

DOI 10.31483/r-32712

Гундырев Вадим Борисович
Королёва Евгения Николаевна
Лосев Виктор Васильевич
Морозова Тамара Владимировна

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Аннотация: в работе отражены возможности формирования универсальных и профессиональных компетенций инженера при использовании компьютерного моделирования и виртуального эксперимента в системе непрерывного инженерного образования (школа – вуз – магистратура) в процессе преподавания физики.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, виртуальный эксперимент, физическое образование, компетенции, инженерное образование.

Abstract: the article reflects the possibilities of forming universal and professional competencies of an engineer while using computer modelling and a virtual experiments in the system of continuous engineering education (school – university – master's degree) in the process of teaching physics.

Keywords: computer simulation, virtual experiment, physical education, competencies, engineering education.

Как показано в [3, с. 6; 9], инженерное образование подчинено определенной цели, задаваемой внешней по отношению к этой деятельности средой. Цель деятельности по инженерному образованию – формирование компетенций, знаний и умений, позволяющих в дальнейшем вести успешную инженерную деятельность. В аспекте непрерывного инженерного образования компетенции современного инженера задаются государством через профессиональные стандарты (ПС), оформленные в виде приказов Министерства труда и социальной

защиты РФ на основании статьи 195 Трудового кодекса РФ [42]. Согласно Приказу Минтруда РФ от 29 апреля 2013 г. №170н «Об утверждении методических рекомендаций по разработке профессионального стандарта», профессиональный стандарт содержит следующие три, ключевые с точки зрения образования, раздела [33]:

1) общие сведения, описывающие виды и цели профессиональной деятельности;

2) описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт, включающее наименование обобщенных трудовых функций и их декомпозицию с перечислением наименований трудовых функций;

3) характеристику обобщенных трудовых функций с указанием требований к уровню общего и/или профессионального образования и к опыту практической работы с указанием его характера и продолжительности. В раздел также включен перечень основных трудовых действий, обеспечивающих выполнение трудовой функции и необходимые для этого умения и навыки.

Рассмотрим ПС [41] в аспекте необходимости самостоятельного проведения эксперимента и моделирования, в том числе математического и компьютерного. В профессиональном стандарте 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик» [39] среди шести видов экономической деятельности, предполагаемых стандартом и предусмотренных Общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВД), присутствует такой, как «Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук», включающие, согласно классификатору, «фундаментальные исследования, прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» [35]. В стандарте присутствует одна трудовая функция «Проведение аппаратного макетирования и экспериментальных работ по проверке достижимости технических характеристик, планируемых при проектировании радиоэлектронной аппаратуры» и пять трудовых действий в различных трудовых функциях, предполагающих проведение экспериментальных работ. При этом знания и умения, необ-

ходимые для реализации данных трудовых функций также включают в себя требование готовности к экспериментальной работе. Часть этих знаний и умений может быть получена при проведении виртуальных экспериментов. Владение навыками математического и компьютерного моделирования предполагает другая трудовая функция «Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров», которая предполагает умения по осуществлению математического и компьютерного моделирования, работе с программами компьютерного моделирования и планированию порядка проведения моделирования.

В настоящее время согласно Приказу Минтруда России от 29.09.2014 №667н (ред. от 09.03.2017) «О реестре профессиональных стандартов (перечне видов профессиональной деятельности)» [36] имеется 34 группы профессиональных стандартов по различным группам профессиональной деятельности, каждая из которых включает несколько ПС, причём 64 стандарта уже в названии содержат отсылку к инженерной деятельности.

Согласно разделу III «Порядок применения профессиональных стандартов» Правил разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов, профессиональные стандарты применяются: «...б) образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ; в) при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования» [32]. Положительной тенденцией является то, что Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) последнего поколения в соответствии с «Макетом ФГОС ВО по уровню образования бакалавриат» [38] в виде приложения содержат «перечень профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата по специальности...», что существенно отличает их от образовательных стандартов предыдущего поколения. Так, ФГОС «03.03.01 Прикладные математика и физика» (ПМФ) [37] в перечне профессиональных стандартов содержит более ста ПС по таким областям профессиональной деятельности, как «Образование и

наука», «Связь, информационные и коммуникационные технологии», «Финансы и экономика», «Атомная промышленность», «Ракетно-космическая промышленность», «Химическое, химико-технологическое производство», «Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования», «Авиастроение», «Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности». Рассмотренный ранее ПС «инженер радиоэлектронщик» [39] также входит в список соответствия образовательного стандарта. Отметим, что рассматриваемый образовательный стандарт ПМФ является одним из наиболее емких по охвату ПС. Проанализируем ФГОС ВО по направлению подготовки «03.03.01 Прикладные математика и физика» с точки зрения применения виртуального эксперимента и компьютерного моделирования. В разделе 1.11 «Области профессиональной деятельности и сферы профессиональной деятельности, в которых выпускники, ... могут осуществлять профессиональную деятельность» для десяти областей рассматривается возможность профессиональной деятельности, в основе которой лежит «разработка и использование методов математического моделирования и физического эксперимента для решения поставленных задач». Все виды деятельности, предусматривающие умение проводить эксперимент и строить математические модели, могут быть отнесены к инженерным, включая такие виды, как «02 Здравоохранение», в котором предполагается разработка новых приборов, физических методов и т. п., и «40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности», в которых наряду с прикладной инженерной деятельностью предполагается научная деятельность в области фундаментальных разработок. Вид деятельности «08 Финансы и экономика» предполагает умение проводить «...разработку и использование методов математического моделирования и информационно-коммуникационных технологий для социально-экономических приложений». Среди компетенций, которые должны быть сформированы у выпускника, присутствует такая: «ОПК-2. Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объ-

ектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике» [37].

