

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ НА АКТИВНОСТЬ И ИНЖЕНЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Тусунбаева М.Б. , Андасбаев Е.С. * 

Жетысуский университет имени И. Жансугурова,
Республика Казахстан, г. Талдыкорган.

*e-mail: moti_t.b@mail.ru, andasbayev.ya@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается влияние цифровизации лабораторных работ по физике на учебную активность и инженерное мышление обучающихся технического колледжа. Цель исследования – оценить педагогическую результативность применения программы Multisim при выполнении лабораторных работ по разделу «Электричество и магнетизм» по сравнению с традиционным лабораторным форматом. Исследование организовано как квазиэксперимент с контрольной и экспериментальной группами: в нем приняли участие 40 обучающихся Талдыкорганского высшего политехнического колледжа, из них 20 обучающихся выполняли лабораторные работы с использованием традиционного оборудования, а 20 – в виртуальной среде Multisim. Диагностика проводилась до и после серии лабораторных занятий по двум блокам критериев: учебная активность и инженерное мышление. Учебная активность оценивалась по участию в эксперименте, планированию, работе с оборудованием, сбору данных, анализу результатов и групповому обсуждению; инженерное мышление – по определению проблемы, системному мышлению, моделированию и проектированию, аналитическому мышлению, принятию решений и применению теоретических знаний. Полученные результаты показали положительную динамику в обеих группах, однако в экспериментальной группе прирост оказался более выраженным: средний прирост учебной активности составил 27,5 процентного пункта против 5,8 процентного пункта в контрольной группе, а средний прирост инженерного мышления – 21,3 процентного пункта против 5,2 процентного пункта. Результаты позволяют сделать вывод о том, что использование Multisim в лабораторных работах по физике может рассматриваться как эффективное дополнение к традиционным занятиям, особенно при формировании навыков моделирования электрических цепей, анализа технических задач и применения физических законов в инженерно ориентированных ситуациях.

Ключевые слова: физика, цифровые лабораторные работы, инженерное мышление, учебная активность, программа Multisim.

Введение

В настоящее время система образования требует нового подхода к подготовке специалистов производственного и инженерного профиля. Объявление 2025 года «Годом рабочих профессий» обусловило повышение внимания к развитию технического и прикладного образования. В этом контексте дисциплина «Физика», особенно раздел «Электричество и магнетизм», играет важную роль в формировании инженерного мышления и углублении технических знаний обучающихся, а также способствует их профессиональной адаптации.

Приоритетом современной образовательной парадигмы является подготовка специалиста, способного интегрировать теоретические знания с практическими инженерными решениями. В связи с этим цифровая трансформация традиционных лабораторных работ по физике рассматривается как важный инструмент формирования инженерного мышления обучающихся.

Актуальность исследования обусловлена рядом факторов.

Во-первых, традиционные измерительные приборы, используемые в лабораторных работах, обладают ограниченной точностью измерений и не обеспечивают автоматическую регистрацию данных, тогда как цифровые датчики и виртуальные лаборатории позволяют осуществлять сбор данных в режиме реального времени, их визуализацию и последующий анализ.

Во-вторых, цифровая образовательная среда способствует развитию инженерного мышления, критического анализа, творческого мышления и исследовательских навыков

студентов. В этих условиях обучающийся выступает не только исполнителем эксперимента, но и исследователем, принимающим инженерные решения.

В-третьих, изучение физических явлений с использованием цифрового моделирования и программирования реализует принципы STEM-образования и обеспечивает междисциплинарную интеграцию, что способствует формированию целостного понимания сложных технических систем.

В-четвёртых, использование интерактивной виртуальной среды способствует повышению познавательной активности студентов и учебной мотивации. При этом визуализация абстрактных физических понятий обеспечивает их более глубокое усвоение.

Применение цифровых технологий рассматривается как эффективный инструмент повышения качества технического и профессионального образования. Цель технического и профессионального образования заключается в формировании образовательной среды, обеспечивающей готовность студентов к профессиональной деятельности и их дальнейшее развитие [1]. При этом в образовательном процессе особое внимание уделяется развитию функциональной грамотности, критического мышления, исследовательских и творческих навыков обучающихся, а именно:

- применение знаний в практической и профессиональной деятельности;
- развитие критического мышления и аналитических способностей;
- проведение исследовательской и экспериментальной деятельности;
- эффективное использование информационно-коммуникационных технологий;
- применение различных форм коммуникации;
- развитие навыков индивидуальной и групповой работы;
- решение проблем и принятие эффективных решений.

В соответствии с типовой учебной программой общеобразовательных дисциплин для организаций технического и профессионального образования, утверждённой Министерством просвещения Республики Казахстан, целью преподавания физики является формирование научного мировоззрения обучающихся, объяснение явлений и закономерностей природы, а также развитие навыков применения физических знаний в будущей профессиональной деятельности и повседневной жизни [2].

В соответствии с данной целью основными задачами преподавания дисциплины являются:

- формирование системных знаний об основных законах и принципах современной физики;
- овладение методами научного познания природы и развитие навыков анализа физических явлений;
- формирование навыков проведения физических экспериментов, обработки и анализа результатов;
- развитие интеллектуальной, информационной и коммуникативной культуры обучающихся;
- обучение применению полученных знаний и навыков в технике, производстве, рациональном использовании природных ресурсов и охране окружающей среды.

Для достижения поставленных целей и задач необходимо совершенствование методики применения цифровых технологий в учебном процессе.

Данная проблема получила всестороннее освещение в научных трудах отечественных и зарубежных ученых, рассматривающих различные аспекты применения цифровых технологий в образовательном процессе при преподавании физики в колледже. В исследованиях особое внимание уделяется цифровизации лабораторных работ по физике, что позволяет повысить наглядность, точность и эффективность учебного процесса, а также создает условия для формирования инженерного мышления обучающихся [3–6].

