

На правах рукописи

ТЕРЕГУЛОВ Денис Федорович

**ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
НАТУРНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ**

13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания
(физика, уровень профессионального образования)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Екатеринбург – 2017

Работа выполнена
на кафедре естественных наук и физико-математического образования
Нижегородского государственного социально-педагогического института
(филиала) ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет»

Научный руководитель:

доктор педагогических наук, доцент
Попов Семен Евгеньевич

Официальные оппоненты:

Смирнов Александр Викторович, доктор педагогических наук,
профессор, ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный
университет», профессор кафедры теории и методики обучения
физике имени А.В. Перышкина

Мерзлякова Ольга Павловна, кандидат педагогических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический
университет», доцент кафедры теории и методики обучения физике,
технологии и мультимедийной дидактики

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-
педагогический университет»

Защита состоится «06» октября 2017 года в 14.00 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.283.04, созданного на базе ФГБОУ ВО
«Уральский государственный педагогический университет» по адресу:
620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 9 а, ауд. I.

С диссертацией можно ознакомиться в диссертационном зале
информационно-интеллектуального центра – научной библиотеки
ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» и
на сайте Уральского государственного педагогического университета
<http://science.uspu.ru>

Автореферат разослан «7» августа 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Воронина Людмила
Валентиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность исследования. Непрерывное совершенствование учебного физического эксперимента (УФЭ) как на методическом, так и на технологическом уровнях предполагает внесение определенных изменений в экспериментальную подготовку будущего учителя физики. В таких условиях приоритетной задачей обучения в педагогическом вузе становится формирование готовности студента к проведению учебного физического эксперимента с учетом современных форм и перспективных направлений его развития.

Учебный физический эксперимент как важнейший метод обучения физике и его разнообразные функции являлись предметом пристального изучения ведущих методистов: Л. И. Анциферова, О. Ф. Кабардина, В. В. Майера, В. Г. Разумовского, А. В. Усовой, Т. Н. Шамало.

В настоящее время учебный физический эксперимент представлен не только классическими натурными опытами, но и их компьютеризированными аналогами и вычислительными экспериментами. Применение различных компьютерных технологий в УФЭ рассматривалось в исследованиях М. Ю. Гармашова, О. В. Заковряшиной, В. В. Клевицкого, М. А. Петровой, Е. И. Постниковой. Многообразие подобных исследований отражает высокий потенциал развития данного направления учебного физического эксперимента. Значительный вклад в развитие методологии вычислительного эксперимента и его использования в учебном процессе внесли работы Е. И. Бутикова, Р. В. Майера, С. Е. Попова, А. А. Самарского, А. И. Ходановича. В этих исследованиях раскрыты возможности изучения физических объектов посредством построения и последующего анализа математических моделей, описывающих физические явления.

В последние годы наблюдается усиление интеграционных процессов в образовании. Интеграция как принцип осуществления образовательного процесса, основанный на взаимодополнении разных форм постижения действительности (А. С. Кондратьев), в физике наиболее ярко проявляется в комплексном использовании натурального и вычислительного эксперимента. Натурно-вычислительный эксперимент как научный метод, обеспечивающий комплексное изучение явлений и проявляющийся в интегрированном взаимодействии натурального эксперимента и компьютерного моделирования, был предметом рассмотрения в работах В. Я. Синенко, М. И. Старовикова, О. В. Заковряшиной.

Тем не менее, имеется множество нерешенных проблем, связанных, прежде всего, с выявлением форм интеграции натурального и вычислительного эксперимента, с недостаточной разработанностью содержания обучения и методических решений, использование которых обеспечит успешную реализацию натурно-вычислительных экспериментов при обучении физике.

Анализ нормативных документов, научно-методической литературы и педагогической практики позволил выявить следующие **противоречия**:

– на научно-педагогическом уровне – между развитием технологической и инструментальной базы лабораторного физического эксперимента и недостаточной разработанностью теоретических и методических основ ее использования в процессе обучения физике;

– на научно-методическом уровне – между дидактическим потенциалом современного натурального и вычислительного эксперимента и недостаточной разработанностью методики их комплексного использования в учебном процессе при подготовке учителя физики.

Необходимость разрешения указанных противоречий обуславливает **актуальность** диссертационного исследования и позволяет сформулировать его **проблему**: как подготовить будущего учителя физики к использованию современного учебного натурно-вычислительного эксперимента? В соответствии с указанной проблемой была определена **тема** исследования – «Подготовка будущих учителей к использованию натурно-вычислительного эксперимента при обучении физике».

Объект исследования: процесс обучения физике в педагогическом вузе.

Предмет исследования: формирование готовности будущего учителя физики к постановке и проведению натурно-вычислительного эксперимента.

Цель исследования: разработать и теоретически обосновать методику подготовки будущих учителей физики к комплексному использованию натурального и вычислительного эксперимента.

Гипотеза исследования: подготовка будущих учителей физики к постановке и проведению физического эксперимента будет обеспечена, если:

– в практикуме курса общей физики в качестве средства обучения будут использоваться интеграционные формы натурального и вычислительного эксперимента;

– организацию лабораторного физического практикума осуществлять с учетом принципов «обеспечения разнообразия сочетания натурального и вычислительного эксперимента» и «восхождения от натурального и вычислительного экспериментов к интегрированному натурно-вычислительному эксперименту».

В соответствии с выдвинутой гипотезой и для достижения поставленной цели исследования были определены следующие **задачи**:

1. На основе анализа нормативных документов, психолого-педагогической литературы и педагогической практики определить структуру готовности учителя физики к выполнению современного учебного физического эксперимента.

2. На основе анализа научной и научно-методической литературы выявить тенденции развития лабораторного физического эксперимента, определить интеграционные формы натурального и вычислительного эксперимента, соответствующие содержанию курса общей физики.

3. Разработать методику подготовки студентов педагогического вуза к постановке и проведению выявленных форм натурно-вычислительного эксперимента.

