

На правах рукописи

Антонова

АНТОНОВА Дарья Андреевна

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ
БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ К ПРИМЕНЕНИЮ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИМУЛЯЦИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания
(физика, физика и астрономия (высшее образование))

АТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
педагогических наук

Екатеринбург 2024

Работа выполнена на кафедре физики и методики обучения физике
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический университет»

Научный руководитель:

доктор педагогических наук, профессор
Даммер Манана Дмитриевна

Официальные оппоненты:

Шаповалов Анатолий Андреевич, доктор педагогических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», профессор кафедры физики и методики обучения физике
Коцеева Елена Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», доцент кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет
им. В. Н. Татищева»

Защита состоится «14» июня 2024 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 33.2.024.01, созданного на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» по адресу: 620091, г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, д. 26, ауд. 318.

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 «24» апреля 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Воронина Людмила Валентиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Значимость решения проблемы подготовки будущих учителей к применению компьютерного моделирования в обучении обусловлена его ролью в обеспечении качественного и современного образования учащихся средней школы. Этот метод включен в программу школьного курса информатики еще в начале 2000-х. Требования к результату его освоения при изучении информатики определены ФГОС среднего общего образования. Касательно естественных наук, в том числе физики, этот метод в разделе требований к результатам обучения не представлен. В связи с этим основы компьютерного моделирования физических процессов могут осваиваться учащимися либо в системе дополнительного образования, либо в рамках курсов внеурочной деятельности по предмету (при их наличии). В основном курсе физики используются, как правило, «готовые» компьютерные модели и преимущественно в качестве средства обучения. Акцент ставится в большинстве случаев на реализацию их объяснительно-иллюстративного функционала (А. М. Зимин, В. А. Стародубцев). Возможности компьютерных моделей как инструмента познания остаются вне поля зрения обучающихся, что не обеспечивает необходимой полноты их представлений о системе методов современной науки.

Проблеме применения при обучении физике в средней школе компьютерного моделирования (англ. «computer simulation») и «готовых» компьютерных моделей, для обозначения которых в контексте изложения тоже может быть использован термин «компьютерная симуляция» (КС), посвящен целый ряд диссертационных исследований (И. М. Нуркаева, 1999; Н. Б. Розова, 2002; А. И. Ходанович, Е. С. Кошечева, О. Е. Макарова, 2003; А. А. Финагин, 2004; Л. Х. Умарова, 2005; М. И. Старовиков, 2006; Р. А. Матвеев, 2008; Е. А. Кириченко, 2011; О. В. Заковряшина, С. Б. Рыжиков, 2014; Л. В. Тищенко, 2018). Авторами анализируется потенциал «готовых» КС как средства обучения, рассматриваются их возможности для проведения компьютерных экспериментов, обсуждается проблема формирования исследовательских умений учащихся в области компьютерного моделирования.

Внедрение результатов ранее выполненных исследований в предметное обучение зависит от профессиональной готовности учителя физики к работе в данной сфере деятельности. Проблема формирования этой готовности обсуждается в диссертационных работах О. В. Оськиной (2000), Р. Ф. Маликова (2005), С. Е. Попова (2006), И. И. Хинича (2011), В. А. Белянина (2012), Д. Ф. Тергулова (2017). Авторами рекомендуется строить обучение в рамках дисциплин и курсов общей и теоретической физики. Лишь в отдельных работах с этой целью исследуются возможности дисциплин методического цикла (Н. А. Оспенников, 2007; С. А. Смирнов, 2009; Е. С. Шестакова, 2010, И. В. Ильин, 2013).

Анализ результативного опыта включения компьютерного моделирования в предметное обучение в средней школе позволяет утверждать, что его успешность определяется комплексным освоением учителем физики *методологической, инструментально-технологической и предметно-методической* составляющих применения этого метода. Важными для учителя являются не только приобретен-

ный в вузе в ходе освоения фундаментальных дисциплин опыт использования КС как метода познания, но и готовность к его последующей адаптации при организации учебной работы школьников. Основу успешности этой адаптации составляет освоение учителем *методологии проектирования учебной практики* с применением КС, так как именно этот инструментарий обеспечивает необходимый уровень его профессиональной самостоятельности и открывает возможности для творчества в организации обучения. Однако, как отмечается в работах Н. Л. Коршуновой, Е. В. Титовой и др., значимые для подготовки будущего учителя *методологические аспекты проектирования педагогической практики* и сопровождающих ее средств пока не получили должного внимания в педагогической науке. Это имеет место и в научно-методических исследованиях, в том числе связанных с практикой применения КС в обучении физике.

Предмет методологии педагогической практики связывается с рассмотрением принципов, способов и норм применения научного знания (специального, педагогического, методического) в решении задач преобразования учебного процесса по предмету, выявлением обобщенных регулятивов проектирования и реализации этих преобразований (М. С. Бургин, В. И. Журавлев, Е. В. Титова и др.).

Результатом освоения будущим учителем методологии педагогической практики в какой-либо ее области является его *профессиональная методологическая компетенция* (ПМК), которая определяется в настоящем исследовании как *готовность к самостоятельной продуктивной деятельности по проектированию образовательного процесса на основе современного научно-педагогического знания*. Применительно к проектированию учебного процесса по физике с использованием КС эта компетенция приобретает конкретное предметно-ориентированное содержание.

Важность реализации методологической направленности подготовки будущих учителей в области проектирования учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций определяет актуальность настоящего исследования. Его результаты направлены на разрешение следующих **противоречий**:

– *на научно-педагогическом уровне*: между высоким уровнем значимости компьютерных симуляций как метода научного познания, их эффективностью как средства обучения и сложившейся практикой применения КС в учебном процессе в средней школе, не обеспечивающей должный уровень полноты реализации их методологических и дидактических функций;

– *на научно-методическом уровне*: между необходимостью и возможностью освоения студентами основ методологии проектирования учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций, реализующего их функции как метода познания и средства обучения, и отсутствием методики их методологической подготовки к этой деятельности.

На основе анализа этих противоречий определена **проблема исследования**: как обеспечить методологическую подготовку будущих учителей к самостоятельному проектированию учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций, ориентированного на комплексную реализацию в учебной практике их функций как метода познания и средства обучения?

Актуальность поставленной проблемы послужила основанием для выбора **темы диссертационного исследования:** «*Методологическая направленность подготовки будущих учителей к применению компьютерных симуляций при обучении физике в средней школе.*».

Объект исследования: процесс подготовки будущих учителей по методике обучения физике.

Предмет исследования: методологическая направленность подготовки будущих учителей к проектированию учебного процесса по физике в средней школе с применением компьютерных симуляций.

Цель исследования: научное обоснование, разработка и апробация методической системы методологической подготовки будущих учителей к проектированию практики применения в обучении физике в средней школе компьютерных симуляций.

Гипотеза исследования: методологическая подготовка будущих учителей к проектированию практики применения в обучении физике в средней школе компьютерных симуляций будет результативной, если методическая система этой подготовки в качестве факторов (целевого, функционального, структурно-организационного), определяющих содержание и отношения ее элементов, включает:

– самостоятельную проектную деятельность студентов, реализуемую на основе продуктивного обучения как технологии освоения профессионального опыта в рассматриваемой области педагогической практики;

– освоение студентами комплекса методологических регулятивов проектной деятельности, определяющих направления поиска и применения специального научного и научно-методического знания в области разработки и использования в учебном процессе по физике компьютерных симуляций как *объекта* и *метода* познания, как *средства* обучения;

– реализацию междисциплинарных связей фундаментальной и методической составляющих предметной подготовки студентов по профилю обучения как необходимого условия системного подхода к формированию у них опыта компьютерного моделирования и адаптации практики его применения при проектировании учебного процесса по физике с использованием компьютерных симуляций.