Отдельное направление научных работ связано с изучением путей повышения учебной активности обучающихся, где отмечается, что использование интерактивных и

цифровых образовательных технологий способствует развитию познавательной активности, самостоятельности и устойчивого интереса к изучению дисциплины [7–9].

Значительное внимание в научной литературе уделяется педагогическим основам формирования инженерного мышления, которое рассматривается как ключевая компетенция будущих специалистов технического профиля. В этих исследованиях подчеркивается роль проектной деятельности, моделирования и решения практико-ориентированных задач в развитии аналитических, системных и инженерных навыков обучающихся [10–12].

В ряде работ рассматривается эффективное применение цифровых технологий в образовательном процессе, включая использование виртуальных лабораторий, симуляторов и интерактивных платформ. Отмечается, что такие инструменты не только повышают качество обучения, но и способствуют развитию инженерного мышления, поскольку обучающиеся получают возможность моделировать реальные технические процессы и анализировать их результаты [13–15].

Анализ научной литературы показывает, что цифровизация образования, повышение учебной активности и формирование инженерного мышления являются взаимосвязанными и приоритетными направлениями развития современного технического и профессионального образования.

Цель исследования заключается в сравнительном анализе эффективности традиционных и виртуальных лабораторных работ по физике при изучении раздела «Электричество и магнетизм», а также в определении их влияния на уровень учебной активности и развитие инженерного мышления обучающихся.

Объектом исследования является процесс преподавания физики в организациях технического и профессионального образования.

Предмет исследования – влияние виртуальных лабораторных работ на формирование учебной активности и развитие инженерного мышления студентов при изучении раздела «Электричество и магнетизм».

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить теоретические основы применения цифровых технологий в обучении физике;
- рассмотреть особенности организации традиционных и виртуальных лабораторных работ;
- провести сравнительный анализ учебной активности обучающихся;
- определить влияние виртуальной образовательной среды на развитие инженерного мышления;
- обобщить полученные результаты и сформулировать выводы исследования.

Научная новизна исследования заключается не в общем утверждении о цифровизации лабораторного практикума, а в апробации методической модели применения программы NI Multisim при изучении раздела «Электричество и магнетизм» и сравнительном анализе её влияния на два взаимосвязанных образовательных результата – учебную активность и развитие инженерного мышления обучающихся технических специальностей. В отличие от работ, в которых виртуальные лаборатории рассматриваются преимущественно как средство визуализации физических процессов, в настоящем исследовании акцент сделан на сравнении традиционного и виртуального форматов выполнения лабораторных работ по единым критериям оценки учебной активности и инженерного мышления обучающихся [16–18]. Такой подход позволяет расширить представления о педагогическом потенциале программы NI Multisim как цифрового инструмента, дополняющего традиционный лабораторный практикум и обеспечивающего развитие навыков моделирования электрических цепей, анализа результатов эксперимента и принятия инженерно обоснованных решений.

В процессе исследования применялись методы анализа научной литературы, педагогического эксперимента, наблюдения, анкетирования, а также сравнительно-статистической обработки данных.

Теоретическую базу исследования составили научные работы отечественных и зарубежных исследователей, посвящённые цифровизации образовательного процесса, развитию инженерного мышления и повышению учебной активности студентов. В них рассматриваются вопросы внедрения цифровых лабораторных технологий, формирования инженерных компетенций, а также повышения эффективности обучения в условиях цифровой трансформации образования.

В рамках данного исследования был выполнен комплексный сравнительный анализ результатов выполнения лабораторных работ по физике в традиционной и виртуальной формах обучения у студентов технических специальностей. Основное внимание уделялось оценке уровня учебной активности и динамике развития инженерного мышления обучающихся. Оценка проводилась на основе специально разработанного диагностического инструментария, включающего критерии образовательной эффективности.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что применение цифровых лабораторных средств в образовательном процессе положительно влияет на качество усвоения учебного материала, способствует активизации познавательной деятельности, развитию инженерного мышления студентов и повышению эффективности образовательного процесса. Использование цифровых технологий в лабораторной практике является эффективным средством совершенствования подготовки обучающихся технических специальностей.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе Талдыкорганского высшего политехнического колледжа с участием 40 обучающихся технических специальностей, изучавших дисциплину «Физика» в рамках раздела «Электричество и магнетизм». Выборка была целевой и формировалась из обучающихся, проходивших один и тот же тематический раздел и выполнявших сопоставимые лабораторные задания. Возраст, курс обучения и отдельная специальность не рассматривались как самостоятельные переменные анализа; основным критерием включения являлась принадлежность к техническому профилю обучения и участие в лабораторном практикуме по указанному разделу физики.

Участники были распределены на две сопоставимые группы по 20 человек. Контрольную группу составили обучающиеся, выполнявшие лабораторные работы с использованием традиционного лабораторного оборудования. Экспериментальную группу составили обучающиеся, выполнявшие аналогичные работы в виртуальном формате с применением программы Multisim. При организации исследования учитывались единая тематика лабораторных работ, одинаковая логика выполнения заданий и сопоставимость исходного уровня учебной активности и инженерного мышления по предварительной диагностике.

Дизайн исследования имел квазиэкспериментальный сравнительный характер и включал констатирующий и формирующий этапы. На констатирующем этапе был определён исходный уровень учебной активности и инженерного мышления обучающихся контрольной и экспериментальной групп. На формирующем этапе обе группы выполняли лабораторные работы по одному тематическому разделу дисциплины «Физика» – «Электричество и магнетизм». При этом содержание лабораторных заданий, учебные цели и критерии оценивания были сопоставимыми для обеих групп; различие заключалось в способе выполнения работ: контрольная группа использовала традиционное лабораторное оборудование, экспериментальная группа – виртуальную среду Multisim. На заключительном этапе была проведена повторная диагностика по тем же критериям, что позволило сопоставить динамику показателей до и после проведения лабораторных работ.