4. Провести педагогический эксперимент по проверке гипотезы исследования и результативности разработанной методики.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

– фундаментальные исследования в области теории и методики обучения физике (М. Д. Даммер, С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, А. В. Усова, Т. Н. Шамало);

– исследования в области методологии, теории и практики использования информационных технологий в обучении физике

(В. А. Извозчиков, С. Е. Каменецкий, А. С. Кондратьев, Н. И. Пак, А. И. Ходанович);

- работы по вопросам методологии математического моделирования и вычислительного эксперимента (Р. В. Майер, Г. Г. Малинецкий, С. Е. Попов, А. А. Самарский, П. В. Трусов);

- фундаментальные исследования по вопросам организации, проведения и представления результатов педагогических исследований (В. И. Загвязинский, В. В. Краевский, А. М. Новиков, Б. Е. Стариченко).

Решение поставленных задач осуществлялось с применением следующих **методов исследования**:

- теоретические (анализ и обобщение философской, психолого-педагогической, научно-методической литературы; изучение материалов научно-практических конференций; анализ федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, основных образовательных программ подготовки учителей физики в педагогических вузах, учебных планов и других нормативных документов; анализ программного обеспечения, используемого в технологии компьютерного моделирования; метод моделирования);

- эмпирические (анкетирование студентов, учителей и преподавателей физики, тестирование, пооперационный анализ, метод экспертных оценок, наблюдение за учебным процессом, педагогический эксперимент, анализ результатов учебно-исследовательской деятельности);

- статистические методы обработки экспериментальных данных.

Организация исследования. Диссертационное исследование осуществлялось в период с 2008 по 2016 гг. на базе Нижнетагильской государственной социально-педагогической академии и охватывало четыре этапа: констатирующий, поисковый, обучающий и контрольный.

На первом этапе (2008 г.) проводилось изучение психолого-педагогической и научно-методической литературы, анализировались государственные образовательные стандарты и другие нормативные документы. Результатом этой работы стало: подтверждение наличия проблемы исследования, разработка понятийного и научного аппарата, обоснование необходимости включения исследовательских работ, построенных на основе интеграции натурного и вычислительного эксперимента, в содержание обучения будущих учителей физики. Под интеграцией натурного и вычислительного эксперимента будем понимать процесс и результат их согласованного использования в системе лабораторного физического эксперимента.

На втором этапе (2009 – 2010 гг.) были разработаны основные элементы методики подготовки будущих учителей физики к постановке и проведению современного учебного физического эксперимента. Для этого был проведен отбор тем лабораторных работ и учебно-исследовательских проектов по различным разделам курса общей физики, предполагающих возможность разнопланового сочетания натурного и вычислительного эксперимента. Проведено опытное преподавание, по результатам которого были внесены отдельные изменения в содержание методов и форм обучения, разработан комплекс исследовательских заданий.

На третьем этапе (2011 – 2013 гг.) проводился обучающий эксперимент по проверке результативности разработанной методики формирования готовности будущих учителей физики к выполнению современного натурно-вычислительного эксперимента. На данном этапе диагностика уровня подготовленности студентов осуществлялась на основе получения комплексной оценки с использованием матрицы свертки.

На четвертом этапе (2014 – 2016 гг.) осуществлялась проверка результатов обучающего эксперимента. Сопоставление уровней подготовленности студентов в экспериментальных и контрольных группах проводилось путем сравнения количественных результатов по отдельным показателям. Оценивались четыре показателя, соответствующие мотивационному, когнитивному, операционно-деятельностному и рефлексивному компонентам готовности студентов к выполнению современного УФЭ. Для их диагностики применялись методы тестирования, анкетирования и пооперационного анализа учебной деятельности. Также был выполнен итоговый анализ педагогического эксперимента с последующим формулированием выводов и рекомендаций, оформлением текста диссертации.

Научная новизна исследования:

1. В отличие от ранее проведенных исследований, в которых раскрываются возможности использования компьютерных информационных технологий на лабораторных занятиях по физике (Ю. Б. Искренникова, Н. А. Оспенников), в представленной работе обоснована необходимость и возможность включения в подготовку будущих учителей физики комплексного натурно-вычислительного эксперимента (НВЭ).

2. На основе принципов «обеспечение разнообразия сочетания натурного и вычислительного эксперимента» и «восхождение от натурного и вычислительного к интегрированному натурно-вычислительному эксперименту» разработана структурная модель формирования готовности будущих учителей физики к проведению современного учебного физического эксперимента. Ее реализация в учебном процессе предполагает проведение нескольких этапов, соответствующих трем основным формам натурно-вычислительного эксперимента (параллельная, последовательная и комплексная).

3. Разработана методика, использование которой направлено на подготовку будущих учителей физики в педагогическом вузе к выполнению натурно-вычислительного эксперимента.

4. По основным разделам курса общей физики разработано шесть оригинальных лабораторных работ, выполнение которых предполагает использование различных интеграционных форм натурного и вычислительного эксперимента.

Теоретическая значимость исследования:

1. Уточнено понятие учебного натурно-вычислительного эксперимента как метода обучения физике, основанного на интеграции лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования и позволяющего получать новые учебные результаты.

2. Предложены принципы отбора и структурирования содержания обучения: «обеспечение разнообразия сочетания натурального и вычислительного эксперимента» и «восхождение от натурального и вычислительного к интегрированному натурно-вычислительному эксперименту».

3. Установлены различные формы сочетания современного натурального и вычислительного эксперимента (параллельное, последовательное, комплексное).

4. Предложены критерии, позволяющие оценить уровень операционно-деятельностной готовности будущего учителя физики к выполнению современного УФЗ на основе поэтапного выполнения натурно-вычислительного эксперимента.

Практическая значимость исследования заключается в доведении теоретических результатов до уровня практического применения, разработки и внедрены в учебный процесс Нижнетагильской государственной социально-педагогической академии¹:

1. Комплекс лабораторных работ, охватывающий основные разделы курса общей физики и предназначенный для подготовки студентов к использованию различных форм сочетания натурального и вычислительного экспериментов.

2. Комплекс учебно-исследовательских проектов по темам «Исследование волновых процессов», «Движение заряженных частиц в магнитном поле», «Моделирование орбиталей электрона в атоме водорода», использование которого направлено на овладение будущими учителями физики методом вычислительного эксперимента.

3. Методические рекомендации по использованию лабораторных работ и учебно-исследовательских проектов для улучшения экспериментальной подготовки студентов педагогического вуза. Результативность такого обучения подтверждена педагогическим экспериментом.

Обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечиваются: всесторонним анализом выявленной проблемы; использованием теоретических и эмпирических методов, адекватных предмету и задачам исследования; репрезентативностью выборки студентов (будущих учителей физики) и тщательностью проведения педагогического эксперимента; применением статистических методов обработки результатов экспериментального обучения, их воспроизводимостью.

Апробация и внедрение результатов исследования осуществлялись в ходе экспериментальной работы на базе Нижнетагильской государственной социально-педагогической академии. Основные теоретические положения и результаты диссертационного исследования докладывались на заседаниях кафедры физики и методики обучения физике и кафедры физико-математического образования НТГСПА. Теоретические положения, материалы и результаты исследования были представлены в докладах на *международных* научно-практических конференциях («Реализация нацио-

¹ С 2013 г переименована в Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал РГПУ в г. Нижнем Тагиле).

нальной образовательной инициативы «Наша новая школа» в процессе обучения физике, информатике и математике», г. Екатеринбург, 2010 г., 2012 г.; «Подготовка молодежи к инновационной деятельности в процессе обучения физике, математике, информатике», г. Екатеринбург, 2013 г.; «Формирование инженерного мышления в процессе обучения», г. Екатеринбург, 2015 г., 2016 г.) и *всероссийских* научно-практических конференциях («Учебный физический эксперимент. Актуальные проблемы. Современные решения», г. Глазов, 2008 г., 2009 г., «Актуальные проблемы и перспективы развития естественнонаучного и физико-математического образования», г. Нижний Тагил, 2016 г.).

Основные результаты исследования отражены в 20 публикациях, в том числе 4 – в ведущих научных изданиях, включенных в реестр ВАК МОиН РФ.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Развитие инструментальной и технологической базы натурального эксперимента, включение вычислительного эксперимента в систему современного учебного физического эксперимента привели к формированию натурно-вычислительного эксперимента как комплексного метода обучения физике. Современный учитель физики должен быть готов к проведению натурно-вычислительного эксперимента, поэтому натурно-вычислительный эксперимент должен быть включен в содержание подготовки будущего учителя физики.

2. Отбор содержания обучения необходимо проводить с учетом принципа *обеспечения разнообразия сочетания натурального и вычислительного эксперимента*. Деятельность студентов должна быть направлена на освоение основных форм сочетания натурального и вычислительного эксперимента (параллельное, последовательное, комплексное). Параллельное выполнение обеспечивает возможность сравнения результатов натурального и вычислительного эксперимента, служит основой для дальнейшего изучения их интеграционных форм; последовательное – позволяет получать более точные результаты эксперимента, расширить и углубить уровень знаний по физике; комплексное – формирует представления о технологии постановки и проведения современных научных и учебных экспериментов.

3. Организацию лабораторного практикума следует осуществлять в соответствии с регулятивным принципом *восхождения от натурального и вычислительного к интегрированному натурно-вычислительному эксперименту*. На практике повышение степени интеграции обеспечивается в три этапа. На первом – выполняются работы, в которых натурный и вычислительный эксперименты проводятся независимо. На втором этапе студенты выполняют серию лабораторных работ, в которых натурный и вычислительный эксперименты чередуются на основе различных приемов сочетания, обеспечивая более глубокое и многоаспектное изучение явлений. На заключительном этапе выполняются работы с использованием комплексного натурно-вычислительного эксперимента, которые призваны завершить формирование готовности к проведению современного учебного физического эксперимента.

4. Реализация предлагаемой методики обеспечит подготовку будущих учителей физики к постановке и проведению современного натурно-вычислительного эксперимента. Критериями результативности разработанной методики выступают:

- повышение мотивации к освоению натурно-вычислительного эксперимента;
- формирование знаний, необходимых для проведения интегрированного эксперимента;
- овладение методами постановки разнообразных форм натурно-вычислительного эксперимента;
- развитие способности объективно оценивать умения по постановке и проведению натурно-вычислительного эксперимента.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, определяется цель, объект и предмет исследования, формулируются гипотеза и задачи исследования, раскрываются научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Использование натурального и вычислительного эксперимента в процессе обучения физике» рассматривается специфика подготовки будущих учителей к использованию современного учебного физического эксперимента. Развитие технических средств и соответствующих информационных технологий обучения приводит к изменениям в содержании и проведении УФЭ: использование компьютера как части экспериментальной установки для изучения быстро протекающих процессов, фиксирования трудно уловимых деталей явления, определения малых изменений в характеристиках физического объекта; применение компьютеров и других технических средств для математической обработки экспериментальных данных, вычисления погрешностей и представления результатов натурального эксперимента; использование технологии компьютерного моделирования физических объектов (явлений, процессов) в учебных целях.

Различные аспекты подготовки будущих учителей физики к использованию как натурального, так и вычислительного эксперимента достаточно полно выражаются категорией «готовность». В структуру готовности включают четыре компонента: мотивационный, когнитивный, операционно-деятельностный и рефлексивный. Мотивационный компонент представляется целостной системой мотивов личности, составляющей основу для эффективного освоения современных форм УФЭ. Когнитивный компонент рассматривается как теоретическая подготовленность обучаемых к выполнению учебного физического эксперимента. Операционно-деятельностный компонент – основной компонент готовности, проявляющийся в практической подготовленности к проведению физических экспериментов. Рефлексивный компонент определяет возможность объективно оценивать свой профессиональный уро-

вень и проектировать условия его повышения. Тем самым, структура готовности будущего учителя физики к использованию современных технических средств и соответствующих информационных технологий в физическом эксперименте во многом аналогична структуре информационной и учебно-исследовательской компетентности учителя физики.

Как отмечает А. С. Кондратьев, при подготовке будущих учителей физики необходимо учитывать тенденции в развитии науки и образования, и разрабатывать новые методы обучения физике, построенные на использовании компьютерного моделирования и натурно-вычислительного эксперимента. Анализ работ по проблеме развития современного учебного физического эксперимента и изучению возможностей сочетания натурального и вычислительного экспериментов в школьном физическом эксперименте (О. В. Заковряшиной, В. И. Сельдяева, М. И. Старовикова) убедительно доказывает востребованность системы образования в учителях физики, готовых к постановке и проведению таких экспериментов.

