длительная работа может свидетельствовать о высоком уровне исследовательской активности, если время затрачено на сравнение альтернатив и проверку технических гипотез. Поэтому оценивание должно учитывать логику проектных решений, а не только конечную работоспособность устройства.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МЕТОДИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Методика строится на постепенном переносе проектных функций от преподавателя и цифровой подсказки к самому студенту. На начальном этапе преподаватель задает рамку технической задачи и критерии безопасности; далее доля внешнего алгоритма сокращается, а студент берет на себя выбор решения,

планирование проверки, интерпретацию результата и коррекцию конструкции. Виртуальная лаборатория используется не как конечная цель, а как первый уровень инженерной верификации, после которого решение обязательно проходит физическую проверку.



Рисунок 1. Структурно-функциональная модель формирования проектно-конструкторской самостоятельности

Научно-методическая новизна модели состоит в том, что самостоятельность формируется не отдельным приемом, а через управляемую смену степени свободы на разных стадиях одного технического продукта. На виртуальном этапе студент получает возможность без аппаратного риска исследовать несколько вариантов; на реальном этапе проверяет инженерную состоятельность решения; на этапе верификации учится объяснять различия между идеализированной моделью и физическим объектом. Именно обязательная связка «модель - прототип - объяснение расхождений - корректировка» превращает лабораторную работу из исполнительской процедуры в проектно-конструкторскую деятельность.

ЭТАПЫ МЕТОДИКИ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Предлагаемая методика включает шесть последовательно связанных этапов. Их границы могут адаптироваться к конкретной дисциплине, однако логика переноса самостоятельности должна сохраняться: от анализа задачи к вариативному проектированию, затем к цифровой и физической реализации, после чего - к верификации и защите результата.

Этап	Действия студента	Функция виртуальной/реальной среды	Роль преподавателя
1. Проблемно-целевой	анализирует ТЗ, выделяет ограничения, формулирует критерии	цифровой шаблон ТЗ, примеры ошибок, база требований	задает проблему и границы безопасности, но не готовое решение

Этап	Действия студента	Функция виртуальной/реальной среды	Роль преподавателя
2. Вариативное проектирование	создает 2-3 решения, выбирает элементную базу, делает расчеты	электронные справочники, структурные модели, калькуляторы	задает вопросы на обоснование выбора, не подменяя его
3. Виртуальная верификация	строит схему в Multisim, меняет параметры, получает диаграммы	безопасное многократное моделирование, виртуальные приборы	ограниченная консультация по критическим ошибкам
4. Реальное прототипирование	монтирует узел, измеряет, настраивает, ищет неисправности	макетная плата, компоненты, генератор, осциллограф, мультиметр	контроль безопасности и фиксация процесса
5. Сравнительная верификация	сопоставляет virtual-real данные, классифицирует причины расхождений	единая карта параметров цифровой модели и прототипа	побуждает к причинному анализу, а не к замене результата
6. Коррекция и защита	корректирует конструкцию, объясняет выбор и ограничения, защищает проект	архив версий, цифровое портфолио, итоговый прототип	экспертная оценка по рубрике, рефлексивная обратная связь

Таблица 2. Этапы формирования проектно-конструкторской самостоятельности в виртуально-реальной среде

Первое педагогическое условие - единый проектный продукт для виртуальной и реальной частей. Если виртуальная работа и физическая лаборатория посвящены разным объектам, студент не переживает полный цикл инженерного решения и не может анализировать расхождения. Второе условие - вариативность задания: техническая задача должна допускать несколько допустимых конструктивных решений, иначе самостоятельность сводится к

выполнению алгоритма. Третье условие - управляемое сокращение внешней помощи. На ранних этапах допустимы чек-листы и контрольные вопросы, но к этапу прототипирования студент должен самостоятельно определять порядок диагностики.

Четвертое условие - обязательная фиксация проектной логики. Студент должен сохранять не только итоговую схему, но и причины отклонения вариантов, результаты моделирования, обнаруженные ошибки, изменения параметров и аргументы, которые привели к окончательной конструкции. Пятое условие - оценивание процесса и продукта одновременно. Работоспособный прототип является необходимым, но недостаточным результатом; в оценку включаются качество постановки задачи, вариативность, обоснованность решений, самостоятельность диагностики и глубина virtual-real анализа.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

↓ анализ требований и поиск вариантов

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ (NI Multisim)

↓ цифровая проверка и выбор параметров

РЕАЛЬНЫЙ ПРОТОТИП + ИЗМЕРЕНИЯ

↓ сопоставление virtual-real, поиск причин расхождений

КОРРЕКЦИЯ КОНСТРУКЦИИ -> ЗАЩИТА -> НОВЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ЦИКЛ

Рисунок 2. Проектный цикл в интегрированной виртуально-реальной лабораторной среде

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И УРОВНИ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ

Для диагностики предлагается использовать критериальную рубрику, в которой каждый компонент оценивается по шкале от 0 до 3 баллов: 0 - действие отсутствует или выполняется только по прямой инструкции; 1 - действие выполняется по образцу с существенной помощью; 2 - действие в основном самостоятельное, но требует выборочной консультации; 3 - действие полностью самостоятельно, обосновано и переносится в новую ситуацию. Суммарный балл по пяти компонентам составляет от 0 до 15. Такая модель прозрачна для преподавателя и студента и позволяет отслеживать не только итоговый уровень, но и профиль сильных и слабых компонентов.