Критерии оценки учебной активности и уровня инженерного мышления обучающихся были разработаны с учетом педагогических подходов, применяемых в инженерном образовании, а также с опорой на стандарты ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), модель опытного обучения Д. Колба и таксономию Блума. Эти основания позволили связать лабораторную деятельность с такими действиями

обучающихся, как постановка проблемы, планирование, моделирование, анализ данных и применение теоретических знаний в практической ситуации.

В соответствии с указанными моделями оценка уровней учебной активности при выполнении лабораторных работ и инженерного мышления обучающихся осуществлялась по критериям, представленным в таблицах 1 и 2.

Диагностический инструмент включал экспертную карту наблюдения и анализа выполнения лабораторной работы. По каждому критерию фиксировалась доля обучающихся, продемонстрировавших соответствующее действие на достаточном уровне. Поэтому показатели представлены в процентах и отражают не абсолютную оценку личности обучающегося, а степень проявления конкретного учебного или инженерно-мыслительного действия в ходе лабораторной деятельности.

Таблица 1 – Критерии оценки учебной активности студентов при выполнении лабораторных работ

Критерий	Описание
Активность участия в эксперименте	Степень активного участия обучающихся в процессе выполнения лабораторной работы
Планирование эксперимента	Понимание цели эксперимента и умение определять последовательность этапов его выполнения
Навыки работы с оборудованием	Умение корректно использовать лабораторное или виртуальное оборудование
Сбор и регистрация данных	Фиксация результатов эксперимента в виде таблиц, графиков и письменных записей
Анализ результатов	Интерпретация полученных данных и выявление возможных ошибок
Групповое научное обсуждение	Участие в обсуждении результатов в группе и обмене научными мнениями

Таблица 2 – Критерии оценки развития инженерного мышления обучающихся в процессе лабораторных работ

Критерий	Описание
Определение проблемы	Понимание инженерной или технической проблемы
Системное мышление	Понимание взаимосвязей между элементами электрической цепи
Моделирование и проектирование	Умение разрабатывать или моделировать электрические схемы
Аналитическое мышление	Анализ результатов эксперимента
Принятие решений	Выбор эффективного способа решения технической проблемы
Применение теории на практике	Применение физических законов (например, закона Ома и законов Кирхгофа) при выполнении практических заданий

Для диагностики учебной активности и инженерного мышления обучающихся использовалась экспертная оценочная рубрика, разработанная на основе выделенных критериев. Каждый критерий оценивался по уровневой шкале: низкий уровень – 1 балл, средний уровень – 2 балла, высокий уровень – 3 балла. По каждому блоку рассчитывался суммарный балл, который затем переводился в процентное выражение от максимально возможного результата. Диагностика проводилась дважды: до выполнения серии

лабораторных работ и после её завершения. Оценивание осуществлялось по единым критериям для контрольной и экспериментальной групп, что обеспечило сопоставимость результатов. В качестве диагностических материалов использовались карта наблюдения за деятельностью обучающихся, результаты выполнения лабораторных заданий, схемы электрических цепей, таблицы измерений, объяснение полученных результатов и участие в групповом обсуждении.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования была проведена сравнительная оценка эффективности традиционных и виртуальных лабораторных работ с целью повышения учебной активности обучающихся. Для этого были сформированы две группы-контрольная и экспериментальная, показатели учебной активности которых на начальном этапе были сопоставимы.

В процессе обучения каждой группе были предложены соответствующие лабораторные работы, после чего уровень учебной активности обучающихся оценивался по шести ключевым критериям (рисунок 1). В результате проведённых занятий наблюдалась положительная динамика показателей учебной активности.