Таким образом, видно, что компьютерное моделирование и виртуальный эксперимент являются объектом, изучение которого обязательно в соответствии с программой бакалавриата и требованиями профессионального стандарта, то есть должны стать частью содержания образования. Вместе с тем, согласно принципу двойного включения [4; 22; 23], экспериментальная деятельность является как объектом изучения, так и – инструментом познания. Компьютерное моделирование и виртуальный эксперимент, внедренные в образовательный процесс, не только существенно расширяют возможности познания законов природы, но и дают, с одной стороны, возможность первоначально познакомиться, а затем и получить навыки работы с этим инструментом, а, с другой – эффективнее удовлетворить требованиям ФГОС, выраженным в универсальных и общепрофессиональных компетенциях. Рассматривая области профессиональной деятельности будущих выпускников в соответствии с ФГОС по направлению «03.03.01 Прикладная математика и физика», видим, что для области «01 Образование и наука» предполагается деятельность в «... различных областях науки, техники, технологии и народного хозяйства, использующих подходы, модели и методы математики, физики, химии, других естественных и социально-экономических наук, а также современные информационные технологии». В п. 1.12 среди типов задач, к которым должны готовиться выпускники, рассматриваются задачи, тип которых «организационно-управленческий в различных областях науки, техники, технологии и народного хозяйства, использующих подходы, модели и методы математики, физики, других естественных и социально-экономических наук и современные информационные технологии (причём к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа выпускники должны готовиться обязательно)» [37].

Вместе с тем, учитывая относительную инерционность механизма формирования, принятия как закона и использования ПС и ФГОС, в которых государство, являясь основным заказчиком в области инженерного образования, выражает свои требования к результату образовательной деятельности, важно учитывать существенно менее инерционные требования, предъявляемые к современному инженеру со стороны инженерных сообществ. В нашей стране такими сообществами являются Ассоциация инженерного образования России (АИОР), Российский союз инженеров (РСИ), Национальная палата инженеров (НПИ) и ряд других.

АИОР в качестве одной из своих целей рассматривает «содействие совершенствованию и развитию в России инженерного образования и инженерной деятельности во всех их проявлениях, относящихся к учебному, научному и технологическому направлениям, включая процессы преподавания, ... оказания широкого спектра образовательных услуг, обеспечения связей с ... наукой» [29]. РСИ среди целей своей деятельности выделяют следующие: «... изучение потребностей инженерного сообщества и проблем, с которыми сталкиваются российские инженеры; экспертная деятельность Союза в подготовке решений, касающихся развития инженерного образования в России; участие экспертов союза в выработке новых стандартов инженерного и технического образования; развитие инженерного дела и изобретательства, ... содействие научно-техническому прогрессу в Российской Федерации ...» [40]. НПИ в большей степени ориентирована на юридическую и экономическую защиту инженеров России, и среди её целей нет ориентированных непосредственно на инженерное образование, но и НПИ рассматривает в своих целях вопросы формирования «...в обществе понимания высокого статуса и роли инженера, как главного действующего лица в процессе создания и реализации инженерных проектов, разработки и внедрения инновационных технологий». В качестве одной из функций своей деятельности, НПИ видит разработку и принятие «Стандарта профессиональной деятельности инженера – документа, устанавливающего требования к уровню знаний и опыту

работы физического лица, необходимых для получения статуса профессионального инженера и осуществления инженерной (инжиниринговой) деятельности и деятельности, смежной с инженерной (инжиниринговой), а также требования к деловой и профессиональной этике, необходимые к соблюдению в процессе осуществления таких видов деятельности» [46]. В самом Стандарте, принятом НПИ, отмечается важная роль непрерывной послевузовской переподготовки инженера. Раздел 5 «Стандарта» отмечает, что «постоянное пополнение знаний и участие в программах непрерывного инженерного образования является обязанностью каждого ... инженера-проектировщика. <...> Прохождение программ непрерывного образования является обязательным условием регулярного возобновления инженерной лицензии. <...>» [34]. Анализ документов инженерных сообществ России показывает их озабоченность вопросами инженерного образования, в том числе непрерывного. Однако, задавая общие требования к инженерам, эти документы не отражают путей достижения целей инженерного образования. Вопросам формирования требований к содержанию образования посвящены рассмотренные выше ФГОС, которые обеспечивают соблюдение качества образования.

Учитывая, что время жизни технологии имеет тенденцию к уменьшению (и ограничено исключительно экономическими соображениями), а время жизни инженера практически неизменно, призыв инженерных ассоциаций к постоянному пополнению знаний и участию в программах непрерывного инженерного образования приобретает особую роль. Существующее мнение, что «...раньше основными общественными ресурсами были предметы, вещи, орудия (предметная составляющая культуры), то сейчас – это люди, а знания (информация) – главный продукт и товар современного производства, основная социальная и экономическая ценность» [27, с. 53], подтверждается принятием «Меморандума непрерывного образования Европейского Союза» (A Memorandum on Lifelong Learning) [28, с. 36]. Меморандум, в частности, утверждает: «...непрерывное образование должно стать главной политической программой гражданского общества, социального единства и занятости» [31]. В качестве одного из ресурсов, позволяющих

реализовать требование непрерывного образования, рассматривается программа e-Learning, призванная массово обеспечить учащихся «условиями для обучения компьютерным технологиям, а также предоставить широкий доступ к ним людям всех возрастов» [31]. Не вызывает сомнения тот факт, что послевузовское образование инженера в области ИКТ (e-Learning) также включает в себя несколько граней, являясь не только процедурой и средством образования, но и объектом изучения, то есть частью содержания образования. Рассматривая это в аспекте виртуального экспериментирования и математического моделирования, отметим, что инженер должен, с одной стороны, изучать новые возможности, предоставляемые ИКТ – новые программы и новое оборудование, существенно расширяющие и углубляющие его инженерный и научный потенциал. С другой стороны, эти же новые возможности позволяют инженеру глубже познавать суть природных процессов, причём, в отличие от вузовского образования, на этом этапе граница между этими двумя направлениями крайне тонка – одни и те же средства ИКТ могут быть использованы как средство *образовательной* деятельности для изучения моделируемого процесса (фактически выступая как ТСО), как объект изучения для дальнейшего научного применения и как средство *научно-исследовательской и инженерной* деятельности для изучения моделируемого процесса. Рассмотрим несколько примеров. Описанная в [13, с. 81] программа моделирования интерференционных колец Ньютона является эффективным образовательным средством, дополняя, или, при необходимости – заменяя реальный эксперимент. Однако её применение как средства научной и инженерной деятельности в силу разных причин ограничено, хотя гипотетически программа может быть использована, например, для подбора линз заданной кривизны или материалов с заданным показателем преломления. Ограниченность программы образовательной деятельностью объясняется, с одной стороны простотой, а с другой – изученностью явления интерференции. Вместе с тем ограниченность в выборе как источников излучения, так и объектов изучения (линз различной кривизны) для реального эксперимента, позволяет с помощью компьютерной модели продемонстрировать интерференцию в разных условиях. Напротив,

рассмотренная в [14, с. 56] простейшая модель броска камня под углом к горизонту может быть использована и как средство образования при изучении соответствующей темы, оживляющее задачу, переводя её из статичной формы в динамичную, позволяющую путем построения модели движения увидеть траекторию и, одновременно, активизирующее познавательные и творческие способности учащегося и, вместе с тем, создание и исследование модели способствует изучению редактора электронных таблиц Excel. Научное применение программы ограничено в силу слабости применяемой модели. Наконец, создание программы моделирования свойств материалов на основе модели, описанной в [26], может быть использовано как для целей изучения соответствующего языка программирования, так и для образовательных целей при изучении соответствующих курсов (материаловедение и т. п.). Кроме того, в силу сложности и малоизученности моделируемых процессов подобный программный продукт может оказаться полезным с научно-исследовательской точки зрения.