Уровень	Баллы	Характеристика проектно-конструкторской самостоятельности	Педагогическая стратегия
Репродуктивный	0-5	выполняет известную схему по пошаговой инструкции; затрудняется объяснить выбор и причины ошибок	структурированные микро-задачи, контрольные вопросы, ограниченный шаблон
Алгоритмически-самостоятельный	6-9	самостоятельно выполняет типовой проект, но выбор варианта и диагностика нестандартной ошибки требуют помощи	вариативные параметры, частичное снятие подсказок, обязательная диагностика
Конструктивный	10-12	сравнивает варианты, обосновывает конструкцию, самостоятельно моделирует и собирает прототип, анализирует расхождения	открытые ограничения, комплексные задачи, защита инженерного выбора
Исследовательско-проектный	13-15	предлагает альтернативные решения, оптимизирует параметры, объясняет физические причины отклонений и переносит метод на новый объект	мини-исследование, оптимизация, проект для реального/производственного контекста

Таблица 3. Диагностические уровни проектно-конструкторской самостоятельности

При необходимости суммарную оценку можно дополнить весовым индексом Iпкс = 0,20A + 0,25K + 0,20V + 0,20R + 0,15F, где A - аналитико-целевой компонент, K - вариативно-конструкторский, V - виртуально-моделирующий, R - реально-конструкторский, F - рефлексивно-верификационный; все значения нормируются в диапазоне 0-100. Повышенный вес вариативно-конструкторского компонента отражает центральную роль выбора и обоснования решения в проектной деятельности. Предложенные веса являются методической гипотезой и должны быть проверены в педагогическом эксперименте, а не рассматриваться как универсальная нормативная шкала.

ПРАКТИЧЕСКИЙ СЦЕНАРИЙ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА Т-ТРИГГЕРЕ

Практическая реализация методики может быть организована в рамках лабораторного модуля по цифровым радиоэлектронным устройствам. В качестве технического задания студенту предлагается разработать узел деления входной тактовой частоты в два раза на основе Т-триггера. В предыдущих работах моделирование Т-триггера в NI Multisim показано как удобный способ изучения принципов его работы и временных диаграмм [10], а использование Multisim в задачах проектирования цифровых логических устройств подтверждает возможность безопасной отработки схем до физической сборки [11].

На первом этапе студент формулирует требования: диапазон входной частоты, допустимое напряжение питания, вид выходного сигнала, состав доступной элементной базы. Затем сравнивает не менее двух вариантов реализации - специализированный Т-триггер либо формирование Т-режима на базе JK-триггера. Выбор должен быть обоснован по доступности компонентов, простоте реализации и стабильности работы. В виртуальной среде студент строит выбранную схему, задает последовательность тактовых импульсов, получает временные диаграммы и проверяет условие fвых = fвх/2.

После цифровой проверки схема собирается на макетной плате. Реальная часть включает подачу сигнала от генератора, контроль уровня питания, наблюдение входных и выходных импульсов осциллографом и фиксацию фактической частоты. Если результаты расходятся с моделью, студент должен определить вероятный класс причин: временные задержки элемента, дребезг контактов, ошибка соединения, ограничение прибора или неверно выбранный режим. Важнейшим диагностическим показателем является не сам факт ошибки, а стратегия ее локализации.

Заключительная часть - проектная верификация. Студент сопоставляет виртуальную и реальную временные диаграммы, формулирует причины различий, корректирует конструкцию и представляет короткую техническую защиту. Для высокого уровня самостоятельности вводится дополнительное

задание: расширить узел до делителя частоты в четыре раза, предложить альтернативную структуру или сравнить реализацию на T- и JK-триггерах. Такая последовательность обеспечивает переход от учебного моделирования к самостоятельному конструкторскому решению.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результатом проведенного теоретико-методического анализа является модель, в которой виртуальная и реальная лаборатории выполняют разные, но взаимодополняющие функции. Виртуальная среда снижает стоимость ошибки и создает пространство для вариативного поиска; физическая среда выявляет реальные ограничения конструкции; сравнительная верификация превращает расхождение в учебную проблему, требующую инженерного объяснения. Такая организация соответствует общей тенденции современного инженерного образования к объединению цифрового моделирования, реального эксперимента и проектной деятельности [1-7].

Важным отличием предложенной методики от обычной схемы «смоделировал - собрал» является педагогическое управление степенью самостоятельности. В центре находится не последовательность инструментов, а постепенная передача студенту функций анализа, выбора, контроля и коррекции. Поэтому одинаковые программные средства могут давать разные педагогические эффекты: если виртуальная модель выдается готовой, она поддерживает исполнительскую деятельность; если студент сам строит модель, сравнивает варианты и обосновывает параметры, она становится средством формирования проектной самостоятельности.