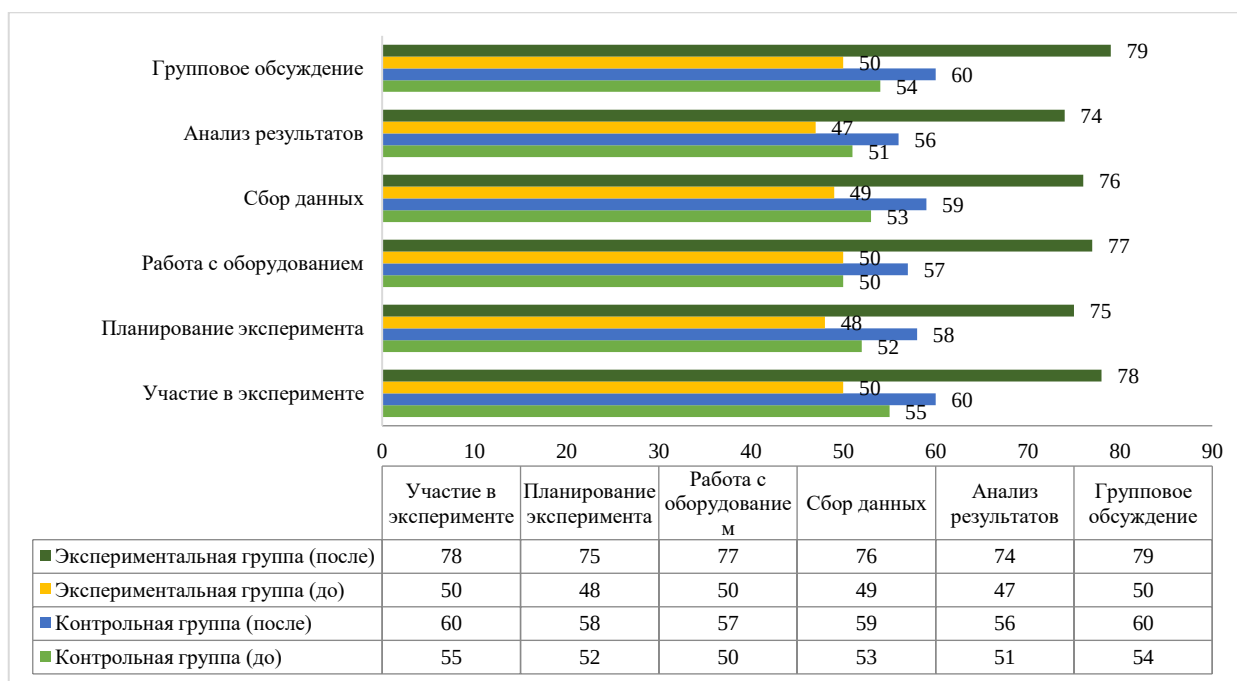


Рисунок 1 – Критерии учебной активности

На рисунке представлен сравнительный анализ учебной активности обучающихся контрольной и экспериментальной групп по шести ключевым критериям: участие в эксперименте, планирование эксперимента, работа с оборудованием, сбор данных, анализ результатов и участие в групповом обсуждении.

До начала исследования показатели учебной активности обеих групп были сопоставимы: в контрольной группе значения находились в пределах 50–55%, в экспериментальной группе – 47–50%. Это позволяет рассматривать последующую динамику как результат различий в формате организации лабораторной работы.

После проведения лабораторных работ в обеих группах наблюдалась положительная динамика, однако в экспериментальной группе прирост был более выраженным. Участие в эксперименте увеличилось до 78% в экспериментальной группе и до 60% в контрольной; по критерию планирования эксперимента показатели составили соответственно 75% и 58%.

По критериям работы с оборудованием и сбора данных показатели экспериментальной группы составили 77% и 76%, тогда как в контрольной группе – 57% и 59%. Это указывает на то, что виртуальная среда Multisim способствовала более активному включению обучающихся в практические действия, связанные с моделированием и фиксацией результатов.

По критериям анализа результатов и группового обсуждения также зафиксирована более выраженная динамика в экспериментальной группе. Участие в групповом обсуждении достигло 79% против 60% в контрольной группе, что свидетельствует о росте активности обучающихся при совместной интерпретации результатов виртуального эксперимента.

После анализа результатов учебной активности на рисунке 2 представлены сравнительные показатели развития инженерного мышления обучающихся.

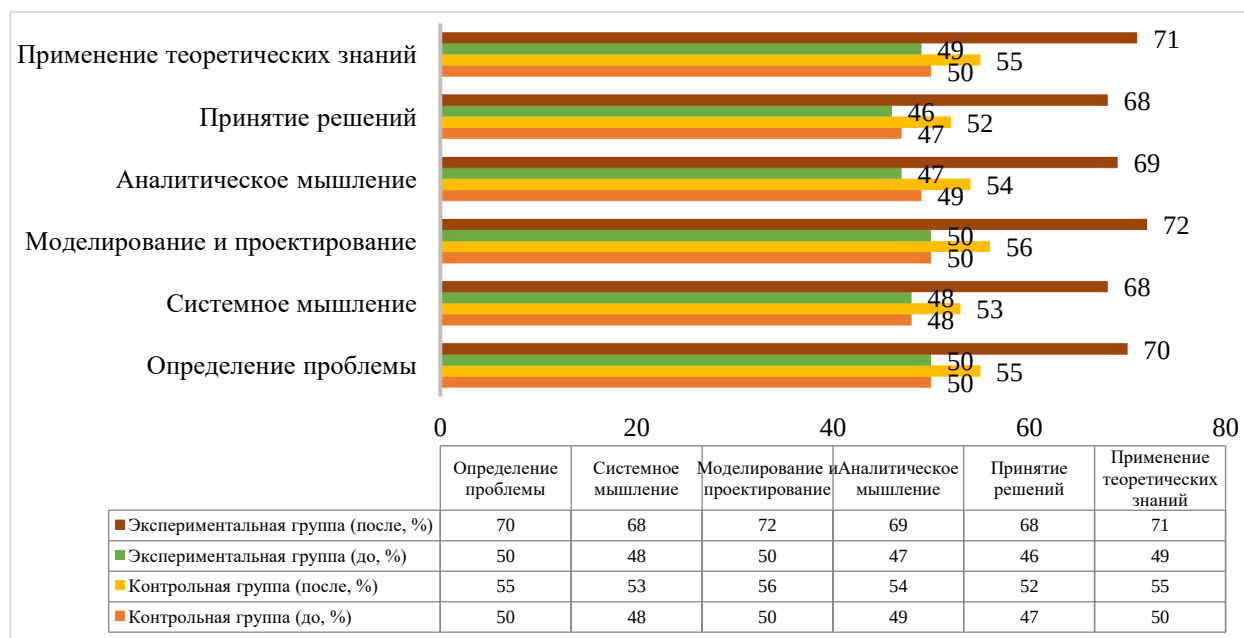


Рисунок 2 – Уровень инженерного мышления

На рисунке представлена динамика изменения уровня инженерного мышления обучающихся контрольной и экспериментальной групп по шести основным критериям: определение проблемы, системное мышление, моделирование и проектирование, аналитическое мышление, принятие решений и применение теории на практике.

До начала исследования показатели инженерного мышления обеих групп находились на сопоставимом уровне: в контрольной группе значения варьировались в пределах 47-50%, в экспериментальной – 46-50%.

После проведения лабораторных работ наблюдалась положительная динамика инженерного мышления в обеих группах, однако прирост в экспериментальной группе был более заметным.

Уровень понимания технических задач увеличился с 50% до 55% в контрольной группе и с 50% до 70% в экспериментальной группе, что отражает положительное влияние работы с виртуальной моделью на осмысление инженерной проблемы.

Системное мышление увеличилось с 48% до 53% в контрольной группе и с 48% до 68% в экспериментальной группе. Это показывает, что моделирование электрических цепей в Multisim может поддерживать понимание взаимосвязей между элементами технической системы.