Задачи исследования:

1. Дать характеристику актуального состояния проблемы подготовки будущих учителей к применению компьютерных симуляций в учебном процессе по физике в средней школе. Обосновать необходимость обеспечения методологической составляющей этой подготовки как важного фактора ее результативности.

2. Разработать компоненты содержания методологической подготовки студентов к проектированию практики применения в обучении физике компьютерных симуляций и средств ее дидактического обеспечения.

3. Определить теоретико-методологические подходы к построению методической системы методологической подготовки будущих учителей физики к применению компьютерных симуляций в обучении.

4. Разработать методическую систему методологической подготовки студентов в рассматриваемой области педагогической практики и базовые компоненты технологии ее реализации.

5. Разработать методику диагностики уровня готовности студентов к проектированию практики применения КС в обучении физике в средней школе. Дать оценку результативности методической системы методологической подготовки будущих учителей в данной области профессиональной деятельности.

Теоретико-методологические основы исследования: основы методологии компьютерного моделирования (А. А. Самарский, Ю. П. Попов, Б. Я. Советов); основы теории и методики обучения компьютерному моделированию в курсе информатики средней школы (К. Ю. Поляков, И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер); научно-методические подходы в области обучения компьютерному моделированию физических процессов (Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев, В. В. Лаптев, В. С. Козел, С. Е. Попов, А. И. Ходанович); теоретические аспекты разработки и применения в обучении физике компьютерных симуляций (Д. В. Баяндин, С. М. Козел, А. С. Кондратьев, В. В. Ларионов, Е. В. Оспенникова, М. И. Старовиков, В. А. Стародубцев, Н. К. Ханнанов, А. С. Чирцов); основы методологии педагогики, включая методологию педагогической практики (М. С. Бургин, М. А. Данилов, Н. Л. Коршунова, В. В. Краевский, Н. А. Лызь, Н. С. Пурышева, Е. В. Титова), методологии проектирования педагогического процесса (Ю. В. Громько, Н. А. Колесникова, А. М. Новиков, Ю. Г. Татур, А. Н. Ходусов) и педагогической инноватики (В. И. Загвязинский, М. В. Кларин, А. П. Усольцев, Т. Н. Шамало); основы технологии продуктивного обучения (М. И. Башмаков, И. Бем, Й. Шнайдер); основы теории и методики организации познавательной деятельности учащихся при изучении физики (М. Д. Даммер, Е. В. Оспенникова, Н. С. Пурышева, Ю. А. Сауров, А. В. Усова, Т. Н. Шамало, А. А. Шаповалов, Н. В. Шаронова).

Методы исследования. *Эмпирические:* экспертная оценка и комплексный анализ учебных КС цифровой образовательной среды; сравнительный анализ опыта работы учителей физики средних школ в применении КС в обучении и результатов этой работы; изучение данных экспериментальных педагогических исследований; опытно-поисковая работа; систематизация и обобщение педагогических фактов. *Теоретические:* контент-анализ философской, специальной научной, психолого-педагогической, учебной и научно-методической литературы, апробированных подходов к обучению и его теоретических моделей, противоречий теоретического знания; выдвижение гипотез и педагогическое моделирование; методы статистической обработки данных опытно-поисковой работы (t-критерий Стьюдента, коэффициент корреляции Пирсона, тест Шапиро-Уилка).

Экспериментальная база и этапы исследования. Опытно-поисковая работа выполнена на базе физического факультета и факультета информатики и экономики Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета и Лаборатории ЦОР и педагогического проектирования ПГГПУ. На первом этапе (2012–2016 гг.) был проведен анализ специальной научной, психолого-педагогической и научно-методической литературы по проблеме исследования. Выявлены противоречия теории и практики подготовки студен-

тов к применению в обучении физике компьютерных симуляций. Выдвинута идея и разработана стратегия исследования. Сформирован его научный аппарат, определены теоретико-методологические основы. Составлен план опытно-поисковой работы (ОПР), подготовлен и осуществлен ее констатирующий этап. *На втором этапе* (2016–2019 гг.) разработаны концептуальная модель и методическая система методологической подготовки студентов к проектированию учебного процесса по физике с применением КС. Определены базовые составляющие технологии ее реализации и их содержание. Разработана технология диагностики уровня профессиональной методологической компетенции студентов в области проектирования учебного процесса по физике с применением КС. Реализован поисковый этап ОПР, выполнены апробация методики и технологии обучения и их частичная корректировка. *Третий этап* (2019–2023 гг.) исследования связан с проведением формирующего экспериментального обучения. На основе анализа и обобщения его результатов сформулированы выводы касательно выдвинутой гипотезы исследования и его основных положений. Определены направления практического использования результатов исследования.

Научная новизна исследования:

1. В отличие от исследований, связанных с обучением будущих учителей компьютерному моделированию при освоении дисциплин общей, теоретической и вычислительной физики (Р. Ф. Маликов, С. Е. Попов, И. И. Хинич, В. А. Белянин, Д. Ф. Терегулов), и исследований, в которых в рамках дисциплин методического цикла рассматривались вопросы подготовки студентов к созданию и применению при обучении физике в средней школе компьютерных симуляций конкретного дидактического назначения (Н. А. Оспенников, Е. С. Шестакова, И. В. Ильин), в настоящей работе впервые поставлена и решается проблема методологической подготовки студентов к самостоятельному проектированию практики применения в курсе физики средней школы компьютерных симуляций как *объекта* и *метода* познания, как *средства* обучения.

2. Определены системообразующие факторы построения модели методической системы методологической подготовки: а) *организация продуктивного обучения* студентов основам методологии проектирования компьютерных симуляций и практики их применения в учебном процессе по физике; б) *использование комплекса методологических регулятивов проектной деятельности*, определяющих ее общую стратегию, содержание, структуру и логику; в) *реализация* междисциплинарных связей фундаментальной и методической составляющих предметной подготовки на основе дисциплинарно-распределенной программы обучения будущих учителей в области методологии разработки и применения компьютерных симуляций в обучении физике в средней школе.

3. Разработана и теоретически обоснована методическая система методологической подготовки будущих учителей проектированию учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций. Содержание составляющих системы (*целей, содержания, методов и средств обучения, форм занятий*) определено в соответствии с выявленными факторами построения ее модели, что обеспечивает направленность этой системы на формирование *профессиональ-*

ной методологической компетенции студентов в проектировании практики применения КС в учебном процессе по физике как *объекта* и *метода* познания, как *средства* обучения.

4. Разработаны базовые компоненты технологии продуктивного обучения (PL – от англ. Productive Learning), а именно: определены *субъекты* PL, его *цели* в отношении объекта проектирования (КС учебного физического эксперимента), *содержание* и *этапы* обучения. Деятельностную основу освоения содержания обучения составляют: а) *система продуктивных актов* (концептуальных, процессуальных) проектирования образовательного продукта (авторской компьютерной симуляции и практики ее применения в обучении физике); б) *комплекс методологических регулятивов* (структурно-системных, структурно-содержательных и структурно-процессуальных) как объектов познания и инструментов проектной деятельности студентов.

5. Предложена методика диагностики уровня профессиональной методологической компетенции будущих учителей физики в области проектирования педагогической практики, связанной с созданием и использованием компьютерных симуляций в обучении. К критериям оценки уровня ПМК отнесены: а) качество созданного образовательного продукта, б) уровень методологических знаний и умений в их применении при выполнении проекта, в) уровень самостоятельности проектной работы студента. Доказана результативность разработанной методической системы методологической подготовки и технологии ее реализации.

