

DOI 10.25588/CSPU.2020.158.5.008

УДК 378.016

ББК 74.48

М. Д. Даммер¹, Н. В. Зубова², О. Н. Бочкарева³

¹ORCID № 0000-0002-0829-2285

Профессор, доктор педагогических наук,
Профессор кафедры физики и методики обучения физике,
Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
г. Челябинск, Российская Федерация.

E-mail: dammermd@yandex.ru

²ORCID № 0000-0002-8112-1378

Доцент, кандидат педагогических наук,
Доцент кафедры физико-математических дисциплин,
Трехгорный технологический институт — филиал ФГАОУ ВО
Национальный исследовательский ядерный университет
«Московский инженерно-физический институт»,
Трехгорный, Челябинская область, Российская Федерация.

E-mail: na448@yandex.ru

³ORCID № 0000-0002-7121-954X

Кандидат педагогических наук, декан физико-математического факультета,
Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет
г. Челябинск, Российская Федерация.

E-mail: bochkarevaon@cspu.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Аннотация

Введение. Современный подход к обучению физике должен способствовать формированию профессиональных навыков будущих инженеров производства. В связи с этим мы предлагаем реализацию продуктивного обучения на примере изучения раздела «Электричество и магнетизм». Продуктивное обучение состоит в организации практико-ориентированной поэтапной учебной деятельности студентов, направленной на получение образовательного продукта, имеющего профессиональную ценность. Цель исследования заключается в дальнейшей разработке содержания продуктивного обучения физике студентов технического вуза. Научная новизна результатов исследования заключается в определении особенностей техно-

логии продуктивного обучения в вузе и разработке содержания обучения теме «Электричество и магнетизм» курса физики технического вуза, отражающего выделенные особенности.

Материалы и методы. В теоретической части исследования использовались анализ научной литературы, посвященной проблеме реализации технологии продуктивного обучения, литературы по физике по вопросам электричества и магнетизма; моделирование процесса обучения физике в техническом вузе на основе продуктивной технологии; конструирование экспериментальной методики обучения на основе разработанной модели; анализ и обобщение результатов исследования. Эмпирические методы представлены апробацией продуктивной технологии на примере раздела «Электричество и магнетизм», статистическими методами обработки данных апробации.

Результаты. Представлено содержание обучения по теме «Электричество и магнетизм» курса физики технического вуза, способствующее реализации технологии продуктивного обучения. Описана деятельность преподавателя и студентов на этапах продуктивного обучения. Представлены результаты апробации нового содержания в Трехгорном технологическом институте, филиале ФГАОУ ВО Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт».

Обсуждение. Проводится анализ данных апробации, показывается результативность продуктивной технологии обучения физике студентов технического вуза. Подчеркивается, что реализация продуктивной технологии способствует формированию умений осуществлять проектную деятельность и представлять результаты в виде профессионально значимого продукта.

Выводы. На основе анализа результатов апробации нового содержания обучения и продуктивной технологии формулируются выводы о целесообразности представленного содержания, о влиянии технологии в целом на результаты обучения студентов.

Заключение. Обобщаются итоги реализации продуктивной технологии обучения на материале раздела «Электричество и магнетизм» курса физики для студентов технического вуза.

Ключевые слова: продуктивная технология обучения; профессионально-ориентированная задача; студент; практическая деятельность; технический вуз; физика.

Основные положения:

– подготовка высококвалифицированных инженеров производства требует фундаментальной подготовки студентов технических вузов по физике. Одновременно обучение данной дисциплине должно быть практико-ориентированным. Реализации данных требований способствует продуктивная технология обучения физике. Она позволяет формировать у студентов понятийный аппарат изучаемого раздела в процессе активной учебной деятельности и применять новые знания и умения для решения профессиональной проблемы реального производства;

– одновременное освоение фундаментальных знаний и их практическое применение происходит поэтапно, в процессе постепенно усложняющейся деятельности студентов;

– завершающий этап продуктивной технологии предполагает выполнение проекта по конструированию востребованного на производстве технического устройства, отличающегося своей объективной новизной. Разработка конструкции и создание технического устройства, представление и защита проекта способствуют формированию основных профессиональных компетенций будущих инженеров.

1 Введение (Introduction)

Изучение физики в техническом вузе играет значительную роль при подготовке будущих инженеров производства. В этом курсе студенты приобретают не только фундаментальные научные знания, но и прикладные умения для получения практических результатов, продуктов, значимых для будущих инженеров производства.

Для повышения качества результатов обучения исследователи стремятся всеми возможными способами использовать умственные ресурсы обучающихся для достижения поставленных образовательных целей. В связи с этим основной задачей преподавателя служит удовлетворение потребностей работодателя, а значит, формирование профессиональных компетенций. Обеспечить такую об-

разовательную среду можно, применяя инновационные методы обучения. Но достаточно часто такое обучение физике предполагает решение задач с техническим содержанием и установление межпредметных связей [1, 63].