Навыки моделирования и проектирования повысились с 50% до 56% в контрольной группе и с 50% до 72% в экспериментальной группе, что связано с непосредственным выполнением действий по построению и проверке электрических схем в виртуальной среде.

Аналитическое мышление повысилось с 49% до 54% в контрольной группе и с 47% до 69% в экспериментальной; умение принимать решения изменилось соответственно с 47% до 52% и с 46% до 68%. Применение теории на практике увеличилось с 50% до 55% в контрольной группе и с 49% до 71% в экспериментальной.

Полученные результаты указывают на более выраженную положительную динамику в экспериментальной группе по сравнению с контрольной. Наибольшие различия отмечены по критериям моделирования, системного мышления и решения технических задач.

В результате сравнительного анализа средних показателей прироста установлено, что в контрольной группе учебная активность увеличилась в среднем на 5,8 процентного пункта, а инженерное мышление – на 5,2 процентного пункта. В экспериментальной группе динамика была выше: учебная активность увеличилась на 27,5 процентного пункта, инженерное мышление – на 21,3 процентного пункта (рисунок 3).

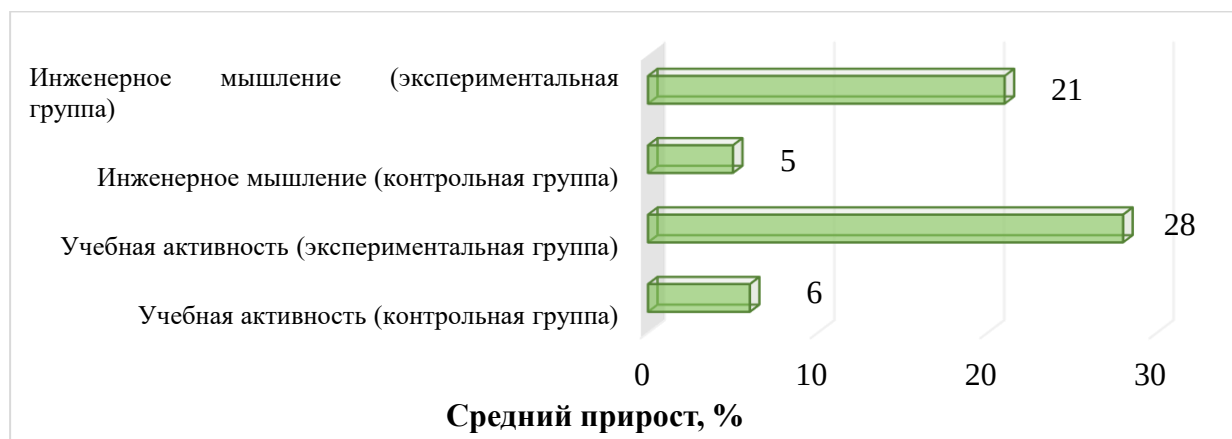


Рисунок 3 – Средний прирост показателей

Проведённое исследование позволяет рассматривать виртуальные лабораторные работы на основе программы Multisim как эффективное педагогическое средство, дополняющее традиционный лабораторный практикум и способствующее активизации деятельности обучающихся в процессе моделирования, анализа экспериментальных данных и обсуждения результатов.

Представленные данные в целом согласуются с результатами современных отечественных и зарубежных исследований, посвящённых использованию цифровых технологий в естественно-научном и инженерном образовании. Так, в метаанализе J. Li и W. Liang [4] показано, что применение виртуальных лабораторий способствует повышению качества усвоения учебного материала, развитию практических навыков и формированию инженерного мышления обучающихся. Аналогичные выводы представлены в систематическом обзоре D.A. Meronda, H.R. Widarti и Y. Yahmin [3], где отмечается положительное влияние цифровых лабораторий на учебную активность, понимание физических закономерностей и результаты обучения.

Сопоставимые результаты получены и в исследовании N. Papalazarou и соавторов [7], в котором установлено, что сочетание виртуальных и традиционных лабораторных работ обеспечивает более высокий уровень познавательной активности по сравнению с использованием только одного формата обучения. Авторы подчёркивают, что виртуальное моделирование не заменяет реальный эксперимент, а расширяет его образовательные возможности, позволяя обучающимся многократно воспроизводить экспериментальные ситуации, анализировать различные варианты решения и совершенствовать навыки принятия технических решений.

Полученные данные также согласуются с выводами B. Jugembayeva и A. Murzagaliyeva [6], которые отмечают, что цифровизация образовательного процесса способствует развитию инновационной готовности обучающихся, повышению их самостоятельности и эффективности освоения профессиональных компетенций. В свою очередь, исследование S.Z. Lahme и соавторов [15] показывает, что современные цифровые технологии становятся важным компонентом подготовки будущих инженеров, поскольку

позволяют интегрировать моделирование, анализ данных и исследовательскую деятельность в единый образовательный процесс.

Полученные выводы не противоречат классическим исследованиям N.D. Finkelstein и соавторов [16], а также M. Darrah и соавторов [17], в которых доказано, что виртуальные лаборатории способны обеспечить образовательный эффект, сопоставимый с традиционными экспериментами, особенно при изучении физических процессов, требующих многократного повторения и визуализации. Это подтверждает целесообразность использования программы Multisim в качестве эффективного дополнения к традиционному лабораторному практикуму при подготовке обучающихся технических специальностей.

Проведённый педагогический эксперимент свидетельствует о том, что использование виртуальных лабораторных работ оказывает комплексное влияние на образовательный процесс. Повышение учебной активности проявилось не только в увеличении степени участия обучающихся в выполнении лабораторных заданий, но и в более осознанном подходе к планированию эксперимента, анализу полученных данных и обсуждению результатов. Это позволяет сделать вывод о том, что цифровая образовательная среда способствует развитию самостоятельности, исследовательских навыков и познавательного интереса к изучению физических явлений.