В работе принято следующее определение: *натурно-вычислительный эксперимент – это метод обучения физике, основанный на интеграции лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования и позволяющий получать новые учебные результаты.*

Процесс формирования готовности будущих учителей физики к использованию натурно-вычислительного эксперимента представлен структурной моделью (рис. 1), состоящей из четырех блоков: целевого (определяет направленность методики обучения на достижение требуемого результата), теоретического (отражает специфику, структуру и уровни сформированности готовности учителя физики, включает обоснование натурно-вычислительного эксперимента как средства формирования этой готовности), процессуального (описывает основные средства формирования готовности – комплекс лабораторных работ и учебно-исследовательских проектов; раскрывает процесс использования данного комплекса для результативной подготовки студентов к постановке и проведению натурно-вычислительных экспериментов) и результативного (содержит инструментарий по оцениванию готовности студентов к постановке и проведению НВЭ).

Во второй главе «Методика формирования готовности будущего учителя физики к проведению натурно-вычислительных экспериментов» раскрыты особенности организации практической работы по подготовке студентов педагогического вуза к проведению современного учебного физического эксперимента средствами сочетания лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования.

Учебно-экспериментальная работа на физико-математическом факультете позволила выявить три варианта организации процесса обучения физике на основе сочетания натурального и вычислительного эксперимента.

Параллельное выполнение натурального и вычислительного эксперимента.

Отличительной особенностью этого подхода является возможность сравнения результатов обоих экспериментов. После чего могут быть сделаны выводы о достоверности итогов вычислительного эксперимента в

случае совпадения результатов или о необходимости вернуться к этапу планирования эксперимента с целью выявления и устранения допущенных ошибок. В учебном процессе обращение к параллельному выполнению натурного и вычислительного экспериментов целесообразно на этапе знакомства обучаемых с технологией компьютерного моделирования. Например, при исследовании движения тел в вязких и плотных средах.



Рис. 1. Модель формирования готовности будущих учителей физики к проведению натурно-вычислительных экспериментов

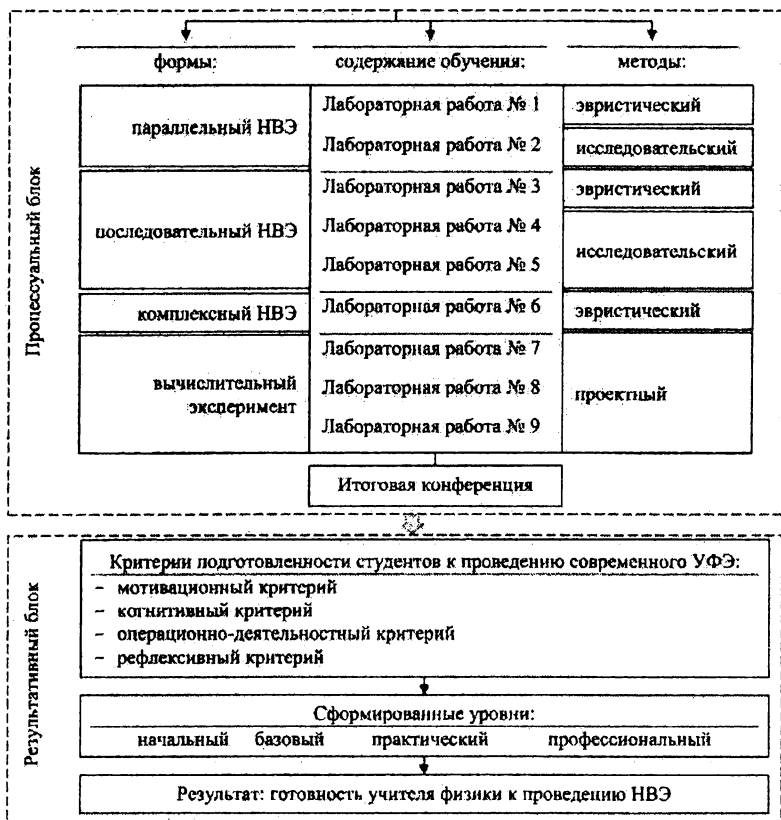


Рис. 1. Модель формирования готовности будущих учителей физики к проведению натурно-вычислительных экспериментов (окончание)

Последовательное выполнение натурального и вычислительного эксперимента.

На практике подобная форма учебного физического исследования реализуется из двух последовательно (поочередно) выполняемых экспериментов. При этом роль второго может сводиться как к расширению границ применимости первого, так и к углублению содержательной стороны исследования. Возможны две вариации предложенной формы: 1) проведение вычислительного эксперимента по результатам натурального (компьютерный эксперимент подбирается к проводимому ранее классическому натурному эксперименту, дополняя его) и 2) постановка натурального эксперимента по завершению вычислительного.

Так при изучении электростатического поля на первом этапе выполняется натуральный эксперимент с получением картины эквипотенциальных

поверхностей и силовых линий для плоских и цилиндрических электродов. Использование первых моделирует электростатическое поле конденсатора, а вторых – поле точечных зарядов одинаковых по величине и противоположных по знаку. На следующем этапе работы обучаемые строят компьютерную модель и выполняют серию вычислительных экспериментов по изучению электростатического поля сложной конфигурации, образованного большим числом заряженных тел.

Совмещенный натурно-вычислительный эксперимент.

В некоторых случаях реализации натурального эксперимента препятствует возникновение на определенном этапе работы «неопределяемого» параметра. При этом, уже полученных результатов может быть достаточно для организации вычислительного эксперимента с целью нахождения нужного параметра. После чего появляется возможность продолжения натурального опыта. Учебные эксперименты, организованные таким образом, в методологическом плане максимально соответствуют структуре современных научных экспериментов.

Использование представленных форм сочетания натурального и вычислительного эксперимента требует проведения анализа содержания обучения физике и разработку на его основе комплекса лабораторных работ.

В результате анализа и обобщения дидактических принципов построения содержания образования, специфики подготовки будущих учителей физики к постановке и проведению НВЭ были сформулированы частнометодические принципы, которые регулируют как конструирование содержания обучения, так и организацию учебного процесса.