Мы предлагаем использовать продуктивное обучение физике будущих инженеров. Эта технология служит для развития личностных качеств обучающихся, а также получения знаний через действия для достижения поставленной цели. Такой подход является интегральным, так как соединяет в единый процесс все аспекты обучения: личностный, деятельностный, общественный, профессиональный. В имеющихся работах по реализации продуктивного подхода не учтены возможности его реализации в обучении физике в техническом вузе.

Продуктивное обучение — это образовательный процесс, реализуемый с помощью индивидуальных маршрутов, структурированных в виде последовательности шагов с чётко определёнными результатами, являющимися продуктивно-ориентированными действиями [2, 112]. Неотъемлемым этапом реализации такого обучения служит работа над проектами. Она направлена на приобретение студентами новых знаний в тесной связи с реальной жизненной практикой, формирование у них специфических умений и навыков посредством системной организации проблемно-ориентированного учебного поиска. Этап работы над проектом может быть направлен на реализацию исследовательской деятельности, включающей формулировку проблемы исследования, в результате чего осуществляется проверка выдвинутых предположений. В нашем же случае, результатом работы над проектом всегда служит создание профессионально значимого продукта. В этом заключается одно из отличий продуктивного подхода в обучении от проектного [3, 71].

2 Материалы и методы (Materials and methods)

В процессе были использованы следующие методы:

теоретические

1. Анализ специальной литературы по электричеству и магнетизму, о методах исследования в данной области науки. Использование данного метода позволило сформулировать творческую

профессионально-значимую задачу для получения продукта исследования, отражающую одну из актуальных проблем промышленности — сферы будущей профессиональной деятельности выпускников Трехгорного технологического института;

2. Конкретизация структурно-функциональной модели продуктивной технологии применительно к заданной теме для проектирования содержания технологии на примере раздела «Электричество и магнетизм». Основные материалы на данном этапе исследования — исходная модель продуктивной технологии и отобранное содержание предметного материала;

3. Проектирование содержания обучения по разделу курса физики для студентов технического вуза «Электричество и магнетизм»;

эмпирические

4. Апробация продуктивной технологии, предполагающая обучение студентов на основе разработанного содержания. Используемые материалы: разработанное содержание и соответствующие учебные материалы;

5. Методы обработки данных апробации. В качестве материалов на данном этапе исследования послужили протоколы наблюдений за деятельностью студентов.

3 Результаты (Results)

Для реализации продуктивного обучения в начале семестра изучаются основные понятия и законы темы курса. Теоретический материал сопровождается выполнением практических заданий, готовящих студентов к самостоятельному выполнению проекта. После этого формируются группы из 5-7 студентов. В группу входят как юноши, так и девушки. Одним участникам предлагается исследовать используемые физические явления и законы, другим — математические преобразования и расчеты экспериментальных данных, третьи ответственны за изготовление устройства и проверку его работоспособности. Но при этом все студенты группы активно принимают участие в оформлении проекта и его защите. Таким образом, при обучении физике в техническом вузе профессионально значимым продуктом является устройство, в работе которого используются

изучаемые закономерности. В процессе обучения сочетаются групповая и индивидуальная деятельность студентов [4, 356].

Обучение инженеров направления приборостроительной подготовки предполагает реализацию следующих личных инженерных решений:

1) создание и исследование новых объектов, имеющих заранее заданные свойства, которые необходимы для разных целей;

2) разработка, создание и испытание изделий или продукции, контролируя весь проект от возникновения идеи до его реализации;

3) проведение экспериментов и испытаний, направленных на освоение новой или совершенствование действующей техники и технологии;

4) разработка и изготовление электрических приборов и устройств, которые теперь установлены практически на любом производстве [5, 59].

В курсе физики технического вуза возможно частично решить поставленные задачи средствами практико-ориентированной деятельности, на завершающем этапе которого реализуется проектная деятельность студентов. Этапы продуктивной технологии включают в себя: исследовательский — поиск путей решения поставленных задач; технологический — выполнение технологических операций по разработке устройства, а также проектирование, разработку и изготовление устройства, позволяющего разрешить проблему; заключительный — испытание изделия, анализ экспериментальных данных и формулировка выводов по работе. На каждом из этих этапов технологии продуктивного обучения студенты решают различные виды задач по теме (рисунок 1) [6, 27].



Рисунок 1 — Этапы продуктивной технологии обучения физике в техническом вузе

Figure 1 — Stages of productive technology for teaching physics at a technical University

К требованиям к подготовке студентов профиля «Приборостроение» относят, в том числе, умения выявлять наиболее существенные физические процессы и закономерности, на их основе разрабатывать физические модели и устройства, применимые в производственной деятельности.

Перед студентами приборостроительного профиля подготовки была поставлена задача — изготовить конкурентоспособный прибор для измерения диэлектрических свойств жидкостей на основе L-C ячеек [7, 54].