Теоретическая значимость исследования. Результаты исследования вносят вклад в развитие основ теории и методики обучения физике в средней школе и системы научно-методического знания в области профессиональной подготовки будущих учителей физики.

1. Доказана целесообразность методологической подготовки будущих учителей к проектированию практики обучения физике в средней школе с применением компьютерных симуляций. Разработаны компоненты ее содержания:

- модель освоения учащимися компьютерного моделирования (КМ) при изучении курса физики средней школы (базовый и профильный уровни) как *объекта* и *метода* познания, как *средства* обучения;

- структура компьютерного моделирования как метода учебного познания; характеристика уровней его применения в обучении, а именно: выполнение учащимся полного цикла компьютерного моделирования; работа с компьютерной симуляцией, созданной учащимся из базовых элементов учебного конструктора; работа с «готовой» компьютерной симуляцией;

- структура учебного компьютерного эксперимента с «готовой» компьютерной симуляцией, уровни его выполнения соответственно сложности математической модели физического явления;

- система методологических функций учебных КС физических процессов, раскрывающая их возможности как метода познания: *гносеологических* (конструктивных и инструментальных), *интегрирующих* и *регулятивных*;

- система дидактических функций КС, демонстрирующая их возможности в совершенствовании знаний и умений учащихся по физике;
- классификация КС физических процессов в ее уточненной версии (по объекту моделирования, назначению, уровню интерактивности, технологии реализации);
- виды КС учебного физического эксперимента (УФЭ) как объекта моделирования: *учебный компьютерный симулятор лабораторного/натурного эксперимента; учебный виртуальный лабораторный/натурный эксперимент* (симулятор на основе «скрытого» вычислительного эксперимента); *учебный компьютерный вычислительный эксперимент*; состав методологических и дидактических функций компьютерных симуляций УФЭ, особенности разработки и практики применения в обучении КС этого вида.

2. Введено понятие *«профессиональная методологическая компетенция в области проектирования педагогической практики и средств ее дидактического обеспечения»*, раскрыт ее компонентный состав (знать, уметь, владеть) в отношении проектирования практики применения компьютерных симуляций в учебном процессе по физике в средней школе.

3 Уточнено содержание теоретико-методологического базиса продуктивного обучения как составляющей модели методической системы методологической подготовки студентов в рассматриваемой области педагогической практики. Определены соответственно обновленному базису принципы продуктивного обучения (*сущностные, атрибутивные*) и условия его организации.

4. Разработан комплекс методологических регулятивов проектной деятельности, раскрывающих: 1) структуру методов учебного познания (физического эксперимента, компьютерного моделирования физических процессов); 2) обобщенные характеристики КС, принципы и требования к их проектированию; 3) методологические ориентиры предметной дидактики, связанные с применением КС в обучении физике; 4) структуру научно-педагогического знания как теоретико-методологической основы поиска и обоснования проектных решений.

Практическая значимость исследования. Использование результатов исследования в обучении будущих учителей обеспечит их готовность к комплексной реализации в учебном процессе по физике методологических и дидактических функций компьютерных симуляций. Это будет способствовать обновлению практики применения КС в курсе физики средней школы и росту качества подготовки учащихся по предмету. Практико-ориентированные результаты исследования представлены: 1) *дисциплинарно-распределенной программой* обучения основам методологии педагогической практики в рассматриваемой области профессиональной деятельности, базирующейся на реализации междисциплинарных связей фундаментальной и методической составляющих предметной подготовки бакалавров педагогического образования (с двумя профилями: физика, информатика); 2) методическими рекомендациями по реализации технологии продуктивного обучения будущих учителей методологии проектирования учебного процесса по физике с применением КС (на примере компьютерных симуляций УФЭ); 3) базой созданных студентами цифровых учебных моду-

лей, включающих симуляции УФЭ различных видов и дидактические материалы сопровождения. Учебно-методические и дидактические материалы могут быть использованы в преподавании методических дисциплин в педагогическом вузе и в обучении физике в школе, включая внеурочную деятельность по предмету.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечены: углубленным и всесторонним анализом его проблемы, опорой на современные теоретико-методологические основы ее разработки; применением методов, соответствующих задачам и цели исследования; тщательностью планирования и организации опытно-поисковой работы, воспроизводимостью результатов ОНР и оценкой их значимости на основе методов математической статистики; признанием педагогическим сообществом результатов и выводов исследования.

Апробация и внедрение результатов исследования осуществлялись в ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет». Результаты исследования представлены на конференциях и симпозиумах *международного уровня*: «Электронные ресурсы в непрерывном образовании» (Ростов н/Д., 2012, 2015, 2018); «Физика в системе современного образования» («ФССО-2013», Петрозаводск, 2013); «Физика в системе современного образования» («ФССО-2015», СПб., 2015); «Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития» (Москва, 2013, 2015); «Преподавание естественных наук, математики и информатики в вузе и школе» (Томск, 2018); «Научные исследования» (Пенза, 2023); *всероссийского уровня*: «Интеллектуальный капитал и инновационное развитие общества, науки и образования» (Пенза, 2019); «Актуальные вопросы современной науки и образования» (Пенза, 2021).

Положения, выносимые на защиту:

1. Высокий образовательный потенциал и разнообразие функций учебных компьютерных симуляций являются основанием их включения в состав осваиваемых учащимися методов учебного познания и дидактических средств обеспечения учебного процесса по физике в средней школе. Применение компьютерных симуляций в учебной практике в соответствии с их функционалом как *объекта* и *метода* познания, как *средства* обучения станет успешным при условии целенаправленной подготовки будущих учителей физики в этой области профессиональной деятельности.

2. Результативность этой подготовки обеспечивается за счет освоения студентами основ *методологии проектирования практики* обучения физике с применением компьютерных симуляций. Целью реализации такого подхода является формирование у будущих учителей физики в этой области деятельности *профессиональной методологической компетенции* – готовности к самостоятельной продуктивной деятельности по проектированию образовательного процесса на основе современного научно-педагогического знания.

3. Теоретико-методологический базис построения модели методической системы методологической подготовки будущих учителей физики в рассматриваемой области педагогической практики составляют: концепция продуктивного обучения, основы методологии проектирования педагогической практики

применения КС в обучении и основы дидактики междисциплинарных связей (МДС) как условия реализации принципов научности и системности в обучении.

Системообразующими факторами, определяющими специфику и взаимосвязь элементов методической системы (ее *целей, содержания, методов, средств и форм организации*) являются: а) обучение студентов на основе *персонального опыта продуктивной деятельности* по разработке КС и проектированию практики их применения на занятиях по физике в средней школе; б) использование в обучении *комплекса методологических регулятивов*, раскрывающих содержание, структуру, логику проектирования учебного процесса по физике с применением КС и направления поиска проектных решений на основе современного научно-методического знания; в) опора на *междисциплинарные связи фундаментальной и методической составляющих предметной подготовки* будущих учителей в области компьютерного моделирования, реализуемые на основе дисциплинарно-распределенной программы обучения и определяющие вклад в данную подготовку каждой из включенных в эту программу дисциплин.

4. Технология продуктивного обучения рассматривается как «процессуальная подсистема» методической системы методологической подготовки студентов. Организация продуктивного обучения целесообразна в рамках одной из учебных дисциплин методического цикла на завершающем этапе обучения в вузе. Программа этой дисциплины должна быть интегрирована в исполняемые проекты и представлена *системой концептуальных и процессуальных* актов проектной деятельности. Их состав и содержание, этапы выполнения формируются с ориентиром на: а) создание востребованного в практике обучения физике *образовательного продукта* (компьютерной симуляции физического процесса, цифровых дидактических материалов ее сопровождения, проекта учебного занятия с применением КС); б) овладение *методологическим инструментарием и опытом проектной деятельности* на его основе в области разработки и применения компьютерных симуляций в обучении физике в средней школе.