Таким образом видно, что и государство через ФГОС и инженерные ассоциации прямо и косвенно указывают на необходимость использования методов математического моделирования и виртуального (компьютерного) эксперимента в инженерном образовании, однако учитывая необходимость ранней профессиональной ориентации [6; 7; 11; 14], основа инженерного образования может и должна закладываться на этапе среднего образования. Это находит отражение и в документах. Так, в «Меморандуме непрерывного образования Европейского Союза» [31] отмечается: «Те знания и навыки, которые мы получаем в детстве и юности, вовсе не гарантируют нам успеха на всю оставшуюся жизнь. И даже периодическое повышение квалификации еще не является решением проблемы. Непрерывное образование рассматривает процесс обучения как постоянный континуум «от колыбели до смерти». И его основой служат те базовые навыки, которые человек получает в молодости. В информационном обществе эти навыки должны быть пересмотрены и расширены. К ним надо добавить умение учиться и желание продолжать свое обучение самостоятельно». В Федеральных государ-

ственных образовательных стандартах основного общего и среднего общего образования (ФГОС ООО, СОО) [44; 45] при изучении дисциплины «Физика» на базовом уровне выделяется необходимость овладения основными методами научного познания, включая экспериментальный, и «владение методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа полученной измерительной информации, определения достоверности полученного результата» при углубленном изучении дисциплины. Углубленный уровень изучения информатики так же предполагает «владение опытом построения и использования компьютерно-математических моделей, проведения экспериментов и статистической обработки данных с помощью компьютера, интерпретации результатов, получаемых в ходе моделирования реальных процессов; умение оценивать числовые параметры моделируемых объектов и процессов, пользоваться базами данных и справочными системами». Более того, ФГОС СОО выдвигает требования к материально-техническому оснащению образовательного процесса, которое должно обеспечивать возможность «включения обучающихся в проектную и учебно-исследовательскую деятельность, проведения ... экспериментов, в том числе с использованием учебного лабораторного оборудования цифрового (электронного) и традиционного измерения, виртуальных лабораторий, вещественных и виртуально-наглядных моделей...».

Принятая в 1999 году Кёльнская хартия «Цели и задачи обучения в течение всей жизни» рассматривает следующие ключевые этапы:

- «...высокое качество дошкольного образования;
- начальное образование, дающее всем детям возможность приобрести прочные навыки чтения, письма, арифметики и овладеть информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ), а также развивать главные социальные навыки;
- среднее образование в школах, учитывающее потребности рынков труда, которое развивает необходимые навыки и способности у всех учащихся, а не только у тех, кто стремится к получению высшего образования и профессиональной карьере;

– профессиональное обучение, которое дает навыки, отвечающие потребностям рынка труда и требованиям самых современных технологий, а также открывает путь к приобретению более высокой профессиональной квалификации в различных областях;

– высшее образование, открывающее возможности для каждого, кто способен извлечь выгоду из работы в качестве дипломированного специалиста, при финансовой поддержке, необходимой для обеспечения доступа к нему всех, кто может воспользоваться этими возможностями;

– профессиональная подготовка взрослого населения, которая пользуется соответствующей поддержкой со стороны государства или работодателей, удовлетворяет потребности семьи и предоставляет реальные возможности для профессиональной переподготовки на протяжении всей жизни человека» [30].

В соответствии с Концепцией модернизации российского образования ФГОС рассматриваются как федеральная норма качества, обращенная к результатам образовательного процесса в вузе – «освоению основных образовательных программ» [20, с. 15] и формализуется в виде требований к компетенциям как в области профессиональной деятельности, так и социально-личностной, причем компетенция (по макету ФГОС – третьего поколения) определяется как «способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области» [24, с. 27].

Рассмотрим компетенции, на формирование и развитие которых оказывают или могут оказать влияние КМ и ВЭ. Рассмотрение начнем с образования в вузе, как основной ступени инженерного образования. Перед этим, однако, подчеркнем различия между терминами «компетенции» и «компетентность». Эти понятия несут различную смысловую нагрузку. «Компетенция – это такая комбинация знаний, умений, навыков, мотивационных факторов, личностных качеств и ситуационных намерений, которая обеспечивает эффективное решение исполнителем задач определенного класса в определенной организации, на определенном рабочем месте, в определенном производственном коллективе» [1]. Компе-

тентность – «основывающийся на знаниях, интеллектуально и личностно обусловленный опыт социально-профессиональной жизнедеятельности человека» [17]. Опираясь на приведенные определения, рассмотрим, в аспекте применения КМ и ВЭ, универсальные (УК) и общепрофессиональные (ОПК) компетенции на примере ФГОС ВО по направлениям «03.03.01 Прикладная математика и физика» («03.03.01 ПМФ») [37] и «09.03.03 Прикладная информатика» («09.03.03 ПИ»). Раздел III стандарта «Требования к результатам освоения программы бакалавриата» предполагает восемь универсальных и несколько общепрофессиональных компетенций выпускников. Формирование и развитие каждой компетенции рассмотрим с точки зрения того, как этому способствует: а) введение вопросов, связанных с КМ и ВЭ в содержание образования; б) применение КМ и ВЭ как элемента процедуры образования; в) применение КМ и ВЭ как средства образовательной деятельности.

Отметим, что каждая универсальная компетенция имеет свой код и наименование и относится к определенной категории (группе) УК. Для обоих направлений УК полностью идентичны.