В связи с этим, нами в разделе курса физики «Электричество и магнетизм» студентам была поставлена творческая задача «Изготовить измерительный прибор для исследования свойств жидкостей и твёрдых веществ, основанный на методе диэлькометрии и кондуктометрии» [8, 83]. Поставленная задача имеет продуктивно-ориентированный характер. Она предполагает создание учебной ситуации и смысловой установки личности на созидание и творчество. Решение задачи направлено на развитие познавательного потенциала обучаемого в процессе автономной учебно-познавательной деятельности.

В процессе решения поставленных задач реализуются связи со следующими дисциплинами: химией, математикой, медициной. К системе рассматриваемых научных знаний можно отнести:

- 1) физические — физическую суть явления возникновения электрических и магнитных полей в L-C ячейках;
- 2) основы физических измерений и физические основы получения информации — измерения и обработка результатов, полученных в практическом опыте;
- 3) химические — исследование свойств жидкостей и твёрдых веществ;
- 4) математические — математические методы обработки сигналов и применение модельного подхода при получении заданных характеристик;
- 5) медицинские — возможности использования изготовленного прибора для диагностики состояния здоровья человека (на при-

мере исследования молекулярной структуры физраствора) [9, 94].

В эту проектную деятельность могут быть вовлечены преподаватели физики, математики, химии и специальных дисциплин. Каждый из них решает задачи из своей научной области [10, 63].

Начать проектную деятельность по решению творческой задачи следует с описания образовательного маршрута – пошаговой деятельности студентов для получения продукта [11, 89].

1. Изучить имеющиеся методы исследования организма человека с помощью электромагнитных полей.

2. Создать усовершенствованный прибор для проведения диагностики состояния человека.

3. Провести опыты, показывающие работоспособность созданного прибора на физиологическом растворе.

4. Провести анализ полученных данных и сравнить их с имеющимися результатами в работах современных исследователей [12, 143].

5. Выполнить анализ результатов, сделать выводы о достоинствах или недостатках исследования.

Первый этап продуктивного обучения ориентирован на организацию самостоятельной творческой деятельности учащихся. Студенты определяют роль прибора в исследованиях свойств жидкостей.

Второй этап студентам следует начать с изучения физических явлений, лежащих в основе методов диэлькометрии и кондуктометрии, служащих для исследования электрических свойств объекта контроля.

Созданное переменное магнитное поле (поле вихревых токов) взаимодействует с объектом контроля. В объекте контроля по закону электромагнитной индукции возникают вихревые (круговые) токи. Они генерируют свое переменное магнитное поле. В результате возникает результирующее поле (\vec{B}_p), связанное с параметрами объекта контроля.

Исходное (первичное) поле должно быть определено (\vec{H}). Для этого необходимо задать определенное геометрическое расположение объекта контроля с источником поля, его размеры.

Результирующий информационный измерительный сигнал $\Sigma \vec{H}$ (определяемый принципом суперпозиции полей) зависит от геометрических размеров источников, создающих переменные магнитные поля и от точки их регистрации [4, 43]. Блок-схема колебательных контуров измерительной установки представлена на рисунке 2.

Регистрационный сигнал количественно определяется конструкцией первичного преобразователя, электрическими импульсами [13, 241].

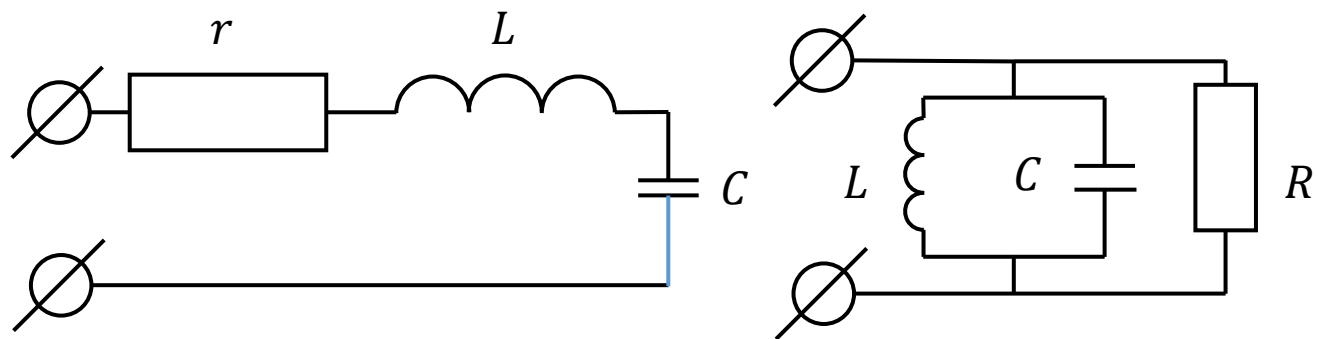


Рисунок 2 — Схемы колебательных контуров
Figure 2 — Schemes of the oscillating circuits

Установка позволяет измерить величину активного сопротивления R . Элементы контура испытывают потери, которые обозначены на рисунке в виде последовательно подключенных активных сопротивлений R . Эти потери важно учитывать при расчетах. Схемы оснащены одними и теми же элементами, поэтому они тождественно равны. Из этого следует, что параметры схем можно переводить из одной в другую. Но R нуждается в пересчете по формуле (1):

$$R = \frac{\rho^2}{r}, \text{ где } \rho = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

Принципиальная схема созданного прибора представлена на рисунке 3.