5. На основе разработанной методики диагностики профессиональной методологической компетенции будущих учителей в области проектирования учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций доказана результативность предложенной методической системы их методологической подготовки в этой области педагогической практики, обеспечена статистическая достоверность результатов обучения.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 180 источников, и 3-х приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы исследования, определены его цель, объект, предмет, раскрывается основная идея и формулируется гипотеза, указаны задачи и методы их решения, обозначены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе «*Теоретические аспекты содержания подготовки будущих учителей физики к разработке и применению в обучении компьютерных симуляций*» рассматриваются научно-методические основы проектирования содержания обучения будущего учителя физики применению в учебном процессе по предмету компьютерного моделирования (КМ).

В исследовании установлено, что изучение студентами метода компьютерного моделирования в рамках фундаментальных дисциплин учебного плана не является достаточным для его успешного применения при обучении физике в средней школе. Необходимы знания и опыт в области методологии проектирования педагогической практики, связанной с включением этого метода в учебную деятельность школьников. Эта задача решается в преподавании дисциплин методического цикла. Методика обучения учащихся этому методу, по мнению А. И. Ходановича, должна стать составной частью методики обучения физике.

На основе анализа сущности метода компьютерного моделирования в современной философии и методологии науки уточнены научно-методические основы его применения в обучении: а) место и роль в учебном процессе по физике в средней школе; а) структура КМ как метода учебного познания; б) методологические и дидактические функции КС. Построена модель освоения учащимися этого метода при изучении курса физики средней школы. Полученные результаты составили основу определения содержания подготовки будущих учителей к проектированию учебного процесса по физике с применением КС.

Компьютерное моделирование определяется как процесс построения, исследования и использования компьютерной модели изучаемого явления (объекта, процесса). Собственно этап исследования модели обозначается как *компьютерный вычислительный эксперимент (КВЭ)* и может рассматриваться как относительно самостоятельный метод в структуре более сложного метода (С. Е. Попов).

Компьютерное моделирование нельзя отнести напрямую ни к методам теоретического познания, ни к классическому эксперименту. Речь идет о *гибридной форме научного метода*, который применяется в работе симулятора вычислительной машины, а именно о *смешении теоретической концепции и эксперимента над математической моделью, эту концепцию реализующей* (Й. Ленхард). Результативно применение КМ и при проведении эмпирических исследований, а также в области научно-технической деятельности.

Является важным вопрос о структуре компьютерного моделирования. При единстве понимания исследователями сути данного метода их позиции о составе и иерархии его инвариантных элементов различны. В рамках настоящего исследования на основе анализа и обобщения имеющихся подходов к решению этого вопроса предложена уточненная структура метода КМ в его учебной версии (рис. 1). Уточнена структура отдельных этапов КМ и подготовлен комментарий, ориентирующий учителя в направлениях анализа их содержания. В описании метода обозначены его *конструктивная* и *инструментальная* составляющие.

Анализ структуры и содержания метода компьютерного моделирования составил основу выявления методологических и дидактических функций КС.

Методологические функции КС. Как любой метод научного познания, компьютерные симуляции обладают следующими функциями: 1) *гносеологической* – приобретение знаний об объекте исследования (его структуре, свойствах, законах развития и взаимодействия): а) конструктивной (прогностической, эвристической); б) инструментальной (вычислительной, репрезентативной); 2) *интегрирующей* – объединение и применение в комплексе методов и технологий исследования, применяемых: а) на разных уровнях познания (эмпирическом, теоретическом); б) в разных областях научного знания, а также в разных разделах изучаемой предметной области; 3) *регулятивной* – упорядочивание познавательного процесса: а) ориентация на широкое поле объектов исследования; б) наличие инвариантной структуры метода как ориентировочной основы исследования; г) универсальность базовых технологий реализации метода в решении задач любой области знания; в) формирование банка компьютерных моделей, разработанных на основе разных методов и алгоритмов их реализации, возможность выбора «готовых» КС для решения новых задач. В исследовании раскрыты составляющие методологических функций КС.



Рис. 1. Обобщенная модель компьютерного моделирования

Дидактические функции КС. Учебные КС целенаправленно оснащаются дидактическими функциями. В настоящем исследовании дидактические функции КС представлены в систематизированном и уточненном варианте.

Компьютерные симуляции физических объектов и процессов могут использоваться: 1) как средство наглядности при предъявлении учащимся «готового» знания (эмпирического и теоретического, концептуального и процессуального); 2) как средство освоения элементов «готового» знания; 3) как тренажер для отработки ЗУН; 4) как средство контроля уровня сформированности предметных ЗУН. В работе дана детализация функций каждой группы.

Применение компьютерных симуляций при обучении физике должно быть представлено т р и а д о й : 1) КС как *объект познания* (конкретизация и совершенствование средствами предмета знаний и умений в области компьютерного

моделирования, приобретенных в курсе информатики); 2) КС как *метод познания* (освоение начального опыта применения КС как инструмента познания в решении задач предметной области); 3) КС как *средство обучения* (трансляции предметных знаний и опыта деятельности; формирования ЗУН на основе «готовых» КС, оснащенных методологическим и дидактическим функционалом).

На рисунке 2 приведена модель освоения учащимся метода компьютерного моделирования на *базовом* и *профильном* уровнях обучения. Для разных уровней подготовки реализация указанной триады свойств КС имеет свои особенности в отношении содержания, методов и средств обучения. Жирным шрифтом выделены ее характеристики, доминирующие для каждого профиля.

УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВЕНЬ	СОСТАВЛЯЮЩИЕ МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ	БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ
Объект познания Метод познания Средство обучения	С о д е р ж а н и е	Объект познания Метод познания Средство обучения
	<i>Компоненты образовательной триады КС</i>	
1 2 3 4 5 6	<i>Осваиваемые действия обобщенного плана КС</i>	1 2 3 4 5 6
Репродуктивный Частично-поисковый Исследовательский	М е т о д ы	Репродуктивный Частично-поисковый Исследовательский
	<i>По уровню самостоятельности</i>	
Учебные прикладные задачи для исследования «готовых» КС и полного цикла компьютерного моделирования	С р е д с т в а	Учебные задачи для самостоятельной работы с «готовыми» КС
	<i>Учебные кейсы</i>	
Математические пакеты, среды и языки программирования	<i>Средства компьютерного моделирования</i>	Традиционные офисные пакеты (Excel и др.)
Готовые КС, в том числе их конструкторы		Готовые КС, в том числе простые конструкторы КС
Для организации самостоятельного учебного исследования	<i>Дидактические материалы</i>	Для организации самостоятельной работы с «готовыми» КС
Системная практика применения с целью приобретения учащимися начального опыта использования метода КС	<u>Ф о р м ы</u>	Системная практика применения с целью формирования у учащихся представлений о методе КС
	Уроки разных типов. Лабораторные работы, практикумы Формы внеурочной деятельности	

Рис. 2. Модель освоения учащимися средней школы компьютерного моделирования при обучении физике (компоненты 1–6 обобщенной модели КС показаны на рис. 1)

Модель носит стратегический характер. В выборе методов и средств обучения на любом из его уровней учителем не может игнорироваться индивидуальный подход к организации работы учащихся. Для его реализации определены уровни сложности работы с компьютерной симуляцией: 1) работа с «готовой» КС; 2) работа с КС, созданной из элементов учебного конструктора; 3) выполнение полного цикла компьютерного моделирования. Раскрыто содержание работы учащихся на каждом из уровней. Дополнительно разработан обобщенный план выполнения *компьютерного эксперимента* в двух вариантах его реализации (для 1–2-го и для 3-го уровней). Определены особенности выполнения эксперимента с «готовыми» КС, математическая модель физического явления которых недоступна пониманию учащихся.