1. Принцип генерализации является отражением нескольких дидактических принципов и предполагает выделение одной или нескольких центральных идей. В нашем случае идеями, вокруг которых будет строиться учебный материал, являются физическая теория и возможность сочетания натурального и вычислительного эксперимента. На основе сочетания натурального и вычислительного эксперимента передаются существующие в физике теоретические знания, прививаются практические умения и навыки, демонстрируются самые существенные признаки и свойства изучаемых процессов в доступной для обучаемых форме.

2. Принцип дополнительности подразумевает отбор содержания и формирование структуры курса как отдельной, дополнительной, не сводимой к другим дисциплины. Применение информационных технологий (универсальных математических пакетов, численных методов, компьютерного моделирования) позволяет повысить уровень изучения физики. Принцип дополнительности предполагает отбор ранее недоступного материала, например, нелинейных волновых процессов и освоение нового метода познания – натурно-вычислительного эксперимента, например, при изучении теплопроводности металлов в нестационарном режиме.

3. Принцип этапности обусловлен присутствием в технологии современного комбинированного физического эксперимента вычислительной составляющей. Необходимость построения иерархии компьютерных моде-

лей различных физических объектов (процессов) требует разработки или принятия некоторой совокупности правил и подходов, называемых поэтапной технологией исследования физических объектов в вычислительном эксперименте. Принцип этапности определяет необходимость включения теории математического компьютерного моделирования в содержание обучения будущих учителей физики.

4. Принцип обеспечения разнообразия сочетания натурального и вычислительного эксперимента подразумевает включение в подготовку будущего учителя физики лабораторных работ, реализующих все базовые формы сочетания: параллельная ($HЭ \parallel BЭ$), последовательная ($HЭ \rightarrow BЭ$ или $BЭ \rightarrow HЭ$) и комплексная (интегрированный $HВЭ$). Благодаря внедрению персонального компьютера в учебный процесс и лабораторный физический практикум стало возможным по-новому организовывать учебный физический эксперимент, тем самым обеспечить повышение научного уровня и методологизацию обучения физике.

5. Принцип восхождения от натурального и вычислительного к интегрированному натурно-вычислительному эксперименту определяет последовательность проведения занятий в соответствии с выявленными формами интеграции экспериментов. На практике реализация данного принципа может быть осуществлена следующей последовательностью лабораторных работ:

1. ($HЭ \parallel BЭ$).
2. ($BЭ \rightarrow HЭ$), ($HЭ \rightarrow BЭ$), ($HЭ \rightarrow BЭ1 \rightarrow BЭ2$).
3. $HВЭ$.

На *первом этапе* подготовки студентов к проведению натурно-вычислительного эксперимента выполняются две лабораторные работы «Движение тела в вязкой среде» и «Ход лучей в линзах», в которых натуральный и вычислительный эксперименты проводятся независимо (параллельно).

Сравнение результатов натурального и вычислительного эксперимента позволяет студентам обнаружить различия между реальным физическим явлением и поведением компьютерной модели. В случае совпадения результатов, полученных в разных видах эксперимента, студенты убеждаются на собственном опыте в возможности получения достоверных результатов при проведении современного вычислительного эксперимента. Например, при выполнении лабораторной работы № 1 «Движение тела в вязкой среде» учащиеся получают графики зависимости установившейся скорости в глицерине от размеров шариков. Сравнение этих зависимостей, полученных по результатам натурального и вычислительного экспериментов, позволяет оценить степень соответствия выбранной теоретической модели (математической модели движения в вязкой среде) реальному движению. Совпадение результатов натурального и вычислительного экспериментов в отдельных областях графиков позволяет судить о границах применимости принятой математической модели.

На *втором этапе* осуществляется подготовка будущих учителей физики к организации и последовательному проведению натурального и вычислительного эксперимента с использованием различных форм их сочетания. На данном этапе выполняются три лабораторные работы, направленные на изу-

чение электростатического поля неподвижных зарядов, распределения Максвелла и дифракции света. Основные задачи этапа состоят в повторении и углублении имеющихся у студентов знаний из курса общей физики; развитии умений, связанных с организацией и проведением учебного физического эксперимента; повышении интереса будущих учителей к выбранной специальности за счет использования различных форм организации физического эксперимента; в обеспечении более глубокого и многоаспектного изучения физических явлений за счет постепенного взаимопроникновения натурального и вычислительного эксперимента, а также готовности студентов к выполнению различных форм натурно-вычислительного эксперимента.

На **третьем этапе** происходит обучение студентов организации и проведению физических экспериментов в форме комплексного натурно-вычислительного эксперимента, максимально приближенного по структуре к современным научным экспериментам.

В качестве примера приведена методика организации занятия по исследованию явления теплопроводности металлов в форме интегрированного натурно-вычислительного эксперимента.

Натурно-вычислительный эксперимент начинается с выбора объекта изучения и формулировки цели – изучение теплопроводности металлов в нестационарном режиме, определение коэффициентов теплопроводности. Однородные металлические стержни нагреваются с одной стороны. Необходимо определить коэффициенты теплопроводности, фиксируя изменение показаний температуры различных точек стержней с течением времени.

Уравнение для распространения температуры (уравнение теплопроводности) является основой предлагаемого метода определения коэффициента теплопроводности в нестационарном режиме. Оно имеет следующее фундаментальное решение:

$$T(x, t) = c \frac{1}{2\sqrt{\pi\chi t}} e^{-\frac{x^2}{4\chi t}} e^{a t} \quad (*).$$

Из уравнения видно, что для определения характеристик теплопроводности нужно знать зависимость температуры различных частей стержня от времени. Для определения этой зависимости проводится натурный эксперимент.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 2. В нагревательный элемент (1) помещается исследуемый металлический (алюминиевый либо стальной) стержень – (2). В каждом стержне на расстоянии двух сантиметров просверлены отверстия, в которые с помощью парафина (4) крепятся грузики равной массы (булавки) – (3).

После включения установки стержень будет нагреваться, и первый грузик (точка отсчета по оси X) выпадет из отверстия, когда температура около него будет равной температуре плавления парафина. В этот момент нужно включить секундомер для фиксации времени выпадения второго и последующих грузиков. Натурные эксперименты проводятся для стержней из алюминия и стали. Зная c , a , $T(x, t)$, можно вычислить значения коэф-

коэффициента температуропроводности χ , а следовательно, и коэффициента теплопроводности k .