Компетенция УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач» относится к категории «Системное и критическое мышление». Рассматривая КМ и ВЭ как элемент содержания образования, отметим, что, несмотря на то, что для формирования и развития знаний, умений, навыков построения КМ и реализации на их основе ВЭ, в процесс обучения обычно вводятся специальные дисциплины, курс физики также представляет в этом аспекте некоторые возможности. Во-первых, решение любой физической задачи предполагает «поиск, критический анализ и синтез информации» для построения определенной математической модели изучаемого процесса; во-вторых, реализация данной математической модели в виде модели компьютерной требует применение системного подхода. Кроме того, изучение технологии создания простейших КМ и реализация на их основе ВЭ, при обязательном учёте ограничений модели, позволяет формировать критическое отношение к полученным результатам. КМ и ВЭ, как

часть процедуры инженерного образования, предполагает применение навыка построения КМ и реализации на их основе ВЭ, полученных при изучении специальных дисциплин или в процессе изучения курса физики для использования в самом курсе. Создание КМ и обработка результатов исключительно виртуального или совмещенного с реальным эксперимента, всегда требует поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного мышления. Использование КМ и ВЭ как средства образования, в том числе для повышения наглядности излагаемого материала, в меньшей степени способствует формированию компетенции, но и при подобном использовании КМ и ВЭ преподаватель всегда имеет возможность обратить внимание учащихся, к примеру, на ограничения модели, способствуя, тем самым, формированию критического мышления.

Компетенция УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений» относится к категории «Разработка и реализация проектов» в аспекте применения КМ и ВЭ в значительной степени близка к рассмотренной УК-1, хотя возможности по её формированию ограничены. Так, изучение моделирования (КМ и ВЭ – элемент СО) предполагает развитие способности «...определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения исходя из ... имеющихся ресурсов и ограничений», но мало связано с правовыми аспектами. Создание КМ и проведение на их основе ВЭ (КМ и ВЭ – элемент структуры ИО), обработка данных и анализ результата требует уже сформированной на том или ином уровне данной компетенции. Причем специальный подбор задач может дать возможность обсуждать и правовые аспекты, хотя это и не является приоритетным вопросом при изучении физики. Применение КМ и ВЭ как средства образования лишь косвенным образом способствует формированию компетенции, поэтому нет необходимости рассматривать его специально.

Формированию компетенций УК-3 – УК-5, относящихся к категориям «Командная работа и лидерство», «Коммуникация» и «Межкультурное взаимодей-

ствие» соответственно, применение КМ и ВЭ способствует подобно любой деятельности, требующей социальное взаимодействие, работу в команде, осуществления устных и письменных коммуникаций друг с другом и с преподавателем, поиск информации в отечественных и иностранных источниках, поэтому не является специфичным для их формирования, но может способствовать их развитию.

Категория «Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)» предполагает формирование двух компетенций.

Компетенция УК-6 «Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни» и УК-7 «Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности». Как было показано в данном диссертационном исследовании, применение КМ и ВЭ в образовании может активно применяться для «...образования в течение всей жизни», но само по себе не способствует формированию данной компетенции. Однако, работа над КМ, проведение ВЭ, как и любая научная деятельность предполагает способность управлять своим временем, требует поиска дополнительной информации (тем более, что при изучении физики КМ и ВЭ не являются специфическими элементами содержания образования) и, в некоторой степени, позволяет использовать уже созданные программы для дальнейшего образования (самообразования) и в профессиональной деятельности. Последнее утверждение рассмотрим более подробно применительно к разным ступеням образования. На уровне изучения физики в средней школе применяются либо готовые программы, либо простейшие модели, созданные учащимися, но и они могут использоваться учителями в дальнейшем [14, с. 56]. На дальнейшую траекторию образования они влияют опосредованно, через углублённое изучение прикладных программ, языков программирования, математических соотношений и физических законов. На уровне изучения физики в вузе возможно создание программ как самых простых, не выходящего за иллюстративный уровень, так и, по мере повышения уровня обучения (семестра

обучения в бакалавриате), при расширении знаний в области математики, информатики, изучении специальных курсов, содержащих вопросы создания КМ и реализации на их основе ВЭ, углубления знаний в области физики возможно создание программ, пригодных не только для дальнейшего применения в системе ИО, отчужденных от автора, но и авторское использование их в дальнейшей образовательной, научной и профессиональной деятельности. При обучении в магистратуре основная масса КМ, созданных учащимся должна быть возможна к использованию в дальнейшей научной и профессиональной деятельности. Наконец, в послевузовском образовании все КМ и все проведенные на их основе ВЭ являются элементом научной и профессиональной деятельности обучающегося. Таким образом, можно констатировать, что КМ и ВЭ не просто позволяют «... выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития ...», но и сами могут стать элементом этой траектории. На формирование компетенции УК-7, связанной с физическим развитием, применение КМ и ВЭ влияние не оказывает.

Развитию компетенции УК-8, согласно которой выпускник бакалавриата «Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций» относящейся к категории «Безопасность жизнедеятельности» может способствовать правильный подбор физических задач, содержание которых относится или связано с данной категорией. В нашей стране имеется большой опыт подбора специфических задач. В качестве примера рассмотрим несколько заданий для разных ступеней обучения, допускающих применение КМ в процессе их решения. Для школьного уровня это, например, может быть задача типа «Оцените, на какую высоту может бить фонтан, если давление воды в подводящей трубе составляет 1,5 атмосферы» [5, с. 7] или примеры, разобранные в [2]. Для уровня вуза: «С какой скоростью должен лететь теннисный мяч, чтобы он разбил стекло?» [18, с.6], моделирование ситуации, предлагаемой задачей «хищник-жертва» (при изучении колебательных процессов) [16]. В качестве примеров профессиональных моделей, связанных с изучением физики, можно привести модели, описанные в работах

[19; 21; 25] и др. Таким образом, видно, что КМ и ВЭ могут способствовать формированию и/или развитию семи универсальных компетенций из восьми, требуемых стандартом. Для этого КМ и ВЭ должны выступать или элементом содержания образования (что при изучении физики реализуется в незначительной степени), или, при использовании их как элемента образовательной процедуры, и тогда необходим специальный подбор содержания физического образования целенаправленно ориентированный на реализацию его в виде КМ с последующим проведением ВЭ. Использование КМ и ВЭ как одного из средств образования способствует формированию и развитию компетенций через интенсификацию изучения физики как дисциплины.