Наибольшую ценность в обучении имеют КС, обладающие в комплексе развитым методологическим и дидактическим функционалом. Такие КС представляют собой многоуровневую систему взаимосвязанных моделей: 1) модель

физического явления (объекта или процесса); 2) модель деятельности учащихся по изучению (или исследованию) этого явления; 3) модель управления учебной деятельностью, с учетом уровня ее самостоятельности. На основе КС с комплексным функционалом осуществляется методологическая подготовка учащихся в области компьютерного моделирования и успешно решается целый ряд дидактических задач, связанных с совершенствованием их предметных ЗУН.

В настоящем исследовании рассматриваются компьютерные модели, в которых объектом симуляции является учебный физический эксперимент (УФЭ). Этот выбор связан с наличием у физического и компьютерного экспериментов ряда общих признаков, тесной взаимосвязью данных методов познания, а также возможностью применения симуляций этого вида как дополнительного (цифрового) средства освоения учащимися методологии физического эксперимента.

Для учителя представляет интерес знание видов компьютерных симуляций УФЭ. Уточненный в исследовании состав этих видов включает: 1) учебный компьютерный симулятор лабораторного эксперимента (УКСЛЭ); 2) учебный виртуальный лабораторный эксперимент (УВЛЭ) (симулятор на основе «скрытого» вычислительного эксперимента); 3) учебный компьютерный вычислительный эксперимент (УКВЭ). В работе дана характеристика этих симуляций УФЭ, раскрыты особенности их разработки и применения в обучении. Предложены разные режимы работы учащихся с КС вида УВЛЭ, совмещающими в себе симулятор физического эксперимента и вычислительный эксперимент.

На основе представлений об общей системе функций КС уточнены *методологические функции* компьютерных симуляций УФЭ. Их демонстрация учителем обеспечивается за счет видового разнообразия симуляций этого вида.

Соответственно, конкретизирована система *дидактических функций* симуляций УФЭ. На этой основе определены их целевые системы: 1) ориентированные на разные познавательные цели экспериментального исследования; 2) предназначенные для «замещения» УФЭ отдельных видов; 3) используемые в качестве тренажеров экспериментальной подготовки учащихся; 4) применяемые как средство развития их исследовательских умений.

Важным является понимание негативных последствий применения в обучении компьютерных симуляторов УФЭ. Их состав, обозначенный в исследовании, однозначно определяет статус КС УФЭ в учебном процессе как *дополнительного* к лабораторному физическому эксперименту дидактического средства.

На основе анализа методологических и научно-методических аспектов применения при обучении физике в средней школе метода компьютерного моделирования сформулирован комплекс типовых методических задач, которые должен уметь решать будущий учитель физики в ходе реализации рассмотренной выше модели освоения учащимися данного метода. Обучение студентов разработке и применению в учебном процессе по физике авторских компьютерных симуляций может рассматриваться как одно из эффективных направлений их профессиональной подготовки к решению этих задач.

Во второй главе «*Продуктивное обучение как средство формирования профессиональной методологической компетенции будущего учителя физики*

в проектировании и применении в обучении компьютерных симуляций» раскрыты теоретико-методологические основы построения методической системы подготовки студентов к самостоятельному проектированию учебного процесса по физике с применением КС, определено ее содержание, дана характеристика базовых составляющих технологии обучения.

Методологическая направленность этой подготовки связывается с формированием у будущих учителей физики *профессиональной методологической компетенции (ПМК) в проектировании учебного процесса с применением КС*. В исследовании определено понятие этой компетенции (с. 4) и раскрыт ее компонентный состав относительно практики применения компьютерных симуляций при обучении физике в средней школе (схема 1).

ПМК: готовность к самостоятельной продуктивной деятельности по проектированию учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций

З н а т ь

- основы методологии компьютерного моделирования физических процессов, место и роль данного метода в структуре научного познания, его взаимосвязь с физическим экспериментом;
- основы методологии проектирования педагогической практики, связанной с разработкой и использованием компьютерных симуляций в учебном процессе по физике в средней школе (на базовом и профильном уровнях).

У м е т ь

- отбирать «готовые» учебные компьютерные симуляции для применения в учебном процессе по физике с целью совершенствования практики усвоения предметного знания и формирования у учащихся представлений о компьютерном моделировании как методе познания и его основных методологических функциях;
- формировать содержание и осуществлять выбор методов и средств обучения компьютерному моделированию физических процессов, строить обучение с применением разных форм организации учебных занятий;
- применять языки и технологии программирования, математические пакеты, редакторы разных видов с целью создания учебных компьютерных симуляций и цифровых средств их дидактического сопровождения; использовать средства интеграции КС и цифровых материалов их дидактического сопровождения в единый электронный образовательный ресурс (ЭОР);
- выполнять анализ качества созданного ресурса.

В л а д е т ь

- опытом проектирования учебных компьютерных симуляций физических процессов (на примере симуляций одного из видов);
- опытом проектирования цифровых дидактических материалов для сопровождения самостоятельной работы учащихся с «готовыми» компьютерными симуляциями и выполнения полного цикла компьютерного моделирования физических процессов;
- опытом проектирования учебного процесса по физике в различных организационных формах с применением компьютерных симуляций в рамках основного учебного курса (базовый и профильный уровни) и курсов внеурочной деятельности.

Схема 1

Подход к формированию ПМК будущего учителя базируется на идее продуктивного обучения. В исследовании уточнен его теоретико-методологический базис, в состав которого включены: *теории* развивающего обучения, *концепции* средо-ориентированного обучения и социально-профессионального самоопределения, *подходы* деятельностный, конструктивистский, личностно-ориентированный, коммуникативный, полисубъектный (диалогический), контекстный, компетентностный, стратегический. На этой основе построена модель продуктивного обучения, в составе которой уточнены его цели, основные положения, принципы (*сущностные, атрибутивные*) и условия организации.

Обновленная модель PL, комплекс методологических регулятивов проектной деятельности, опора на связи (содержательные, операционные) фундаментальных и методических дисциплин, обеспечивающих обучение студентов компьютерному моделированию, составили основу разработки базовых элементов методической системы их методологической подготовки к проектированию

практики применения КС в обучении физике в школе. Определены ее цели, содержание, методы и средства, формы учебных занятий.

Цели обучения имеют комплексный состав, в котором в качестве ведущей определено формирование *профессиональной методологической компетенции* будущих учителей в области разработки компьютерных симуляций и проектирования практики их применения при обучении физике в средней школе.

Содержание обучения включает пять модулей: 1) учебный эксперимент в курсе физики средней школы; 2) компьютерное моделирование в учебном процессе по физике в средней школе; 3) основы методологии педагогического проектирования практики применения в обучении физике компьютерных симуляций; 4) инструменты и технологии разработки КС; 5) экспертиза ЭОР. На их основе сформирована *дисциплинарно-распределенная программа* обучения, в которой определяется вклад дисциплин учебного плана (фундаментальных, методических) в ее реализацию. Программа ориентирована на обеспечение содержательных и операционных связей фундаментальных и методических дисциплин предметной подготовки будущих учителей физики как важного условия системного подхода к формированию рассматриваемой ПМК.