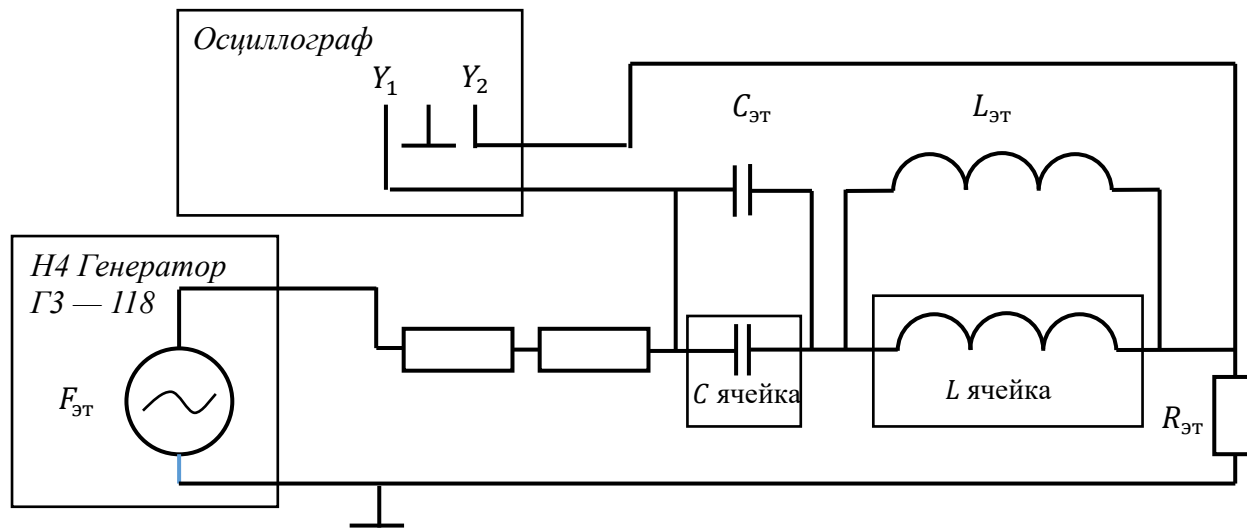


Рисунок 3 — Электрическая схема прибора
 Figure 3 — Electrical diagram of the device

Для изучения свойств жидкостей студентам необходимо изготовить кондуктометрические ячейки: L- и С- ячейки. Индуктивная ячейка (L-ячейка) представляет собой сосуд из диэлектрика, который помещен в магнитное поле катушки индуктивности. В нашем случае это катушка (медная проволока, намотанная на пластмассовый каркас, который напечатан на 3D принтере). Внутри катушки есть место для размещения пробирки, в которую наливается исследуемая жидкость.

L-ячейка изображена на рисунке 4.



Рисунок 4 — Индуктивная ячейка

Figure 4 — Inductive cell

В качестве емкостной ячейки (С-ячейки) используется стеклянный сосуд прямоугольной формы, в который наливается жидкость. Сама емкость герметичная, вмещает 489 мм^3 жидкости. На его внешней поверхности укреплены электроды, которые служат пластинами конденсатора.

С-ячейка изображена на рисунке 5.



Рисунок 5 — Емкостная ячейка

Figure 5 — Capacitive cell

Студентам следует понять, что в зависимости от выбора той или иной ячейки будет меняться характер рассматриваемого поля. При использовании С-ячейки учитывается электрическое поле, а L-ячейки — магнитное. Для изменения диапазона частот включают либо переменную катушку индуктивности, либо переменный конденсатор. Показания прибора можно наблюдать на цифровом осциллографе в виде синусоидального напряжения [14].

При помещении исследуемой жидкости либо в индуктивную, либо в емкостную ячейку в контуре возникают потери, которые изображены на рисунке 6 в виде сопротивления $R_{\text{вещ}}$.