Рассматривая общепрофессиональные компетенции, отметим, что применение КМ и ВЭ в образовательном процессе как элемента процедуры образования способствует формированию каждой из них. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

ОПК-1 для направления «03.03.01 ПМФ»: «Способен, используя современные образовательные и информационные технологии, приобретать новые знания, ... и применять их в своей профессиональной деятельности» и ОПК-2 для направления «09.03.03 ПИ»: «Способен использовать современные информационные технологии и программные средства... при решении задач профессиональной деятельности». С одной стороны, создание КМ требует поиска информации, в т. ч. с применением современных технологий, с другой стороны, как часть процедуры и как одно из средств КМ и ВЭ сами являются современными образовательными и информационными технологиями. Создание КМ для исследования проблем в области естественных наук, обработка результатов эксперимента (в т. ч. – физики), требует применять знания в области математики, выбор модели, оценка достоверности результата и границ применимости предполагает владение и умение применять базовые знания в области естественных наук (в т. ч. – физики).

ОПК-2 («03.03.01 ПМФ»): «Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том

числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике» и ОПК-1 («09.03.03 ПИ»): «Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности». Проведение ВЭ на основе готовой или самостоятельно разработанной компьютерной модели, особенно в сочетании с реальными экспериментами способствует формированию и развитию навыков проведения научных исследований, обработки и представления результатов [7; 10; 12; 13, с. 81] и др., навыков использования информационных технологий.

ОПК-3 (оба направления): «Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны». Помимо того, что требования данной компетенции напрямую касаются использования ИКТ в профессиональной деятельности, то есть развитие навыков составления КМ и реализации на их основе ВЭ непосредственно направлено на её формирование и развитие, создание КМ, формирование отчета о её работе и результатах эксперимента требует также развития «информационной и библиографической культуры» что также удовлетворяет требованиям компетенции. Успешный опыт автора данного исследования по формированию способностей учащихся в области информационной и библиографической культуры отражен в совместных публикациях со школьниками [14, с. 56] (создание КМ и реализация на её основе ВЭ), [6] (программа для системы электронного образования) и студентами [15] (исследование по истории физики).

ОПК-4, ОПК-5 («03.03.01 ПМФ»): «Способен логически точно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь, формулировать свою точку

зрения, владеть навыками ведения научной и общекультурной дискуссий» и «Способен представлять результаты собственной деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов» близки к ОПК-9 («09.03.03 ПИ»): «Способен принимать участие в реализации профессиональных коммуникаций с заинтересованными участниками проектной деятельности и в рамках проектных групп». Данные компетенции также непосредственно формируются и развиваются применением КМ и ВЭ как элемента образовательной процедуры с обязательным условием командной работы и последующим обсуждением как самой программы, так и результатов её работы.

Однако для успешного формирования и развития требуемых компетенций на ступени бакалавриата, учащийся, как предмет образовательной системы, должен быть продуктом более низкой ступени образования. Поэтому, рассмотрим те компетенции выпускника школы (абитуриента) которые необходимы для дальнейшего продвижения в системе ИО, и на формирование которых может оказать влияние КМ и ВЭ. Для этого рассмотрим запросы государства, как основного заказчика образования, выраженные в Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования (ООО) [44] и среднего общего образования [45]. В разделе II данных документов «Требования к результатам освоения основной образовательной программы...» приведены такие требования как «Метапредметные результаты освоения основной образовательной программы...», аналогичные УК в стандарте бакалавриата, и требования к результатам изучения отдельных предметов, аналогичные ОПК в стандарте бакалавриата. Метапредметные результаты предполагают следующие умения: «...самостоятельно определять цели своего обучения, ставить и формулировать для себя новые задачи в учебе и познавательной деятельности, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности», «...самостоятельно планировать пути достижения целей, в том числе альтернативные, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач»,

«...соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности ..., определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией», «...оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности ее решения», «...определять понятия, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, самостоятельно выбирать основания и критерии для классификации, устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение ... и делать выводы», «...создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач», «...организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность ...; работать индивидуально и в группе ...; формулировать, аргументировать и отстаивать свое мнение», «...умение осознанно использовать речевые средства ... для выражения своих чувств, мыслей и потребностей; планирования и регуляции своей деятельности; владение устной и письменной речью, монологической контекстной речью»; владения навыками «...самоконтроля, самооценки, принятия решений и осуществления осознанного выбора в учебной и познавательной деятельности», смыслового чтения; формирования и развития «...компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий ...; развитие мотивации к овладению культурой активного пользования ... поисковыми системами [44; 45]. Аналогичность данных требований универсальным компетенциям бакалавриата предполагает аналогичные возможности по их развитию с учетом возрастных особенностей обучающихся.

Требования, актуальные с точки зрения применения КМ и ВЭ в процессе преподавания физики, не всегда именуемые компетентностью, относящиеся к результатам изучения отдельных предметов, рассмотрим для предметных областей «Математика и информатика», «Естественнонаучные предметы» и «Технология».

Результатом изучения предметной области «Математика и информатика» предполагается, в частности, развитие логического и математического мышления, представления о математических моделях, об основных информационных процессах в реальных ситуациях; овладение навыками математических рассуждений, применения математических знаний при решении различных задач и оценки полученных результатов. Предметные результаты изучения предметной области «Математика и информатика» должны [45; 44]: формировать информационную и алгоритмическую культуры; представления о математике как о методе познания действительности, о компьютере как универсальном устройстве обработки информации, об основных изучаемых понятиях: информация, алгоритм, модель – и их свойствах; знания об алгоритмических конструкциях, умения формализации и структурирования информации, выбора способа представления данных в соответствии с поставленной задачей с использованием соответствующих программных средств обработки данных; навыки и умения по использованию компьютерных устройств, безопасного и целесообразного поведения при работе с компьютерными программами и в Интернете, умения соблюдать нормы информационной этики и права; знакомить с одним из языков программирования и основными алгоритмическими структурами; составить и записать алгоритм для конкретного исполнителя; работать с учебным математическим текстом, точно и грамотно выражать свои мысли с применением математической терминологии и символики; составлять план решения задачи, выделять этапы ее решения, интерпретировать вычислительные результаты, исследовать полученное решение; развивать алгоритмическое мышление, необходимое для профессиональной деятельности в современном обществе; 3) овладеть символьным языком алгебры, умением моделировать реальные ситуации на языке алгебры, исследовать построенные модели, интерпретировать полученный результат; овладеть системой функциональных понятий, развивать умения использовать функционально-графические представления для решения различных математических задач, описания и анализа реальных зависимостей; развивать умения применять

изученные понятия, результаты, методы для решения задач практического характера и задач из смежных дисциплин с использованием компьютера.