Обучение включает две стадии: фундаментальную и методическую. Вторая стадия представлена *базовым* и *завершающим* этапами. Продуктивное обучение, ориентированное на освоение студентами основ методологии проектирования педагогической практики с применением КС, организуется на завершающем этапе обучения (9–10 семестры) в рамках 1-й или 2-х методических дисциплин. Программы дисциплин определяются содержанием 2-го и 3-го учебных модулей. Учебный материал интегрируется в исполняемые проекты и осваивается в ходе их выполнения. Результатами обучения являются созданный студентом образовательный продукт и достигнутый уровень профессиональной методологической компетенции в этой области педагогической практики.

Система *методов и средств обучения* определяется составом источников информации среды профессиональной (квазипрофессиональной) деятельности и принципами продуктивного обучения. Методы обучения определены как способы дидактической поддержки самостоятельной работы с источниками информации среды PL. В исследовании применительно к практике продуктивного обучения раскрыто содержание педагогических стратегий данной поддержки: активизации, проблематизации, ориентирования, содействия, сопровождения, оптимизации, интенсификации, приобщения и обогащения (по В. В. Игнатовой).

Основным средством реализации *стратегии сопровождения* проектной деятельности, определяющим успешность методологической подготовки студентов в рассматриваемой области педагогической практики является комплекс методологических регулятивов (*принципов, структур, конструктов, схем* и прочих разновидностей обобщенных ориентиров) проектирования и применения учебных компьютерных симуляций в обучении (схема 2).

Основу построения комплекса регулятивов составляют: 1) методология деятельности предметной области знания (физики), для обеспечения (сопровождения/замещения) которой создается КС (*группа 1*); 2) методология разработки

КС с учетом разнообразия относящихся к предметной области их типов и видов (*группа 2*); 3) методология проектирования педагогической практики по физике с применением КС (*группа 3*); 4) методология смежных наук, результаты которых применяются в преобразовании предметной практики обучения (*группа 4*).

Методологические регулятивы проектирования практики применения КС УФЭ в обучении физике в средней школе

Группа 1	Группа 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. Компьютерные симуляции в системе методов и уровней научного познания: <ul style="list-style-type: none"> • структурные элементы метода компьютерного моделирования, экспериментального и теоретического методов исследования явлений природы и их взаимосвязь; • место компьютерного моделирования в общем цикле научного познания; • структура научного поиска на эмпирическом уровне познания и место КВЭ в этой структуре. 2. Обобщенная модель компьютерного моделирования как метода учебного исследования. 3. Обобщенная модель выполнения учебного компьютерного эксперимента на основе: <ul style="list-style-type: none"> • полного цикла моделирования (<i>вариант 1</i>); • работы с «готовой» компьютерной симуляцией (<i>вариант 2</i>). 4. Обобщенная модель физического эксперимента как метода учебного исследования. 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Обобщенные характеристики учебных компьютерных симуляций УФЭ. 6. Проектирование пользовательского интерфейса компьютерных симуляций УФЭ: <ul style="list-style-type: none"> • требования к пользовательскому интерфейсу учебной компьютерной симуляции; • принципы проектирования интерактивных компьютерных симуляторов УФЭ с реалистичным интерфейсом.
Группа 3	Группа 4
<ol style="list-style-type: none"> 7. Классификация учебных компьютерных симуляций. 8. Научно-методические основы проектирования и применения компьютерных симуляций учебного физического эксперимента (УФЭ). 9. Методологические функции компьютерных симуляций, в том числе симуляций УФЭ. 10. Дидактические функции компьютерных симуляций, в том числе симуляций УФЭ. 11. Дидактические цели учебного физического эксперимента. 12. Модель освоения учащимися компьютерного моделирования как метода познания. 	<ol style="list-style-type: none"> 13. Структура современного научно-педагогического знания и педагогического поиска. 14. Выбор методологического подхода к проектированию педагогической практики. 15. Методология проектировании педагогической практики.

Схема 2

К формам организации продуктивного обучения отнесены: лекции (вводная, обзорная, проблемная, лекция-консультация, обобщающая лекция), практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа, формы коллаборативного обучения, научно-практическая конференция/семинар (по выбору).

Разработаны базовые компоненты технологии реализации методической системы методологической подготовки как совокупности конкретизаций ее составляющих: *целей и субъектов процесса обучения, содержания* учебного материала, последовательности *этапов* его освоения студентами и действий преподавателя на этих этапах, *средств обучения и диагностики* его результатов.

К субъектам обучения относятся: 1) студенты; 2) ведущий преподаватель, преподаватели дисциплин, включенных в систему реализации МДС программы обучения; 3) сотрудники научно-методической лаборатории, на базе которой организуется обучение (при наличии); 4) представители заказчика; 5) приглашенные специалисты в области разработки ЭОР; 6) учителя и учащиеся средних школ.

Содержание продуктивной деятельности студентов определяется особенностями объекта проектирования. В исследовании сформулированы требования к выбору такого объекта, определяющими среди которых являются его значимость и востребованность в практике обучения физике. В качестве объекта проектирования избран *цифровой учебный модуль*, включающий: 1) интерактивную компьютерную симуляцию УФЭ (видов УКСЛЭ и УВЛЭ) (рис. 3); 2) систему

цифровых дидактических материалов сопровождения КС; 3) проект учебного занятия с ее применением (*базовый уровень обучения физике*).

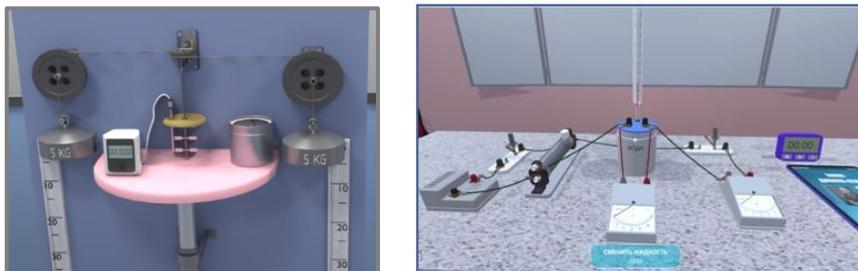


Рис. 3. Компьютерные симуляторы: Опыт Джоуля, «Опыт Джоуля-Ленца» (проекты студентов, ПГГПУ, 2021, 2022 гг.)

В исследовании реализован *уровневый подход* к формированию студентами структуры объекта разработки, выбору и использованию компьютерных технологий его создания (3D-редакторов, сервисов, сред и языков программирования).

Разработано содержание *этапов выполнения проекта*: 1) анализ проблематики РЛ, определение объекта проектирования; 2) предпроектное исследование объекта; 3) проектирование пользовательского интерфейса КС; 4) разработка дидактических материалов к модулю; 5) реализация интерактивного функционала элементов модуля и их сборка в единую систему; 6) создание веб-версии модуля; 7) разработка плана апробации проекта (включая план-конспект учебного занятия с применением КС) и его реализация; 8) подведение итогов выполнения проекта. На каждом этапе обеспечена взаимосвязь концептуальных и процессуальных актов выполнения проекта, определены актуальные методологические регулятивы проектирования. Предусмотрены разнообразные формы представления промежуточных результатов работы: конспект, аналитический отчет, реферативный обзор, эссе, сообщение, отчет о лабораторной работе, участие в обсуждении/дискуссии, деловая игра, презентация элементов проекта.

Студентам рекомендованы различные формы апробации результатов проектирования: аннотация проекта, публичное выступление, проведение учебного занятия в школе, публикация, участие в конкурсах, регистрация ресурса.

В третьей главе «Организация и результаты опытно-поисковой работы» раскрываются цель, задачи и этапы опытно-поисковой работы (ОПР), представлены ее результаты. Исследование проводилось в период с 2016 по 2021 гг. на базе Пермского государственного педагогического университета. В работе приняли участие 99 студентов 4-го и 5-го курсов, а также преподаватели, сотрудники, инженеры и программисты Лаборатории ЦОР и педагогического проектирования ПГГПУ. По программе исследования обучение проходили три группы студентов: *группа 1* – 32 студента, период обучения 17–19 уч. гг.; *группа 2* – 31 студент, период обучения 19–21 уч. гг. (профили «Физика» и «Информатика») и *группа 3* – 36 студентов, период обучения 19–21 уч. гг. (профиль «Информационные технологии в образовании»).