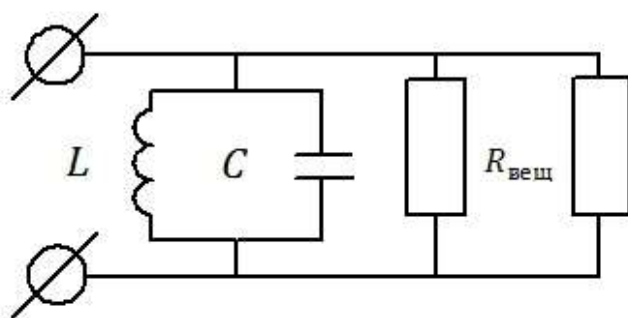


Рисунок 6 — Внесение потерь веществом

Figure 6 — Introduction of losses by the substance

Так как в основе установки лежат явления резонансного эффекта, необходимо настроить прибор на определенную частоту (резонансная частота) по формуле (2).

$$f_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

После изготовления прибора для определения свойств жидкостей на основе L-C-ячеек, студенты приступают к третьему этапу реализации продуктивной технологии — выполнению опытов по апробации установки. Для проверки работоспособности установки студентам следует убедиться, что при внесении ферромагнитного материала в катушке с током возникает сдвиг фаз, изменение амплитуды.

В качестве исследуемого вещества можно использовать физиологический раствор. Он представляет собой водный раствор хлорида натрия (NaCl) с массовой долей 0,9 % и является основой организма человека. Хлористый натрий содержится в плазме крови

и в тканевых жидкостях организма человека. Физиологический раствор применяется при внутривенных и внутримышечных инъекциях, иногда в качестве заменителя крови. Поместив его в L-ячейку следует обнаружить отклонения измерительного сигнала на осциллографе [15].

Последний этап реализации технологии служит для подведения итогов проделанной работы и сопоставления полученных результатов с первоначально обозначенными задачами. С помощью установки на основе L-C-контура студенты исследовали отклонение фазы и амплитуды электромагнитных колебаний при внесении вещества NaCl в магнитное поле катушки и электрическое поле конденсатора. Анализ полученных результатов позволит в дальнейшем изучать организм человека, что является новым и неизученным методом диагностики.

Нами была проведена апробация разработанной методики. О результативности мы судили по следующим показателям: 1) сформированность основных понятий темы, 2) применение предметных знаний на практике, 3) участие в формулировке идеи решения проблемы предстоящей проектной деятельности; 4) участие в практической реализации идеи проекта; 5) защита проекта. Данные показатели определялись в процессе наблюдения, выполнения контрольной работы и защиты группового проекта, проверки результатов самостоятельной работы. Для оценки обозначенных показателей использовалась ранговая (порядковая) пятибалльная шкала.

Показатели по каждому студенту фиксировались в протоколе наблюдения. Система оценивания каждого показателя прилагалась к бланку протокола наблюдений в соответствии с пятибалльной шкалой. Среднее значение баллов по каждому показателю приведены на диаграмме (рисунок 7).