Использование программы Multisim позволяет моделировать различные варианты электрических схем без дополнительных материальных затрат и риска повреждения лабораторного оборудования. Возможность многократного повторения эксперимента способствует закреплению теоретических знаний и формированию устойчивых практических навыков. Оперативное получение результатов моделирования позволяет обучающимся быстрее выявлять ошибки, анализировать причины их возникновения и выбирать наиболее эффективные способы решения поставленных задач.

Вместе с тем использование виртуальных лабораторий наиболее эффективно при их сочетании с традиционными лабораторными работами. Такой подход позволяет объединить преимущества цифрового моделирования и практической работы с реальным оборудованием. Виртуальная среда обеспечивает возможность предварительной подготовки, проверки различных вариантов решения и анализа результатов, тогда как традиционный эксперимент способствует формированию навыков работы с измерительными приборами, соблюдения требований техники безопасности и выполнению реальных физических измерений.

При этом виртуальные лабораторные работы не следует рассматривать как полную замену традиционного лабораторного практикума. Работа с физическим оборудованием сохраняет важное значение для формирования навыков проведения реальных измерений, использования измерительных приборов и соблюдения экспериментальной процедуры.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разработанной методики при организации лабораторных занятий по физике в организациях технического и профессионального образования. Предлагаемый подход может быть адаптирован при изучении других разделов физики, а также использоваться для совершенствования методического обеспечения лабораторного практикума в условиях цифровизации образования.

Заключение

Проведённое исследование было направлено на сравнительный анализ традиционных и виртуальных лабораторных работ при изучении раздела «Электричество и магнетизм» в рамках дисциплины «Физика». Исследование проводилось на базе Талдыкорганского высшего политехнического колледжа с участием 40 обучающихся технических специальностей, распределённых на контрольную и экспериментальную группы по 20 человек.

Результаты исследования показали положительную динамику в обеих группах, однако в экспериментальной группе прирост учебной активности и инженерного мышления оказался

более выраженным. Средний прирост учебной активности составил 5,8 процентного пункта в контрольной группе и 27,5 процентного пункта в экспериментальной группе; средний прирост инженерного мышления – соответственно 5,2 и 21,3 процентного пункта.

Следовательно, применение Multisim может рассматриваться как эффективное дополнение к традиционным лабораторным занятиям по физике, особенно при формировании навыков моделирования электрических цепей, анализа технических задач и применения физических законов в инженерно ориентированных ситуациях. Ограничениями исследования являются небольшая выборка, проведение эксперимента на базе одной образовательной организации, отсутствие отдельного анализа по возрасту, курсу и специальностям обучающихся, а также рассмотрение только одного раздела физики. В дальнейшем целесообразно расширить выборку, включить несколько технических специальностей и проверить эффективность цифрового лабораторного формата на других разделах курса физики.

Вклад авторов

Түсүмбаева М.Б. – осуществила разработку и написание основного текста статьи, провела анализ научной литературы, обработку и интерпретацию данных, сформулировала основные выводы исследования.

Андасбаев Е.С. – научный руководитель исследования, осуществлял общее руководство работой, участвовал в разработке методики исследования, научно-методическом консультировании, а также в корректировке структуры и содержания статьи.

ЛИТЕРАТУРА:

1 Техникалық және кәсіптік білім берудің мемлекеттік жалпыға міндетті стандарты [Электрондық ресурс] // Қазақстан Республикасы Оқу-ағарту министрінің 2022 жылғы 3 тамыздағы № 348 бұйрығы. URL: <https://adilet.zan.kz> (қаралу уақыты: 26.03.2026).

2 Техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарына арналған жалпы білім беретін пәндердің үлгілік оқу бағдарламалары [Электрондық ресурс] // Қазақстан Республикасы Оқу-ағарту министрінің 2022 жылғы бұйрығы. URL: <https://adilet.zan.kz> (қаралу уақыты: 26.03.2026).

3 Meronda D.A., Widarti H.R., Yahmin Y. Virtual laboratories in science education: A systematic review of effectiveness on conceptual understanding and learning outcomes // Jurnal Pendidikan MIPA. – 2025. – Vol. 26. – № 3. – P. 2020–2042. DOI: <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>

4 Li J., Liang W. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis // PLOS ONE. – 2024. – Vol. 19. – № 12. – Article e0316269. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>

5 Sánchez J., Lesmes M., Rubio M., Gal B., Tutor A.S. Enhancing academic performance and student engagement in health education // BMC Medical Education. – 2024. – Vol. 24. – Article 496. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05478-z>

6 Jugembayeva B., Murzagaliyeva A. Physics students' innovation readiness for digital learning within the University 4.0 model: Essential scientific and pedagogical elements that cause the educational format to evolve in the context of advanced technology trends // Sustainability. – 2023. – Vol. 15. – № 1. – Article 233. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15010233>

7 Papalazarou N., Lefkos I., Fachantidis N. The effect of physical and virtual inquiry-based experiments on students' attitudes and learning // Journal of Science Education and Technology. – 2024. – Vol. 33. – P. 349–364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10088-3>

8 Felder R.M., Brent R. Teaching and Learning STEM: A Practical Guide. – San Francisco: Jossey-Bass, 2016.

9 Lawless K.A., Pellegrino J.W. Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers // Review of Educational Research. – 2007. – Vol. 77. – № 4. – P. 575–614. DOI: <https://doi.org/10.3102/0034654307309921>

10 Kolb D.A., Kolb A.Y. The Experiential Educator: Principles and Practices of Experiential Learning. – Kaunakakai: EBL Press, 2017.

11 Anderson L.W., Krathwohl D.R. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. – New York: Longman, 2001.

12 ABET. Criteria for Accrediting Engineering Programs [Electronic resource]. – Baltimore, 2022. URL: <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2022/01/2022-23-EAC-Criteria.pdf> (accessed: 26.03.2026).