Задачи ОПР: 1) выполнить в рамках традиционной лекционно-семинарской модели обучения диагностику уровня сформированности компонентов профессиональной методологической компетенции студентов в области создания и применения КС в учебном процессе по физике; 2) оценить результативность влияния разработанной методической системы методологической подготовки на уровень сформированности компонентов ПМК; 3) доказать на разных выборках испытуемых воспроизводимость результата обучения (уровня сформированности ПМК) на основе предложенной методической системы.

На основе анализа структуры ПМК определен состав критериев для ее *поэлементной диагностики*. Выделены 3 группы критериев. Первая группа отнесена с оценкой качества созданного цифрового учебного модуля, включающего компьютерную симуляцию УФЭ; вторая – с уровнем профессиональных методологических знаний и готовности к их применению при проектировании учебных занятий по физике с применением КС; третья – с уровнем самостоятельности продуктивной деятельности по разработке образовательного продукта. Диагностика компонентов ПМК осуществлялась на основе тестирования и экспертной оценки процесса и результатов проектной работы. *Интегральным показателем* результативности обучения является уровень ПМК студента в области создания и применения в обучении физике компьютерных симуляций, определяемый как сумма результатов поэлементной диагностики.

На рисунке 4 приведены данные поэлементной диагностики ПМК (*оценка уровня сформированности методологических знаний и умений*) студентов 1-й и 2-й групп до и после обучения. Показана градация числа испытуемых по количеству набранных баллов соответственно выделенным уровням: начальному ($50 \leq N < 60\%$); достаточному ($60 \leq N < 80\%$); повышенному ($N \geq 80\%$). Расчет t-критерия Стьюдента демонстрирует достоверность различий этих уровней до и после обучения. Для *группы 1* $t_{эмп} = 19,8$ при $t_{кр} = 2,04$ (0,05); для *группы 2* $t_{эмп} = 11,7$ при $t_{кр} = 2,04$ (0,05). Для обеих групп испытуемых $t_{эмп} > t_{кр}$.

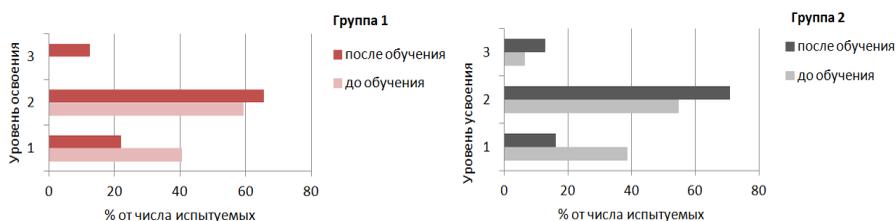


Рис. 4. Результаты диагностики уровня методологических знаний и умений студентов 1-й и 2-й групп. *Уровни:* 1 – начальный, 2 – достаточный, 3 – повышенный

На завершающем этапе обучения на основе данных поэлементной диагностики определялся суммарный балл, характеризующий уровень сформированности ПМК у каждого студента. Оценка уровня ПМК проводилась для трех групп студентов 5-го курса. Аналогичным образом была выполнена градация числа испытуемых по уровню сформированности ПМК: *начальному, доста-*

точному, повышенному. Для доказательства воспроизводимости результатов обучения сравнивались данные, полученные в разные периоды обучения для разных групп испытуемых (1-й, 2-й и 3-й). В таблице ниже приведено распределение студентов этих групп по уровням сформированности ПМК в рассматриваемой области педагогической практики.

Таблица

Результаты итоговой диагностики уровня сформированности ПМК студентов в области разработки и применения КС в обучении физике в средней школе

Уровни ПМК	Группа 1 % испытуемых	Группа 2 % испытуемых	Группа 3 % испытуемых
Начальный ($50 \leq N < 60\%$)	15,6	9,7	19,4
Достаточный ($60 \leq N < 80\%$)	65,6	74,2	61,2
Повышенный ($N \geq 80\%$)	18,8	16,1	19,4

Статистическая обработка результатов обучения осуществлялась на основе t-критерия Стьюдента. Получены следующие значения t-критерия при сравнении уровней ПМК студентов: для групп 1 и 2 $t_{эмп} = 0,1$ при $t_{кр} = 2,14$ (0,05); для групп 1 и 3 $t_{эмп} = 0,5$ при $t_{кр} = 2,14$ (0,05); для групп 2 и 3 $t_{эмп} = 0,6$ при $t_{кр} = 2,14$ (0,05). Для всех случаев сравнения $t_{эмп} < t_{кр}$. *Принимаемая гипотеза: H_0* – различия средних значений исследуемого признака в выборках обусловлены только статистическим разбросом, в пределах этого разброса средние значения признака можно считать одинаковыми. На этом основании делается вывод об устойчивости (воспроизводимости) результатов обучения, реализуемого на основе предложенной методической системы формирования ПМК студентов.

Дополнительная оценка созданных студентами модулей дана экспертной группой потенциальных потребителей продукта. Выполнен расчет корреляции результатов внутренней диагностики качества созданных студентами цифровых учебных модулей и результатов их внешней экспертизы. Значение коэффициента корреляции Пирсона составило $R = 0,75$.

Результаты опытно-поисковой работы свидетельствуют о результативности разработанной методической системы методологической подготовки студентов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе проведенного исследования получены объективно новые результаты и сформулированы выводы, определяющие направления модернизации профессиональной подготовки будущих учителей физики.

1. Анализ теории и практики подготовки будущих учителей к применению компьютерных симуляций в обучении физике в средней школе свидетельствует о недостаточном внимании к ее методологическим аспектам: рассмотрению функций компьютерного моделирования как метода познания и средства обучения, выявлению общих подходов к проектированию учебного процесса по предмету с учетом реализации этих функций. Обоснована необходимость освоения будущими учителями методологического инструментария проектирования практики применения КС в обучении физике, представленного комплек-

сом *обобщенных ориентиров* этого вида профессиональной деятельности (структурно-системных, структурно-содержательных и структурно-процессуальных) как условия, обеспечивающего ее самостоятельность, результативность и творческий потенциал.

2. Определены компоненты содержания методологической подготовки студентов в данной области профессиональной деятельности: модель освоения учащимися компьютерного моделирования при изучении курса физики средней школы; структура КМ как метода учебного познания и структура компьютерного эксперимента как его составляющая; система методологических и дидактических функций компьютерных симуляций; классификация КС физических процессов, включая классификацию КС учебного физического эксперимента; принципы и требования к проектированию учебных КС, в том числе КС физического эксперимента; комплекс общих регулятивов проектной деятельности (структура педагогического знания, логика выбора методологического подхода к разработке проекта, этапы проектирования педагогической практики).

3. Теоретико-методологическую основу моделирования методической системы методологической подготовки будущих учителей физики к применению компьютерных симуляций в обучении образуют *концепция продуктивного обучения, основы методологии педагогической практики, дидактические основы междисциплинарных связей* как условия реализации принципов научности и системности в организации учебного процесса.