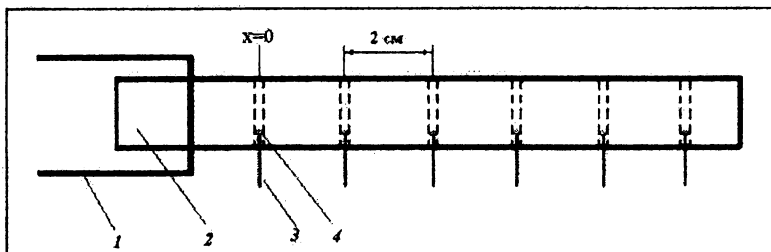


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Поскольку за точку отсчета принимается момент выпадения первого груза, то через $t1$ обозначено время выпадения второго грузика, $t2$ – третьего и т.д.

Затем организуется вычислительный эксперимент по определению характеристик установки. Из уравнения (*) видно, что температура зависит от координаты x , времени t , а также от характеристик установки (c , a). Одна и та же температура (плавления парафина) устанавливается в определенных участках стержня ($x1$, $x2$, $x3$, ...) за различное время ($t1$, $t2$, $t3$, ...):

$T(x1, t1) = T(x2, t2)$. Тогда:

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi\chi t1}} e^{-\frac{x1^2}{4\chi t1}} e^{at1} = \frac{1}{2\sqrt{\pi\chi t2}} e^{-\frac{x2^2}{4\chi t2}} e^{at2} \quad (**).$$

Полученное равенство является нелинейным уравнением с двумя неизвестными, одно из которых – эмпирическая характеристика установки a . Для ее нахождения применяется вычислительный блок *Given/Find* (Дано/Найти) универсального математического пакета Mathcad.

Найденное значение a и уравнение (*) позволяют студентам вычислить вторую характеристику установки c . Вычислительный эксперимент по нахождению значений a и c повторяется несколько раз для равенств: $T(x2, t2) = T(x3, t3)$, $T(x3, t3) = T(x4, t4)$, $T(x4, t4) = T(x5, t5)$, $T(x5, t5) = T(x1, t1)$. Для исследуемых образцов вычисляются средние значения a и c .

Из формулы (*) видно, что коэффициент температуропроводности не представляется возможным выразить в аналитическом виде, поэтому для его нахождения также применяется вычислительный эксперимент.

Нелинейное уравнение имеет одну неизвестную и может быть решено с использованием функции $root(f(x), x)$, где $f(x)$ – выражение, приравняемое нулю, x – искомый аргумент.

Уравнение (*) представим в следующем виде:

$$f(x) = c \frac{1}{2\sqrt{\pi\chi t}} e^{-\frac{x^2}{4\chi t}} e^{at} - T.$$

Для определения возможных решений строится график функции (рис. 3).

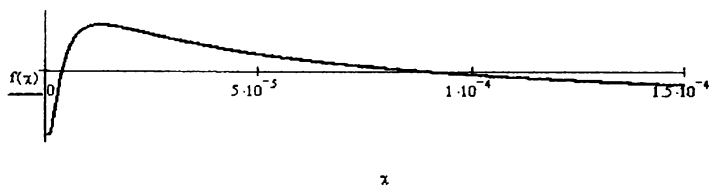


Рис. 3. Графическая оценка начальных приближений

По графику определяется начальное приближение, после чего решается уравнение относительно коэффициента температуропроводности χ : $\chi = \text{root}(f(\chi), \chi)$.

По найденным значениям коэффициента температуропроводности, известным величинам плотности и удельной теплоемкости вещества рассчитывается значение коэффициента теплопроводности: $k = \chi \rho c_v$.

Представленная работа служит подтверждением тому, что вычислительный эксперимент должен дополнять натурный, расширяя границы его применения и обогащая новым содержанием.

Оценка готовности будущих учителей физики к использованию натурно-вычислительного эксперимента, представленная совокупностью структурных компонентов, критерии и показатели ее сформированности, а также методы их оценивания приведены в таблице 1.

В третьей главе «Педагогический эксперимент и его результаты» приводится описание этапов педагогического эксперимента (констатирующий, поисковый, обучающий, контрольный) и анализируются их результаты.

Итоги констатирующего этапа экспериментальной работы подтвердили актуальность исследования – необходимость подготовки будущих учителей физики в области использования учебного натурно-вычислительного эксперимента.

В ходе поискового этапа анализировались условия успешного формирования структурных компонентов готовности. Перечень условий послужил началом для выделения общих ориентиров пригодности того или иного учебного материала – совокупности общих, дидактических и частнометодических принципов, которые, в свою очередь, уточнялись критериями отбора.

Также было принято базовое положение, согласно которому содержание обучения выстраивалось так, чтобы в большей мере отражать современное развитие физики как науки, развивать в будущих учителях способности организовывать и проводить физические эксперименты, максимально приближенные по характеру к научным исследованиям с применением современных информационных технологий.

Рассматривались различные варианты включения отобранного содержания в структуру подготовки учителей физики: введение лабораторных работ на основе интеграционных форм натурального и вычислительного эксперимента в структуру курса общей физики и выделение их в отдельный курс. Последний вариант по ряду обстоятельств оказался предпочтительнее.

Таблица 1

Оценка готовности будущих учителей физики к использованию натурно-вычислительного эксперимента

Объект диагностики	Критерии	Показатели	Методы	Шкала оценивания
Мотивационный компонент	Проявление интереса и повышение мотивации к использованию интеграционных форм натурного и вычислительного эксперимента	Преобладание коэффициента внутренней мотивации над коэффициентами внешней мотивации	Анкетирование студентов по методике К. Замфир в модификации А. А. Реана	Порядковая шкала (три уровня)
		Уровни сформированности познавательной активности	Наблюдение, анализ результатов учебной деятельности	Порядковая шкала (три уровня)
Когнитивный компонент	Сформированность основных знаний, необходимых для постановки и проведения современного УФЭ	Полнота знаний	Тест	Шкала отношений – число правильно выполненных заданий (четыре уровня)
		Широта использования современных форм учебного физического эксперимента во время прохождения педагогической практики и при выполнении дипломной работы	Наблюдение	Порядковая шкала (четыре уровня)
Операционно-деятельностный компонент	Владение приемами организации и проведения различных форм НВЭ	Полнота сформированности способов деятельности, самостоятельность деятельности	Пооперационный анализ учебной деятельности	Шкала отношений (четыре уровня)
Рефлексивный компонент	Способность к самоорганизации в использовании современных форм УФЭ	Уровни сформированности отдельных качеств готовности к использованию натурно-вычислительного эксперимента	Анкетирование студентов	Порядковая шкала (три уровня)

В рамках обучающего эксперимента оценка уровня готовности проводилась на основе получения комплексной оценки с использованием матрицы свертки (рис. 4). Результаты представлены в таблице 2.