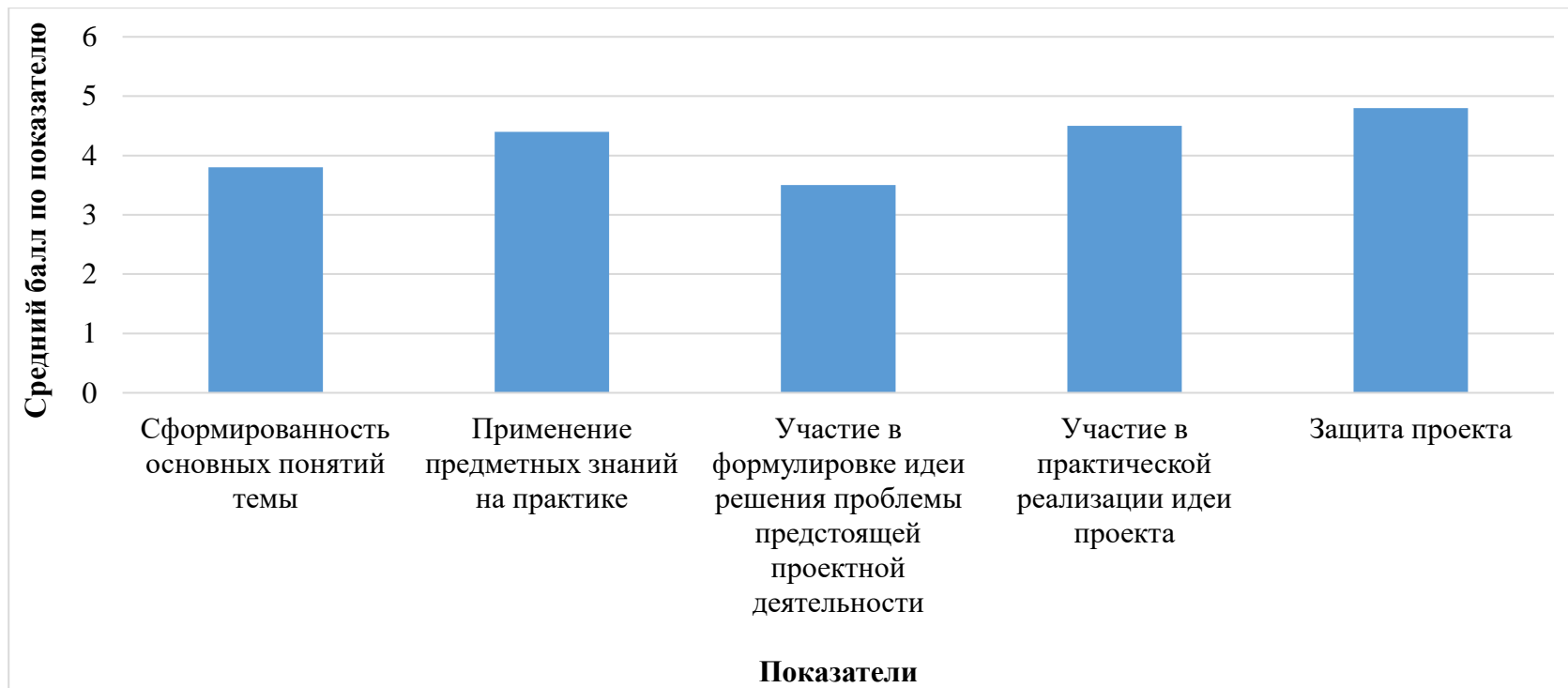


Рисунок 7 — Результаты педагогического эксперимента

Figure 7 — Results of the pedagogical experiment

4 Обсуждение (Discussion)

Уникальность изготовленного прибора состоит в том, что создаваемые электрические и магнитные поля взаимодействуют с объектом контроля. В результате прямых измерений контура исследуется зависимость падения напряжения от частоты генератора, а косвенные позволяют определить сопротивление потерь вещества, а значит, и диэлектрические свойства жидкости.

Результаты проведенного эксперимента показали, что наиболее уверенно студенты чувствовали себя на заключительном этапе проекта — на его защите. Ненамного отстали от этого показателя студенты в применении предметных знаний на практике и участии в практической реализации идеи проекта. На более низком уровне у студентов оказались сформированность основных понятий темы и участие в формулировке идеи решения проблемы предстоящей проектной деятельности. Идея решения проблемы выдвигалась в основном более успешными студентами в сотрудничестве с преподавателем. Тем не менее, студенты активно принимали участие в выполнении проекта и обосновании его целесообразности.

Результаты анкетирования и беседы с преподавателями спецдисциплин выявили положительную динамику заинтересованности студентов в профессиональной деятельности.

5 Заключение (Conclusion)

Таким образом, реализуя технологию продуктивного обучения на материале раздела «Электричество и магнетизм» курса физики технического вуза студенты в процессе совместной деятельности с преподавателем осваивают: 1) фундаментальные понятия: напряженность электрического и магнитного полей, потенциал и энергия поля; 2) закон сохранения электрического заряда, закон электромагнитной индукции; 3) способы практического применения изученных понятий и законов; 4) практическую деятельность по конструированию профессионально значимого устройства, действие которого основано на изученных понятиях и законах. Деятельность студентов при этом носит как групповой, так и индивидуальный характер, у них повышается мотивация к изучению физики. Результатом осуществляемой деятельности является создание и представление про-

фессионально значимого образовательного продукта.

6 Благодарности (Acknowledgments)

Статья выполнена в рамках научного проекта «Технология продуктивного обучения в методической подготовке будущего учителя физики» комплексной программы и плана научно-исследовательской, проектной и научно-организационной деятельности Научного Центра Российской академии образования на базе Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета на 2018–2020 годы. Авторы выражают признательность коллегам за помощь.

Библиографический список

1. Подласый И. П. Продуктивная педагогики. М. : Народное образование. 2003. – 712 с.
2. Даммер М. Д., Зубова Н. В. Методика разработки и апробации комплексной кейс-технологии обучения физике студентов технического вуза // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2018. № 7. С. 52–66.
3. Семихина Л. П. Низкочастотная диэлькометрия жидкостей в слабых вихревых электрических полях : диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Санкт-Петербург, 2007. – 230 с.
4. Даммер М. Д., Зубова Н. В. Разработка комплексного кейса по теме «Атомная и ядерная физика» курса физики технического вуза // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2019. № 7. С. 65–94.
5. Лукашенко М. А., Телегина Т. В. Научить студентов думать: SCRUM как метод продуктивного обучения в учебном заведении // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2019. Т. 8. № 2 (27). С.138–142.
6. Котлярова Т. С., Федотовская М. Н., Савина Н. В. Продуктивные технологии как способ формирования универсальных учебных действий // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2019. № 4 (38). С. 86–91.
7. Калашникова С. Б., Сухлоев М. П. Технология развития универсальных действий в рамках ФГОС при реализации подведения под понятие // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. С. 86–93.
8. Чамина О. Г. Продуктивное обучение: потенциал развития в высшей школе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. – 248 с.
9. Украинцева О. В. Модель процесса формирования успешности в обучении учащихся общеобразовательной организации на основе технологических карт // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). № 2 (23). 2016. С. 91–102. (Педагогические науки).