Изучение предметной области «Естественнонаучные предметы» должно обеспечить формирование: целостной научной картины мира; умений проводить эксперименты, используя лабораторное оборудование, проводя измерения и адекватно оценивая полученные результаты, сопоставляя экспериментальные и теоретические знания с объективными реалиями жизни; представлять научно обоснованные аргументы своих действий, основанные на межпредметном анализе учебных задач; понимания возрастающей роли естественных наук и научных исследований в современном мире, постоянного процесса эволюции научного знания, значимости научного сотрудничества; овладение научным подходом к решению задач. Предметные результаты дисциплины «Физика» должны отражать: формирование первоначальных представлений о физической сущности явлений природы, представлений о закономерной связи и познаваемости явлений природы, об объективности научного знания; о системообразующей роли физики для развития других естественных наук, техники и технологий; научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики; приобретение опыта применения научных методов познания, наблюдения физических явлений, проведения опытов, простых экспериментальных исследований, прямых и косвенных измерений с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов; понимание неизбежности погрешностей любых измерений. При соответствующем подборе содержания образования возможно овладение основами безопасного использования электромагнитного поля, электромагнитных и звуковых волн, естественных и искусственных ионизирующих излучений; развитие умения планировать в повседневной жизни свои действия с применением полученных знаний с целью сбережения здоровья; формирование представлений о нерациональном использовании природных ресурсов и энергии, загрязнении окружающей среды как следствие несовершенства машин и механизмов. Схожие требования предъявляются к предметным результатам изучения других естественных дисциплин.

Предметные результаты изучения предметной области «Технология» должны отражать: овладение методами учебно-исследовательской и проектной деятельности, решения творческих задач, моделирования, конструирования и эстетического оформления; осознание роли техники и технологий для прогрессивного развития общества; формирование целостного представления о техносфере, сущности технологической культуры и культуры труда, социальных и экологических последствий развития технологий; формирование и развитие умений устанавливать взаимосвязь знаний по разным учебным предметам для решения прикладных учебных задач; применять технологии представления, преобразования и использования информации, оценивать возможности и области применения средств и инструментов ИКТ в современном производстве или сфере обслуживания.

Сопоставление перечисленных требований к результатам изучения различных дисциплин из разных предметных областей показывает их существенное перекрывание. Это является одним из проявлений отражения интеграции и дифференциации реальной науки в межпредметных связях [8, с. 3] и дает возможность применением КМ и ВЭ в одной дисциплине (физика) обеспечить требования стандарта относительно других дисциплин. Использование КМ и ВЭ как элемента содержания образования на уроках физики ограничено как объективными факторами (отсутствие данных вопросов в программе дисциплины, недостатком времени и др.), так и субъективными – недостаточной готовностью учителей физики к изучению и применению компьютерного моделирования. Вместе с тем, опыт показывает, что изучение основ математического [11] и компьютерного [14, с. 56] моделирования может применяться и при изучении физики. При этом КМ и ВЭ выступают и как элемент содержания (дополнительного, факультативного) образования и как элемент процедуры образования. Результаты работы учащихся в дальнейшем могут так же быть использованы, как средство образования при проведении уроков физики по соответствующей теме. Рассмотрим влияние использования КМ и ВЭ на удовлетворение требованиям стандарта. Как

и любая творческая деятельность учащихся, творческая созидательная деятельность по созданию математической, а на её основе – компьютерной модели требует владения определенными математическими знаниями, умением искать и обрабатывать информацию, представлять результаты этого поиска и результаты, полученные в результате моделирования в наиболее удобном виде (табличном, графическом), обосновано отстаивать выбор модели и способа ее компьютерной реализации перед одноклассниками и учителем. Выбор способа компьютерной реализации (определенный язык программирования, среда математического моделирования, редактор электронных таблиц и т. п.), составление программы, описание её алгоритма также способствует формированию соответствующих навыков предметной областей «Математика и информатика» и «Технология». Необходимость не просто формально решить задачу, но и составить ее работающую модель, определить границы применимости модели, провести на её основе виртуальный эксперимент, правильно обработать и интерпретировать полученные результаты развивает соответствующие умения и навыки предметной области «Физика». Соответствующий подбор темы исследования может способствовать формированию и развитию представлений в экологическом и здоровьесберегающем направлении, знаний в смежных дисциплинах (химия, биология и др.).

Рассмотрев уровень обучения, предшествующий бакалавриату, обратимся к более высокому – магистратуре. Для направлений «03.04.01 Прикладные математика и физика» и «09.04.03 Прикладная информатика» [43] стандарты требуют обладание следующими универсальными компетенциями: УК-1 в категории «Системное и критическое мышление»: «Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий». При проведении КМ и ВЭ критических ситуаций обычно не возникает, т.к. одна из целей замены реального эксперимента на виртуальный – именно уменьшение критических последствий. Но рассмотрение «критических последствий» и вопросов, связанных с анализом проблемных ситуаций в более широком смысле позволяет говорить о возможности применения КМ и ВЭ

именно для целей формирования данной компетенции. С одной стороны, при составлении модели и её реализации в виде ВЭ возможно возникновение проблемных ситуаций, связанных непосредственно с ними. Здесь КМ и ВЭ выступает как элемент содержания образования и, одновременно, как часть процедуры. В качестве процедуры образования КМ и ВЭ позволяют моделировать реальные проблемные ситуации, рассматривать их в различных аспектах и искать пути решения. При этом наглядные возможности ВЭ, позволяющие в режиме реального времени увидеть результат моделирования и возможные пути решения проблемы, говорят о том, что КМ и ВЭ является также и средством образования.

УК-2 в категории «Разработка и реализация проектов» «Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла» формируется при системном подходе к вопросу создания КМ и её реализации в виде ВЭ. Причем КМ и ВЭ в этом случае может выступать во всех трех своих проекциях – и как часть содержания образования и как элемент процедуры и как средство образования.

УК-3 из категории «Командная работа и лидерство» «Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели» и УК-5 категории «Межкультурное взаимодействие» «Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия» формируются при выполнении работы по моделированию и экспериментированию в составе малых групп, и в том случае, когда в группу входят учащиеся разных национальностей, политических и конфессиональных взглядов, а КМ и ВЭ является при этом элементом образовательной процедуры.