Рис. 4. Матрица свертки

Таблица 2

Уровни сформированности готовности к использованию натурно-вычислительного эксперимента по завершению обучающего эксперимента

Группа	Года	Уровень сформированности (%)			
		I	II	III	IV
Экспериментальная выборка	2011-2013 гг.	12,5%	16,7%	41,7%	29,1%
Контрольная выборка		11,3%	35,2%	38,0%	15,5%

Основное отличие контрольного педагогического эксперимента заключалось в статистической обработке результатов в два этапа.

На первом этапе осуществлялось сравнение экспериментальной и контрольной выборок по отдельным компонентам готовности. Такая обработка результатов педагогического эксперимента позволяет определить влияние разработанной методики на развитие мотивационного, когнитивного, операционно-деятельностного и рефлексивного компонентов готовности будущих учителей физики к использованию натурно-вычислительного эксперимента:

- Проявление интереса и повышение мотивации к использованию интеграционных форм натурального и вычислительного эксперимента.
- Сформированность основных знаний, необходимых для постановки и проведения современного учебного физического эксперимента.
- Владение приемами организации и проведения различных форм натурно-вычислительного эксперимента.
- Способность к самоорганизации в использовании современных форм учебного физического эксперимента.

Для их оценки применялись методы тестирования, анкетирования, наблюдения за учебным процессом и пооперационный анализ учебной деятельности. Когнитивный и операционно-деятельностный компоненты готовности к проведению натурно-вычислительного эксперимента оценивались по шкале отношений, мотивационный и рефлексивный – по порядковой шкале. Поскольку использовались две различные шкалы оценок, то и подходы к определению достоверности совпадений и различий характеристик экспериментальных и контрольных групп различались. Для первого и четвертого показателей, измеряемых в порядковой шкале, использовался статистический критерий однородности хи-квадрат (χ^2). Для второго и третьего показателей – критерий Вилкоксона-Манна-Уитни.

На втором этапе при помощи матрицы свертки сравнивалось число студентов экспериментальной группы, готовых к использованию НВЭ, на входе и выходе педагогического эксперимента. Результат этого сравнения является основным показателем результативности методики.

Комплексная оценка при помощи матрицы свертки показала, что число студентов, готовых к использованию НВЭ, в результате применения методики увеличилось с 29% до 79% (рис. 5).

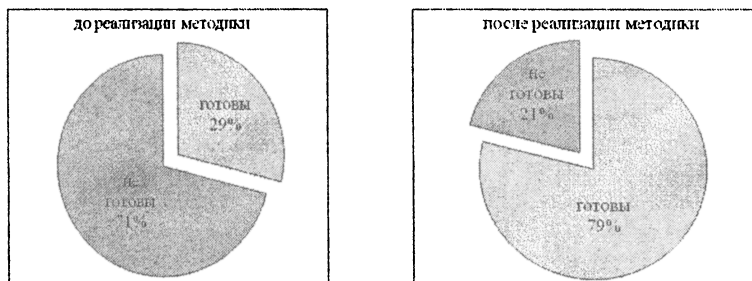


Рис. 5. Комплексная оценка готовности студентов экспериментальной группы к использованию натурно-вычислительных экспериментов

Полученные результаты подтвердили результативность методики подготовки студентов педагогического вуза к использованию натурно-вычислительного эксперимента.

В заключении подводятся итоги и обобщаются результаты диссертационного исследования.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При теоретическом и экспериментальном исследовании проблемы подготовки будущего учителя физики к использованию натурно-вычислительного эксперимента были получены следующие основные результаты:

1. На основе анализа нормативных документов, научно-методической и психолого-педагогической литературы определена структура готовности учителя физики к проведению современного учебного физического эксперимента. Обоснована необходимость включения в образовательный процесс педагогического вуза комплексного натурно-вычислительного эксперимента как научного метода обучения физике, основанного на интеграции лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования, позволяющего получать новые учебные результаты.

2. Значимым результатом поискового этапа опытно-экспериментальной работы стало выявление интеграционных форм натурального и вычислительного эксперимента (параллельное, последовательное, комплексное) и разработка на их основе шести оригинальных лабораторных работ по основным разделам курса общей физики.

3. Разработана методика подготовки будущего учителя физики к постановке и проведению натурно-вычислительного эксперимента. Ее основу составляет комплекс лабораторных работ и учебно-исследовательских проектов, выполнение которых организуется в соответствии с регулятивными принципами: «обеспечение разнообразия сочетания натурального и вычислительного эксперимента» и «восхождение от натурального и вычислительного к интегрированному натурно-вычислительному эксперименту».

4. Критериями результативности разработанной методики выступают: 1) проявление интереса и повышение мотивации к использованию интеграционных форм натурального и вычислительного эксперимента; 2) сформированность основных знаний, необходимых для постановки и проведения современного учебного физического эксперимента; 3) владение приемами организации и проведения различных форм натурно-вычислительного эксперимента; 4) способность к самоорганизации в использовании современных форм учебного физического эксперимента.

Результаты обучающего и контрольного этапов педагогического эксперимента подтвердили результативность методики подготовки студентов педагогического вуза к использованию натурно-вычислительного эксперимента. Обоснованность и достоверность данного вывода подтверждена: применением теоретических и эмпирических методов, адекватных предмету и задачам исследования; репрезентативностью выборки студентов (будущих учителей физики) и тщательностью проведения педагогического экспери-

мента; применением статистических методов обработки результатов экспериментального обучения, их воспроизводимостью. Таким образом, полностью подтвердилась исходная гипотеза настоящего исследования.