13 Токжигитова А.Н., Ермаганбетова М.А., Токжигитова Н.К. Геймификация элементтері арқылы білім алушылардың белсенділігін анықтау // Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. – 2023. – № 3(144). – Б. 253–261. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2023-144-3-252-261>

14 Kovalchuk V.I., Maslich S.V., Movchan L.H. Digitalization of vocational education under crisis conditions // Educational Technology Quarterly. – 2023. – № 1. – P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.49>

15 Lahme S.Z., Klein P., Lehtinen A., Müller A., Pirinen P., Rončević L., Sušac A. Physics lab courses under digital transformation: A tri-national survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives // *Physical Review Physics Education Research*. – 2023. – Vol. 19. – Article 020159. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020159>

16 Finkelstein N.D., Adams W.K., Keller C.J., Kohl P.B., Perkins K.K., Podolefsky N.S., Reid S., LeMaster R. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment // *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. – 2005. – Vol. 1. – Article 010103. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>

17 Darrah M., Humbert R., Finstein J., Simon M., Hopkins J. Are virtual labs as effective as hands-on labs for undergraduate physics? A comparative study at two major universities // *Journal of Science Education and Technology*. – 2014. – Vol. 23. – № 6. – P. 803–814. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9513-9>

18 Zacharia Z.C., Olympiou G. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning // *Learning and Instruction*. – 2011. – Vol. 21. – № 3. – P. 317–331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>

REFERENCES:

1 Tehnikalyq jäne käsıptık bılım berudıń memlekettik jalpyǵa mındetti standarty [State Compulsory Standard of Technical and Vocational Education] (2022). Qazaqstan Respublikasy Oqu-agartu ministrinin 2022 zhylyǵy 3 tamyzdagı № 348 buıryǵy. URL: <https://adilet.zan.kz> (accessed: 26.03.2026). (in Kazakh)

2 Tehnikalyq jäne käsıptık bılım beru üıymdarına arnalǵan jalpy bılım beretin pänderdın ülgılik oqu baǵdarlamalary [Model Curricula for General Education Subjects for Technical and Vocational Education Organizations] (2022). Qazaqstan Respublikasy Oqu-agartu ministrinin buıryǵy. URL: <https://adilet.zan.kz> (accessed: 26.03.2026). (in Kazakh)

3 Meronda D.A., Widarti H.R., Yahmin Y. (2025). Virtual laboratories in science education: A systematic review of effectiveness on conceptual understanding and learning outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*, vol. 26, no. 3, pp. 2020–2042. DOI: <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>

4 Li J., Liang W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLOS ONE*, vol. 19, no. 12, article e0316269. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>

5 Sánchez J., Lesmes M., Rubio M., Gal B., Tutor A.S. (2024). Enhancing academic performance and student engagement in health education. *BMC Medical Education*, vol. 24, article 496. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05478-z>

6 Jugembayeva B., Murzagaliyeva A. (2023). Physics students' innovation readiness for digital learning within the University 4.0 model: Essential scientific and pedagogical elements that cause the educational format to evolve in the context of advanced technology trends. *Sustainability*, vol. 15, no. 1, article 233. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15010233>

7 Papalazarou N., Lefkos I., Fachantidis N. (2024). The effect of physical and virtual inquiry-based experiments on students' attitudes and learning. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 33, pp. 349–364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10088-3>

8 Felder R.M., Brent R. (2016). *Teaching and Learning STEM: A Practical Guide*. San Francisco: Jossey-Bass.

9 Lawless K.A., Pellegrino J.W. (2007). Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. *Review of Educational Research*, vol. 77, no. 4, pp. 575–614. DOI: <https://doi.org/10.3102/0034654307309921>

10 Kolb D.A., Kolb A.Y. (2017). *The Experiential Educator: Principles and Practices of Experiential Learning*. Kaunakakai: EBL Press.

11 Anderson L.W., Krathwohl D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.

12 ABET. (2022). *Criteria for Accrediting Engineering Programs*. Baltimore. URL: <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2022/01/2022-23-EAC-Criteria.pdf> (accessed: 26.03.2026).

13 Tokzhigitova A.N., Yermaganbetova M.A., Tokzhigitova N.K. (2023). Geimifikasia elementteri arqyly bılım aluşılyardyń belsendiligin anyqtau [Determining Students' Engagement through Gamification Elements]. *L.N. Gumilyov atyndagı Euraziya ulttyq universitetinin khabarshysy*, no. 3 (144), pp. 253–261. DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2023-144-3-252-261> (in Kazakh)

14 Kovalchuk V.I., Maslich S.V., Movchan L.H. (2023). Digitalization of vocational education under crisis conditions. *Educational Technology Quarterly*, no. 1, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.49>

15 Lahme S.Z., Klein P., Lehtinen A., Müller A., Pirinen P., Rončević L., Sušac A. (2023). Physics lab courses under digital transformation: A tri-national survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives. *Physical Review Physics Education Research*, vol. 19, article 020159. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020159>

16 Finkelstein N.D., Adams W.K., Keller C.J., Kohl P.B., Perkins K.K., Podolefsky N.S., Reid S., LeMaster R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, vol. 1, article 010103. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>

17 Darrah M., Humbert R., Finstein J., Simon M., Hopkins J. (2014). Are virtual labs as effective as hands-on labs for undergraduate physics? A comparative study at two major universities. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 23, no. 6, pp. 803–814. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9513-9>

18 Zacharia Z.C., Olympiou G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, vol. 21, no. 3, pp. 317–331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>

ФИЗИКА ПӘНІНДЕГІ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ЦИФРЛАНДЫРУДЫҢ БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ БЕЛСЕНДІЛІГІ МЕН ИНЖЕНЕРЛІК ОЙЛАУЫНА ӘСЕРІ