УК-4 «Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия» из категории «Коммуникация» формируется при создании программных продуктов, учитывающих достижения других разработчиков, в том числе иностранных, привлечения иноязычных источников информации, в т. ч. электронных, и способных в дальнейшем быть полезными не только для собственной профессиональной деятельности, но и для использования другими

потребителями, в том числе – иностранными. КМ и ВЭ является при этом частью образовательной процедуры.

Компетенция УК-6 относится к категории «Самоорганизация и саморазвитие...» и предполагает способность «...определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки». КМ и ВЭ, выступая частью процедуры образования, влияют на формирование и развитие данной компетенции, как и любая проектная деятельность, требующая выбора пути достижения цели и принятие решения на основе анализа ситуации.

Для направлений «03.04.01 ПМФ» и «09.04.03 ПИ» [43] требования стандартов по отношению к общепрофессиональным компетенциям несколько отличаются. Для направления ПМФ предусмотрено пять ОПК: «Владеет научным мировоззрением и способен использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных, ... наук»; «Способен осуществлять научный поиск, формулировать актуальные профессиональные задачи, разрабатывать новые перспективные методы и подходы к их решению»; «Способен выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, ... деятельности»; «Способен применять современные методы анализа, обработки, представления и создания новой информации и генерации нового знания в сфере профессиональной деятельности»; «Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности ...». Для направления ПИ предусмотрено восемь ОПК: «Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, ... профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте»; «Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач»; «Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических

обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями»; «Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований»; «Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем»; «Способен исследовать современные проблемы и методы прикладной информатики и развития информационного общества»; «Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами»; «Способен осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов». Видно, что среди рассмотренных профессиональных компетенций есть близкие, но не тождественные по содержанию, и на формирование и развитие каждой из них КМ и ВЭ могут оказать положительное влияние в каждой из трех своих проекций.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

– КМ и ВЭ, имея три образовательные проекции – как элемент содержания образования, как часть образовательной процедуры и как средство образования оказывают влияние на формирование и развитие умений, навыков и компетенций на всех уровнях образования;

– на уровне основного общего и среднего общего образования КМ и ВЭ при изучении физики применяются факультативно и выступают, в основном, как средство и как элемент процедуры образования, а полученный программный продукт может быть ограниченно использован как средство образования при изучении физики или других дисциплин;

– на уровне бакалавриата, по мере развития способности к абстрагированию у учащихся, расширения и углубления математического аппарата, появляется возможность факультативно вводить КМ при изучении физики как элемент содержания образования и рассматривать КМ и ВЭ как обязательный элемент процедуры и важное средство образования. Полученный программный продукт может быть отчужден от автора и использован при изучении дисциплины. В редких случаях программный продукт может быть использован автором для профессиональной деятельности или при обучении на следующем уровне образования;

– применение КМ и ВЭ на уровне магистратуры позволяет получать программный продукт, пригодный к использованию в профессиональной деятельности автором, или, будучи отчужденным от автора, использоваться в процедуре инженерного образования.

Список литературы

1. Базаров Т.Ю. Коллективное определение понятия «компетенции»: попытка извлечения смысловых тенденций из размытого экспертного знания / Т.Ю. Базаров, А.К. Ерофеев, А.Г. Шмелёв // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2014. – №1. – С. 87–102.
2. Виленкин Н.Я. Функции в природе и технике: книга для внеклас. чтения в IX–X кл. – 2-е изд., испр. – М.: Просвещение, 1985. – 192 с.
3. Габай Т.В. Учебная деятельность и её средства / Т.В. Габай. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 255 с.
4. Гапонцев М.Г. Эволюция структуры содержания образования: монография / М.Г. Гапонцева, В.А. Федоров, В.Л. Гапонцев. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. – 155 с.
5. Гриценко В.И. Физические задачи-оценки и методика их решения: учебно-методическое пособие для студентов физико-математического факультета, обучающихся по специальности «Физика» / В.И. Гриценко. – Балашов: Арья, 2004. – 68 с.
6. Гундырев В.Б. Программа автоматизированной генерации тестов в системе непрерывного физического образования / В.Б. Гундырев, А.А. Бычков // Современная наука: тенденции развития: материалы Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2012. – С. 235–236.
7. Гундырев В.Б. Виртуальный эксперимент и компьютерное моделирование в проектно-творческой деятельности учащихся в системе непрерывного инженерного образования / В.Б. Гундырев [и др.] // Профессионально-творческая деятельность педагога: сборник научных статей / отв. ред. В.И. Бычков. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2018. – С. 89–96.

8. Гундырев В.Б. Межпредметные связи как отражение процессов интеграции и дифференциации в науке / В.Б. Гундырев, А.М. Гундырева // Наука и школа. – 2007. – №4. – С. 3–5.

9. Гундырев В.Б. Концепции стратегического развития системы образования: монография / В.Б. Гундырев [и др.]. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2012. – 332 с.

10. Гундырев В.Б. Лабораторный эксперимент по дифракции света в сочетании с компьютерным моделированием / В.Б. Гундырев [и др.] // Тезисы докладов V научно-методической конференции преподавателей вузов и учителей школ по проблеме «Школа и вуз: достижения и проблемы непрерывного физического образования». – Екатеринбург: УГТУ; УПИ, 2008. – С. 208–209.

11. Гундырев В.Б. «Самостоятельная» творческая деятельность учащихся / В.Б. Гундырев, А.М. Гундырева // Физика. Первое сентября. – 2009. – №4. – С. 7–8.

12. Гундырев В.Б. Лабораторный эксперимент по дифракции света в сочетании с компьютерным моделированием / В.Б. Гундырев [и др.] // Школа и вуз: достижения и проблемы непрерывного физического образования: тезисы докладов V научно-методической конференции преподавателей вузов и учителей школ. – Екатеринбург: УГТУ; УПИ, 2008. – 252 с.

13. Компьютерное моделирование явления интерференции на опыте «кольца Ньютона» в системе инженерного образования / В.Б. Гундырев [и др.] // Школа и вуз: инновации в образовании. Межпредметные связи естественных наук: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической интернет-конференции». – Орёл: ГТУ, 2009. – С. 81.

14. Гундырев В.Б. Использование электронных таблиц в системе непрерывного физического образования / В.Б. Гундырев, А.М. Гундырева, Н.Ю. Макарова // Теория и практика актуальных исследований: материалы III Международной научно-практической конференции (30 января 2013 г.): сборник научных трудов. – Краснодар, 2013. – 304 с.