10. Петрова Е. Б., Чулкова Г. М. Физика XXI века: вопросы преподавания : монография. Москва : Ленанд. 2019. – 304 с.

11. Dammer M.D., Kovtunovich M.G., Leonova Ye.A., Korytova M.A. & Bolshakova Z.M. (2019), “Preparing Future Physics Teachers To Work In A Virtual Learning Environment”, *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS-2019*, 30 October, LXIX, 258–266, 1054 p. e-ISSN: 2357-1330.

12. Dammer M., Leonova E. & Kudinov V. (2020), “Productive teaching of future physics and mathematics teachers in a digital educational environment”, *INTED “Conference Proceedings: 14th International Technology, Education and Development Conference*, Valencia, Spain. 2–4 March, pp. 6491–6499. DOI: 10.21125/edulearn.2020.1700. (WoS).

13. Даммер М. Д., Ковтунович М. Г., Леонова Е. А. Подготовка будущих учителей физики к развитию способов познавательной деятельности обучающихся в виртуальной обучающей среде // Отечественная и зарубежная педагогика. 2020. Т. 1. № 3 (68). С. 30–45.

14. Справочник химика : [сайт]. URL: <https://www.chem21.info/info/1778388> (Дата обращения: 15.10.2020).

15. Индуктивные ячейки, принцип действия / Файловый архив студентов : [сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/5397723/page:3/>. (Дата обращения: 15.10.2020).

M. D. Dammer¹, N. V. Zubova², O. N. Bochkareva³

¹ORCID No. 0000-0002-0829-2285

Professor (Full), Doctor of Pedagogic Sciences,
Professor at the Department of Physics and methods of teaching Physics,
South-Ural state Humanities-Pedagogical University,
Chelyabinsk, Russia.

E-mail: dammermd@yandex.ru

²ORCID No. 0000-0002-8112-1378

Docent, Candidate of Pedagogic Sciences,
Associate Professor at the Department of Physics and Mathematics,
Trekhgorny Technological Institute — Branch of National Research Nuclear
University “Moscow Engineering Physics Institute”, Trekhgorny, Chelyabinsk Region, Russia.

E-mail: na448@yandex.ru

³ORCID No. 0000-0002-7121-954X

Candidate of Pedagogic Sciences
Dean of Faculty of Physics and Mathematics, South-Ural state Humanities-Pedagogical University,
Chelyabinsk, Russia.

E-mail: bochkarevaon@cspu.ru

TECHNOLOGY FOR PRODUCTIVE PHYSICS TEACHING OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS

Abstract

Introduction. A modern approach to teaching physics should greatly contribute to the formation of future manufacturing engineers' professional skills. In this regard, we offer the implementation of productive teaching on the example of studying the section "Electricity and magnetism". Productive teaching consists in organizing of students' practice-oriented step-by-step educational activity aimed at obtaining an educational product that has great professional value. The research objective is the further content development of productive physics teaching at a technical university. The scientific novelty of the research results is to determine the technological features of productive training for higher education and to develop the content on the topic "Electricity and magnetism" during the physics course in a technical university illustrating the mentioned features.

Materials and methods. The theoretical part of the study comprises: a scientific literature analysis on the problem of implementing the technology of productive teaching; a specialized physics literature analysis concerning electricity and magnetism; simulation of teaching physics process at a technical university based on the productive technology; designing the experimental teaching methods based on the developed model; analyzing and summarizing the research results. Empirical methods are presented in productive technology testing on the example of the section "Electricity and magnetism" and in processing of testing data by statistical methods.

Results. The content of the topic "Electricity and magnetism" in the physics course at a technical university is presented contributing to the implementation of the productive technology teaching. The activity of the teacher and students at all stages of productive technology is described. The testing results of the new content were received at the Trekhgorny Technologi-

cal Institute, a branch of the National Research Nuclear University “Moscow Physical Engineering Institute”.

Discussion. The analysis of approbation data is carried out, and the efficiency of productive technology of teaching physics to technical university students is shown. It is emphasized that the implementation of productive technology contributes to the formation of skills which are necessary for project activity and for presenting professionally significant results.

Based on the analysis of the testing results of the new training content and productive technology, conclusions are drawn about the reasonability of the presented content and the impact of technology on the overall students’ learning outcomes.

Conclusion. The article summarizes the implementation results of the productive teaching technology based on the section “Electricity and magnetism” of the physics course for students at a technical university.

Keywords: Productive teaching technology; Professionally-oriented task; Student; Practical activity; Technical university; Physics.