4. Разработана методическая система методологической подготовки будущих учителей в области проектирования практики применения КС при обучении физике в средней школе. Специфика и взаимосвязи элементов этой системы (*целей, содержания, методов, средств и форм обучения*) определяются факторами, обеспечивающими ее целостность и отличительные особенности. К ним относятся: а) *организация самостоятельной продуктивной деятельности* студентов по проектированию практики применения КС в обучении физике, б) сопровождение проектной деятельности *комплексом методологических регулятивов* как обобщенных ориентиров поиска и реализации проектных решений, в) обучение будущих учителей физики проектированию данного вида учебной практики *в рамках дисциплин методического цикла с опорой на связи* (содержательные, операционные) *с дисциплинами их фундаментальной предметной подготовки*.

Разработано содержание базовых компонентов технологии продуктивного обучения студентов проектированию учебного процесса по физике с применением КС. Определены содержание и структура объекта проектирования, востребованного в образовательной практике, – *цифрового учебного модуля*, включающего КС физического эксперимента, систему дидактических материалов сопровождения и проект учебного занятия с применением КС. Содержание программы методической дисциплины, в рамках которой реализуется продуктивное обучение, интегрировано в исполняемые проекты и представлено системой поэтапно выполняемых продуктивных актов (*концептуальных, процессуальных*). Разработан комплекс методологических регулятивов как объект освоения и средство сопровождения проектной работы студентов. Это регулятивы, отра-

жающие: а) структуру методов учебного познания (физического эксперимента, компьютерного моделирования физических процессов); б) обобщенные характеристики компьютерных симуляций, принципы и требования к их проектированию; в) методологические ориентиры предметной дидактики, связанные с применением КС в обучении физике; г) структуру современного научно-педагогического знания как основы поиска и обоснования проектных решений.

5. Оценка результативности предложенной методической системы методологической подготовки связана с определением уровня *профессиональной методологической компетенции* студентов в проектировании практики применения КС в обучении физике. Определен комплекс критериев диагностики уровня сформированности этой компетенции. В опытно-поисковой работе на основе разработанной методики диагностики доказана результативность методической системы методологической подготовки будущих учителей к проектированию учебного процесса по физике с применением компьютерных симуляций.

Основные положения и результаты исследования отражены в **30** публикациях, ниже приведены наиболее значимые работы соискателя.

***Статьи в рецензируемых научных изданиях,
включенных в реестр ВАК МНВО РФ***

1. Антонова, Д. А. Организация самостоятельной работы студентов педагогического вуза в условиях применения технологии продуктивного обучения / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 10. – С. 43–52 (1,19 п.л. / 0,75 п.л.).

2. Антонова, Д. А. Методологические основы продуктивного обучения / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст: непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2020. – № 6. – С. 163–173 (1,28 п.л. / 0,82 п.л.).

3. Антонова, Д. А. Компьютерные симуляции учебного физического эксперимента: методологический и дидактический аспекты применения в обучении / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст: непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2021. – № 6. – С. 13–23 (1,28 п.л. / 1,05 п.л.).

4. Антонова, Д. А. Учебные компьютерные симуляции физического эксперимента / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст: электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 6. – С. 10. – URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31217> (дата обращения: 11.12.2022) (0,56 п.л. / 0,44 п.л.).

5. Антонова, Д. А. Продуктивное обучение: от альтернативной технологии к педагогической концепции и вариативной практике ее реализации / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст: непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2023. – № 6. – С. 17–28 (1,28 п.л. / 0,82 п.л.).

6. Антонова, Д. А. Методическая система продуктивного обучения будущих учителей разработке и применению компьютерных симуляций учебного физического эксперимента / Д. А. Антонова. – Текст: непосредственный // Учебный эксперимент в образовании. – 2023. – № 4 (108). – С. 43–57 (1,37 п.л.).

Статьи, опубликованные в других научных изданиях:

7. Антонова, Д. А. Проектирование и разработка интерактивных учебных моделей по физике средствами Adobe Flash / А. А. Васильченко, Д. А. Антонова. – Текст: непосредственный // Вестник ПГГПУ. Серия: ИКТ в образовании. – Пермь : ПГГПУ, 2012. – Вып.8. – С. 65–76 (0,75 п.л. / 0,63 п.л.).

8. Антонова, Д. А. Продуктивное обучение как технология развития самостоятельности студентов в проектировании учебного процесса и средств обучения физике / Д. А. Антонова. – Текст: непосредственный // Физика в системе современного образования: сб. труд. XII междунар. конф. (ФССО-2015). Т. 2. – СПб.: Изд-во ПетрГУ, 2015. – С. 287–290. (0,25 п.л. / 0,19 п.л.).

9. Антонова, Д. А. Принципы проектирования интерактивных учебных моделей физического эксперимента с применением технологии максимально реалистичного интерфейса / Д. А. Антонова. – Текст: непосредственный // Вестник ПГГПУ. Серия: ИКТ в образовании. – Пермь: ПГГПУ, 2017. – Вып. 13. – С. 64–74 (0,69 п.л. / 0,5 п.л.).

10. Антонова, Д. А. Цифровая трансформация системы образования: проектирование ресурсов для современной цифровой учебной среды как одно из ее основных направлений / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова, Е. В. Спиринов. – Текст: непосредственный // Вестник ПГГПУ. Серия: ИКТ в образовании. – Пермь: ПГГПУ, 2018. – Вып. 14. – С. 5–37 (2,06 п.л. / 1,25 п.л.).

11. Антонова, Д. А. Технология продуктивного обучения как средство формирования профессиональных компетенций будущих учителей физики / Д. А. Антонова. – Текст: непосредственный // Преподавание естественных наук, математики и информатики в вузе и школе: сб. материал. XI междунар. науч.-практ. конф. – Томск: Изд. Томского гос. пед. ун-та, 2018. – С. 87–90. – URL: https://fmcenter.tspu.edu.ru/images/Sbornik_2018_1.pdf (0,25 п.л. / 1,19 п.л.).

12. Антонова, Д. А. Типовые профессиональные задачи как основа организации проектной работы студентов в условиях применения технологии продуктивного обучения / Д. А. Антонова. – Текст: непосредственный // Вестник ПГГПУ. Серия: ИКТ в образовании. – Пермь: ПГГПУ, 2020. – Вып. 16. – С. 5–29 (1,56 п.л. / 1,25 п.л.).

13. Антонова, Д. А. Назначение компьютерных симуляций учебного физического эксперимента / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст: непосредственный // Научные исследования 2023: сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 2 ч. Ч. 2. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2023. – С. 174–179 (0,38 п.л. / 0,25 п.л.).

Учебные издания, монографии:

14. Теория и методика обучения физике в средней школе. Избранные вопросы. Школьный физический эксперимент в условиях современной информационно-образовательной среды: учеб.-метод. пособие / Е. В. Оспенникова, А. Е. Нельзин, Д. А. Антонова [и др.]; Перм. гос. гум.-пед. ун-т. – Пермь, 2013. – 368 с. – Текст: непосредственный (23 п.л. / 3,75 п.л.).

15. Антонова, Д. А. Цифровая трансформация предметной среды обучения: исторический экскурс и современный этап реализации / Д. А. Антонова, Е. В. Оспенникова. – Текст: электронный // Проблемы современного естественнонаучного и математического образования: коллект. моногр. / отв. ред. А. П. Усольцев, Т. Н. Шамало; Урал. гос. пед. ун-т. – Электрон. дан. – Екатеринбург: [б. и.], 2019. – 1 CD-ROM. – Гл. 1. – С. 28–65 (2,37 п.л. / 1,44 п.л.).

Подписано в печать 12.04.2024. Формат 60×84 1/16
Бумага ВХИ. Набор компьютерный. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5.

Тираж 100 экз. Заказ _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «АСТЕР-ДИДЖИТАЛ»

614000, г. Пермь, ул. Пермская, 46.

тел.+7 (342)206-06-86

<http://www.aster.print.ru>