15. Гундырев В.Б. Так бывает... / В.Б. Гундырев, Н.В. Гундырев, Л.М. Пятигорский // История науки и техники. – 2018. – №11. – С. 11–15. – DOI 10.25791/intstg.11.2018.275
16. Занг В.Б. Синергетическая экономика: время и перемены в нелинейной экономической теории / В.Б. Занг; пер. с англ. Н.В. Островской. – М.: Мир, 1999. – 335 с.
17. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата современного образования // Эйдос [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2006/0505.htm> (дата обращения: 20.03.2019).
18. Капица П.Л. Физические задачи / П.Л. Капица. – М.: Знание, 1966. – 16 с.
19. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего. – 3-е изд. / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М.: УРСС, 2003. – 288 с.
20. Караваева Е.В. Предложения по формированию нормативно-методических основ новой системы классификации и стандартизации основных образовательных программ ВПО / Е.В. Караваева [и др.] // Проектирование ФГОС и образовательные программы ВПО в контексте европейских и мировых тенденций: материалы XVII Всерос. науч.-метод. конф. – М.; Уфа: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2007. – 47 с.
21. Компьютеры и нелинейные явления. Информатика и современное естествознание / сост. А.А. Самарский. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
22. Леднев В.С. Содержание образования: сущность, структура, перспективы / В.С. Леднев. – М.: Высшая школа, 1991. – 224 с.
23. Леднев В.С. Научное образование: развитие способностей к научному творчеству / В.С. Леднев. – Изд. 2-е, испр. – М.: МГАУ, 2002. – 120 с.
24. Максимов Н.И. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования: законодательно-нормативная база проектирования и реализации: учебно-информационное издание / Н.И. Максимов. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов; Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, 2009. – 100 с.

25. Моисеев Н.Н. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями / Н.Н. Моисеев, В.В. Александров, А.М. Тарко. – М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 272 с.

26. Моделирование эффективных упругих свойств поликристаллических наноструктурных материалов / В.В. Бардушкин [и др.] // Деформация и разрушение материалов и наноматериалов: тезисы конференции. – М., 2007. – С. 661–663.

27. Основы открытого образования. Т. 1. / А.А. Андреева [и др.]; отв. ред. В.И. Солдаткин. – М.: НИИЦ РАО, 2002. – 676 с.

28. Шленов Ю. Непрерывное образование в России / Ю. Шленов, И. Мосичева, В. Шестак // Высшее образование в России. – 2005. – №3. – С. 36.

29. Ассоциация инженерного образования России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ac-raee.ru/> (дата обращения: 29.04.2019).

30. Кёльнская хартия [Электронный ресурс] // Международная ассоциация «Знание» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://malitikov.ru/ru/2015/12/02/kyolnskaya-hartiya-celi-i-zadachi-obuche/> (дата обращения: 29.04.2019).

31. Меморандум непрерывного образования Европейского Союза // Общество «Знание» России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znanie.org/docs/memorandum.html> (дата обращения: 29.04.2019).

32. О Правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов // Министерство труда и социальной защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/docs/government/106> (дата обращения: 29.04.2019).

33. Об утверждении методических рекомендаций по разработке профессионального стандарта // Министерство труда и социальной защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/104> (дата обращения: 29.04.2019).

34. Стандарт профессиональной деятельности инженера-проектировщика // Национальная палата инженеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://npirf.ru/standart-professionalnoj-deyatelnosti-inzhenera/> (дата обращения: 29.04.2019).

35. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности: Приказ Росстандарта от 31.01.2014 (ред. от 10.07.2018) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=293450-0&rnd=209FC03629614F8045F0F9F25DF7318F&req=doc&base=LAW&n=306370&REFDOC=293450&REFBASE=LAW#uk507u0u7b> (дата обращения: 29.04.2019).

36. О реестре профессиональных стандартов (перечне видов профессиональной деятельности) (зарег. в Минюсте России 19.11.2014 № 34779) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=214720&rnd=C6D06E88878DCD284D446F4ADD3E876B&dst=100048&fld=134#025427767807867907> (дата обращения: 29.04.2019).

37. Проекты ФГОС ВО по направлениям бакалавриата. Физика и астрономия // Портал федеральных государственных образовательных стандартов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/142/141/16/3> (дата обращения: 29.04.2019).

38. Проекты ФГОС ВО по направлениям бакалавриата // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/142/141/16> (дата обращения: 29.04.2019).

39. Об утверждении профессионального стандарта «инженер-радиоэлектронщик»: Приказ Минтруда России от 19.05.2014 №315н (зарег. в Минюсте России 09.06.2014 № 32622) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=211514&rnd=E692A6F8CFCD390D3040493A00481148&dst=100009&fld=134#021612921958797404> (дата обращения: 29.04.2019).

40. Российский союз инженеров: основные цели и направления работы // Российский союз инженеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xnflclaeifgadgbl2ccdgivqface04a.xn--p1ai/%D0%BE-%D1%81%D0%BE%D1%8E%D0%B7%D0%B5/%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0>

%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%86%D0%B5%D0%BB%D0%B8/ (дата обращения: 29.04.2019).

41. Профессиональные стандарты: справочная информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=157436&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.771691133414016#010191380838871078> (дата обращения: 29.04.2019).

42. Трудовой Кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trudkod.ru/http://www.trudkod.ru/> (дата обращения: 30.03.2019).

43. Проекты ФГОС ВО по направлениям магистратуры // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/144/141/18> (дата обращения: 30.03.2019).

44. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования: Приказ Минобрнауки России от 17.12.2010 №1897 (ред. от 31.12.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_110255/ (дата обращения: 29.04.2019).

45. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902350579> (дата обращения: 29.04.2019).

46. Цели и предмет деятельности Национальной палаты инженеров // Национальная палата инженеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://npirf.ru/celi-i-predmet-deyatelnosti/> (дата обращения: 29.04.2019).

Гундырев Вадим Борисович – канд. пед. наук, доцент кафедры общей физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Россия, Москва

Королёва Евгения Николаевна – старший преподаватель кафедры общей физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Россия, Москва

Лосев Виктор Васильевич – канд. физ.-мат. наук, профессор кафедры общей физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Россия, Москва

Морозова Тамара Владимировна – канд. техн. наук, доцент кафедры общей физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Россия, Москва