Highlights:

Training of highly qualified manufacturing engineers requires students’ fundamental physics studying at technical universities. At the same time, physics teaching should be practice-oriented. The implementation of these requirements is facilitated by productive technology of teaching physics. It allows students to form the conceptual framework of the studied section in the process of active learning and apply new knowledge and skills to solve real production problems;

Mastering the fundamental knowledge and its practical application takes place in stages during students’ activity which becomes gradually complicated;

The final stage of productive technology implies the design of a technical device which is in demand for industry and has some objective novelty. Design and creation of a technical

device as well as a project presentation greatly contribute to the formation of future engineers' main professional competencies.

References

1. Podlasy I. P. (2003), *Produktivnaya pedagogiki* [Productive pedagogy]. *Narodnoye obrazovaniye*, Moscow, 712 p. (In Russian).
2. Dammer M. D. & Zubova N. V. (2018), *Metodika razrabotki i aprobatsii kompleksnoy keys-tekhnologii obucheniya fizike studentov tekhnicheskogo vuza* [Methods of development and testing of complex case-technology for teaching physics to technical university students]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 7, 52–66. (In Russian).
3. Semikhina L.P. (2007), *Nizkochastotnaya diel'kometriya zhidkostey v slabykh vikhrevykh elektricheskikh polyak* (Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora fiziko-matematicheskikh nauk) [low-Frequency dielkometry of liquids in weak vortex electric fields: dissertations for the degree (Dissertation for the degree of Doctor of Physics and Mathematics). 230 p. (In Russian).
4. Dammer M.D. & Zubova N.V. (2019), *Razrabotka kompleksnogo keysa po teme «Atomnaya i yadernaya fizika» kursa fiziki tekhnicheskogo vuza* [Development of a complex case on the topic “Atomic and nuclear physics” of the physics course of a technical University]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 7, 65–94. (In Russian).
5. Lukashenko M.A. & Telegina T.V. (2019), *Nauchit' studentov dumat': SCRUM kak metod produktivnogo obucheniya v uchebnom zavedenii* [How to Teach students to think: SCRUM as a method of productive learning in an educational institution]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya*, 8, 2 (27), 13–142. (In Russian).
6. Kotlyarova T.S., Fedotovskaya M.N. & Savina N.V. (2019), *Produktivnyye tekhnologii kak sposob formirovaniya universal'nykh uchebnykh deystviy* [Productive technologies as a way of forming universal educational actions]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnyye issledovaniya*, 4 (38), 86–91. (In Russian).
7. Kalashnikova S.B. & Sukhloev M.P. (2019), *Tekhnologiya razvitiya universal'nykh deystviy v ramkakh FGOS pri realizatsii podvedeniya pod ponyatiye* [Technology for the development of universal actions within the framework of the Federal state educational standard for summing up the concept]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 4, 86–93. (In Russian).
8. Chamina O.G. (2015), *Produktivnoye obucheniye: potentsial razvitiya v vysshey shkole* [Productive training: development potential in higher school]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 5, 248 p. (In Russian).

9. Ukraintseva O.V. (2016), *Model' protsessa formirovaniya uspekhov v obuchenii ucha-shchikhsya obshcheobrazovatel'noy organizatsii na osnove tekhnologicheskikh kart* [Model of the process of forming success in teaching students of a General education organization based on technological maps]. *Yevraziyskiy Soyuz Uchenykh (YESU)*, 2 (23), 91–102. (In Russian).

10. Petrova E.B., Chulkova G.M. (2019), *Fizika XXI veka: voprosy prepodavaniya* [Physics of the XXI century: questions of teaching]. *Mono-grafiya, Lenand, Moscow*, 304 p. (In Russian).

11. Dammer M.D., Kovtunovich M.G., Leonova Ye.A., Korytova M.A. & Bolshakova Z.M. (2019), “Preparing Future Physics Teachers To Work In A Virtual Learning Environment”, *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS-2019*, 30 October, LXIX, 258–266, 1054 p. e-ISSN: 2357-1330.

12. Dammer M., Leonova E. & Kudinov V. (2020), “Productive teaching of future physics and mathematics teachers in a digital educational environment”, *INTED “Conference Proceedings: 14th International Technology, Education and Development Conference*, Valencia, Spain. 2–4 March, pp. 6491–6499. DOI: 10.21125/edulearn.2020.1700. (WoS).

13. Dammer M.D., Kovtunovich M.G. & Leonova E.A. (2020), *Leonova Ye. A. Podgotovka budushchikh uchiteley fiziki k razvitiyu sposobov poznavatel'noy deyatel'nosti obuchayushchikhsya v virtual'noy obuchayushchey srede* [Preparing future physics teachers for the development students' cognitive activities in a virtual learning environment]. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, 3 (68), 1, 30–451. (In Russian).

14. Chemist's Handbook (2020), *Spravochnik khimika* [Chemist's Handbook]. Available at: <https://www.chem21.info/info/1778388> (Accessed: 15.10.2020). (In Russian).

15. Inductive cells (2020), *Faylovyy arkhiv studentov* [File archive of students]. Available at: <https://studfile.net/preview/5397723/page:3> (Accessed: 15.10.2020). (In Russian).