Основные результаты проведенного исследования по разработке методики подготовки будущих учителей физики к использованию натурно-вычислительного эксперимента могут быть внедрены в образовательную практику педагогических и классических вузов, а также адаптированы к условиям обучения физике в старших классах общеобразовательной школы.

Основное содержание исследования отражено в публикациях:

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, включенных в реестр ВАК МОиН РФ:

1. Терегулов, Д. Ф. Специфика курсов компьютерного моделирования для студентов технических специальностей [Текст] / М. Л. Заяц, С. Е. Попов, Д. Ф. Терегулов // Физическое образование в ВУЗах. – 2011. – Т. 17. – № 1. – С. 84-90 (0,45 п.л. / 0,15 п.л.).

2. Терегулов, Д. Ф. Модель информационной компетентности учителя физики [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-10. – С. 2235-2239 (0,51 п.л.).

3. Терегулов, Д. Ф. Сочетание натурального и вычислительного эксперимента в лабораторном физическом практикуме [Электронный ресурс] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 977. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18288> (дата обращения: 15.02.2017) (0,43 п.л. / 0,25 п.л.).

4. Терегулов, Д. Ф. Методика проведения занятий на основе сочетания натурального и вычислительного эксперимента [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2015. – № 4. – С. 114-122 (0,51 п.л. / 0,3 п.л.).

Статьи, опубликованные в других научных изданиях:

5. Терегулов, Д. Ф. Использование динамического компьютерного моделирования при обучении физике [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Учебная физика. – 2008. – № 2. – С. 107-113 (0,12 п.л. / 0,05 п.л.).

6. Терегулов, Д. Ф. Компьютерное моделирование на уроках физики [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов по физике, информатике, технологии и методике их преподавания, Екатеринбург, апрель 2008 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2008. – С. 69-73 (0,14 п.л.).

7. Терегулов, Д. Ф. Использование интерактивных элементов в компьютерных моделях на уроках физики [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Актуальные проблемы обучения физике : материалы II ре-

гиональной научно-практической конференции. – Нижний Тагил : НТГСПА, 2009. – С. 39-41 (0,09 п.л. / 0,05 п.л.).

8. Терегулов, Д. Ф. Использование интерактивных элементов в учебных компьютерных моделях [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Учебная физика. – 2009. – № 1. – С. 54-56 (0,1 п.л. / 0,05 п.л.).

9. Терегулов, Д. Ф. Использование компьютерного моделирования при решении реальных физических задач [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов по физике, информатике, технологии и методике их преподавания, Екатеринбург, апрель 2009 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2009. – С. 145-146 (0,09 п.л.).

10. Терегулов, Д. Ф. Использование динамического компьютерного моделирования при обучении физике [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Сборник научно-исследовательских работ студентов НТГСПА, Нижний Тагил, 2010 г. – Нижний Тагил : НТГСПА, 2010. – С. 180-185 (0,1 п.л. / 0,05 п.л.).

11. Терегулов, Д. Ф. Исследование явления интерференции света в вычислительном эксперименте [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Актуальные проблемы обучения физике : материалы III региональной научно-практической конференции. – Нижний Тагил : НТГСПА, 2010. – С. 93-95 (0,06 п.л.).

12. Терегулов, Д. Ф. Комплект динамических компьютерных моделей по физике [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Реализация национальной образовательной инициативы «Наша новая школа» в процессе обучения физике, информатике и математике : материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 6-7 апреля 2010 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2010. – С. 184-186 (0,1 п.л. / 0,05 п.л.).

13. Терегулов, Д. Ф. Компьютерное математическое моделирование и ФГОС ВПО третьего поколения [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Актуальные проблемы физико-математического образования в школе и вузе : материалы IV региональной научно-практической конференции. – Нижний Тагил : НТГСПА, 2011. – С. 36-37 (0,08 п.л.).

14. Терегулов, Д. Ф. К вопросу о понятиях «компетенция» и «компетентность» [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Реализация национальной образовательной инициативы «Наша новая школа» в процессе обучения физике, информатике и математике : материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 4-5 апреля 2012 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2012. – С. 147-152 (0,25 п.л.).

15. Терегулов, Д. Ф. Уровневая структура информационной компетентности будущего учителя физики [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Подготовка молодежи к инновационной деятельности в процессе обучения физике, математике, информатике : материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 1-2 апреля 2013 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2013. – С. 191-195 (0,21 п.л.).

16. Терегулов, Д. Ф. Вычислительный эксперимент в методике изучения распределений Максвелла и Больцмана [Текст] / Д. Ф. Терегулов, С. Е. Попов // Актуальные проблемы физико-математического образования в школе и вузе : материалы VII региональной научно-практической конференции. – Нижний Тагил : НТГСПА, 2014. – С. 22-23 (0,09 п.л. / 0,05 п.л.).

17. Терегулов, Д. Ф. Разработка структурно-содержательной модели информационной компетентности учителя физики [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 7-8 апреля 2015 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2015. – С. 230-234 (0,19 п.л.).

18. Терегулов, Д. Ф. О содержании курса «Методика натурно-вычислительного эксперимента» [Текст] / Д. Ф. Терегулов // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : материалы всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, апрель 2016 г. – Екатеринбург : УрГПУ, 2016. – С. 177-181 (0,24 п.л.).

19. Терегулов, Д. Ф. О вычислительном эксперименте в волновой физике / Д. Ф. Терегулов // Актуальные проблемы и перспективы развития естественнонаучного и физико-математического образования : материалы V всероссийской научно-практической конференции, Нижний Тагил, 29-30 марта 2016 г. – Нижний Тагил : НТГСПИ, 2016. – С. 123-124 (0,1 п.л.).

Учебные пособия:

20. Введение в Mathcad [Текст] : учебно-методическое пособие / М. Л. Заяц, С. Е. Попов, Д. Ф. Терегулов ; УрГУПС. – Екатеринбург, 2010. – 56 с. (3,3 п.л. / 1 п.л.).

Подписано в печать 19.07.2017 г. Формат 60х84¹/₁₆.

Бумага для множ. аппаратов. Печать на ризографе.

Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,3.

Тираж 100. Заказ 4859

Оригинал-макет отпечатан в отделе множительной техники
Уральского государственного педагогического университета.
620017 Екатеринбург, пр-т Космонавтов, 26.

E-mail: uspu@uspu.net