Методика также согласуется с ранее разработанным принципом интеграции цифровой и реальной лабораторной среды, в котором реальные схемы, измерения, настройка и диагностика дополняются моделированием и цифровой фиксацией результатов [8; 9]. В настоящей работе акцент смещен с общего развития компетенций на механизм формирования самостоятельности как способности принимать, проверять и защищать проектно-конструкторские решения.

Ограничением исследования является отсутствие в представленных материалах завершенного педагогического эксперимента с контрольной и экспериментальной группами по данной конкретной методике. Поэтому нельзя корректно утверждать количественный прирост самостоятельности. Следующий этап исследования должен включать апробацию рубрики, проверку ее надежности экспертным оцениванием, сравнение входного и итогового уровней, анализ цифровых следов проектной работы и статистическую проверку различий между традиционной и интегрированной методикой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектно-конструкторская самостоятельность студентов технического вуза целесообразно рассматривать как интегративный образовательный результат,

который формируется в полном цикле «техническое задание - выбор варианта - виртуальное моделирование - реальное прототипирование - virtual-real верификация - коррекция - защита проекта». Ее развитие требует не увеличения количества самостоятельных заданий как таковых, а специальной методики постепенного переноса проектных функций к студенту.

Интегрированная виртуально-реальная лабораторная среда создает необходимые условия для такого переноса: цифровая часть обеспечивает безопасный поиск и проверку гипотез, физическая часть формирует опыт работы с реальными ограничениями, а сравнительная верификация развивает причинно-следственное инженерное мышление. Предложенная структурно-функциональная модель, шесть этапов методики, педагогические условия и диагностическая рубрика могут быть использованы при преподавании дисциплин, связанных с конструкцией и проектированием радиоэлектронных устройств, цифровой схемотехникой и лабораторным практикумом.

Для доказательства эффективности методики необходимо провести педагогический эксперимент, в котором проектно-конструкторская самостоятельность оценивается не только по качеству готового изделия, но и по динамике аналитических, вариативных, моделирующих, реально-конструкторских и рефлексивно-верификационных действий студента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grodotzki J., Ortelt T. R., Tekkaya A. E. Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0 // Procedia Manufacturing. - 2018. - Vol. 26. - P. 1349-1360.
2. Li J., Liang W. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis // PLOS ONE. - 2024. - Vol. 19, No. 12. - e0316269. DOI: 10.1371/journal.pone.0316269.
3. May D., Alves G. R., Kist A. A., Zvacek S. M. Online laboratories in engineering education: Research and practice // Engineering Education. - 2023. - P. 521-540.
4. Roman-Sanchez D. I. et al. An interactive virtual laboratory for process engineering education // Computer Aided Chemical Engineering. - 2018. - Vol. 44. - P. 1765-1770.
5. 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, No. 1. - P. 103-120. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x.
6. Prince M. J., Felder R. M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases // Journal of Engineering Education. - 2006. - Vol. 95, No. 2. - P. 123-138. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.
7. Crawley E. F., Malmqvist J., Ostlund S., Brodeur D. R., Edstrom K. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. - 2nd ed. - Cham: Springer, 2014. - 311 p. DOI: 10.1007/978-3-319-05561-9.
8. Baymatova N. T. Raqamli va real laboratoriyalarning integratsiyasi orqali fanlararo o‘qitish samaradorligini oshirish // Maktabgacha va maktab ta’limi. - 2025. - №12. - C. 2665-2669.

9. Abdullayeva N. I., Baymatova N. T. Masofaviy ta’lim sharoitida texnik fanlar laboratoriya mashg‘ulotlarini raqamli va real muhitda loyihalash va boshqarish // Intellektual robototexnika, zamonaviy radiotexnika va simsiz aloqa texnologiyalarining dolzarb muammolari va ularning rivojlanish istiqbollari: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. - Toshkent, 2026. - C. 396-400.
10. Baymatova N. T. Role of T-Trigger in Digital Circuits and Modeling in Multisim // Nauchnyy Fokus. - 2025. - №23(100), Part 1. - P. 198-200.
11. Baymatova N. T. Design a Decifrator Using the Multisim Program // Journal of Modern Educational Achievements. - 2024. - Vol. 11. - P. 168-171.
12. Yusupov Ya. T., Baymatova N. T. Simulation of Modulators and Demodulators in the “NI Multisim” Program // Journal of Modern Educational Achievements. - 2024. - Vol. 11. - P. 85-89.
13. Kadirjanovich A. R., Isaevna A. N., Gulomjonovna P. G., Botir qizi P. S. Improving the methodology of teaching specialized subjects in the preparation of future computer engineering on the basis of innovative technologies // 8th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). - Burdur, Turkiye, 2023. - P. 125-130. DOI: 10.1109/UBMK59864.2023.10286726.