*М.Б. Түсүнбаева, Е.С. Андасбаев**

*І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті,
Қазақстан Республикасы, Талдықорған қ.*
*e-mail: moti_t.b@mail.ru, andasbayev.ya@gmail.com

Аңдатпа. Мақалада физика пәні бойынша зертханалық жұмыстарды цифрландырудың техникалық колледж білім алушыларының оқу белсенділігі мен инженерлік ойлауын дамытуға ықпалы қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – «Электр және магнетизм» бөлімі бойынша зертханалық жұмыстарды орындау барысында NI Multisim бағдарламасын қолданудың педагогикалық тиімділігін дәстүрлі зертханалық оқыту форматымен салыстыра отырып бағалау. Зерттеу бақылау және эксперименттік топтары бар квазиэксперимент түрінде ұйымдастырылды. Зерттеуге Талдықорған жоғары политехникалық колледжінің 40 білім алушысы қатысты: олардың 20-сы зертханалық жұмыстарды дәстүрлі зертханалық жабдықтарды пайдалану арқылы, ал қалған 20-сы NI Multisim виртуалды ортасында орындады. Диагностика зертханалық сабақтар топтамасының алдында және кейін екі критерий бойынша жүргізілді: оқу белсенділігі және инженерлік ойлау. Оқу белсенділігі экспериментке қатысу, жұмысты жоспарлау, жабдықпен жұмыс істеу, деректерді жинау, нәтижелерді талдау және топтық талқылау көрсеткіштері бойынша бағаланды. Инженерлік ойлау проблеманы анықтау, жүйелік ойлау, модельдеу және жобалау, аналитикалық ойлау, шешім қабылдау және теориялық білімді қолдану критерийлері арқылы анықталды. Зерттеу нәтижелері екі топта да оң өзгерістердің байқалғанын көрсетті, алайда эксперименттік топтағы өсім анағұрлым жоғары болды: оқу белсенділігінің орташа өсімі бақылау тобындағы 5,8 пайыздық тармақпен салыстырғанда 27,5 пайыздық тармақты, ал инженерлік ойлаудың орташа өсімі тиісінше 5,2 және 21,3 пайыздық тармақты құрады. Алынған нәтижелер физика пәнінің зертханалық жұмыстарында NI Multisim бағдарламасын қолдану электр тізбектерін модельдеу, техникалық есептерді талдау және физика заңдарын инженерлік бағыттағы жағдайларда қолдану дағдыларын қалыптастыруда дәстүрлі зертханалық жұмыстарды тиімді толықтыратын құрал екенін көрсетеді.

Кілт сөздер: «Физика» пәні, цифрлық зертханалық жұмыстар, инженерлік ойлау, оқу белсенділігі, Multisim бағдарламасы.

IMPACT OF DIGITALIZED PHYSICS LABORATORY WORK ON STUDENTS' ACTIVITY AND ENGINEERING THINKING

*M. Tussupbayeva, Y. Andasbayev**

¹Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Republic of Kazakhstan, Taldykorgan
*e-mail: moti_t.b@mail.ru, andasbayev.ya@gmail.com

Abstract. This article examines the impact of the digitalization of physics laboratory work on the learning activity and engineering thinking of students in a technical college. The aim of the study was to evaluate the pedagogical effectiveness of using NI Multisim in laboratory work on the topic Electricity and Magnetism compared with the traditional laboratory format. The study was designed as a quasi-experimental research involving control and experimental groups. A total of 40 students from Taldykorgan Higher Polytechnic College participated in the experiment: 20 students performed laboratory work using traditional laboratory equipment, while the other 20 completed the same tasks in the NI Multisim virtual environment. The participants were assessed before and after the laboratory sessions using two groups of indicators: learning activity and engineering thinking. Learning activity was evaluated according to participation in the experiment,

planning, equipment handling, data collection, result analysis, and group discussion. Engineering thinking was assessed through problem identification, systems thinking, modelling and design, analytical thinking, decision-making, and the application of theoretical knowledge. The findings demonstrated positive progress in both groups; however, the experimental group showed significantly greater improvement. The average increase in learning activity reached 27.5 percentage points compared with 5.8 percentage points in the control group, while the average increase in engineering thinking was 21.3 percentage points compared with 5.2 percentage points, respectively. The results indicate that the use of NI Multisim in physics laboratory work can serve as an effective complement to traditional laboratory instruction, particularly in developing students' skills in electrical circuit modelling, technical problem analysis, and the application of physical principles in engineering-oriented contexts.

Keywords: Physics, digital laboratory work, engineering thinking, learning activity, Multisim software.

Сведения об авторах:

Түсүпбаева Мөлдір Бақытбекқызы – докторант, Жетысуский университет имени И. Жансугурова (Казахстан, г. Талдықорған, e-mail: moti_t.b@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6499-6689>).

Андасбаев Ерлан Сулейменович* – доктор технических наук, ассоциированный профессор (доцент), Жетысуский университет имени И. Жансугурова (Казахстан, г. Талдықорған, e-mail: erl872@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-593X>).

Авторлар туралы мәлімет:

Түсүпбаева Мөлдір Бақытбекқызы – докторант, І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті (Қазақстан, Талдықорған қ., e-mail: moti_t.b@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6499-6689>).

Андасбаев Ерлан Сулейменович* – техника ғылымдарының докторы қауымдастырылған профессор (доцент), І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, (Қазақстан, Талдықорған қ., e-mail: erl872@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-593X>).

Information about the authors:

Tussupbayeva Moldir – Doctoral Student, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, (Kazakhstan, Taldykorgan, e-mail: moti_t.b@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6499-6689>).

Andasbayev Erlan* – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, (Kazakhstan, Taldykorgan, e-mail: erl872@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-593X>).