

## **МООК – ТЕХНОЛОГИИ В ON-LINE ОБУЧЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОМУ КУРСУ ФИЗИКИ: РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ**

**Микушев В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент,  
Никольский Д.Ю., PhD, Чирцов А. С., д-р техн. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-  
ние высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет»,  
Университет Аляски, Фэрбенкс (США),  
Федеральное государственное автономное образовательное учрежде-  
ние высшего образования «Санкт-Петербургский государственный элект-  
ротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»**

Идея использования МООС-технологий и складывающихся традиций on-line образования в интересах интенсификации и персонализации работы обучающихся требует серьезного обсуждения и анализа. Необходимость внимания к указанному кругу вопросов обусловлена целым рядом наложившихся во времени и взаимно усиливающих друг друга обстоятельств, к которым относятся:

- Гипер-популярность МООК-курсов, нарастающая на фоне триумфального развития Интернет-культуры;
- Падение привлекательности фундаментального образования;
- Экономический кризис, ориентирующий распределителей ресурсов на оптимизацию расходов в областях, не обеспечивающих быстрой окупаемости вложений.
- Мировые тенденции к снижению персональной ответственности за результаты деятельности и вытеснению форм сущностного контроля и анализа результатов простыми для формального учета и отклонений апелляции рейтинговыми показателями.

On-line курсы привлекли внимание заметной части прежних потребителей традиционного очного обучения своей доступностью и демократичностью, удобством выбора места и времени для просмотра, возможностью виртуального присутствия на ранее труднодоступных лекциях признанных на мировом уровне лидеров науки и лекторского мастерства, а так же необязательностью приложения собственных усилий для активного освоения и прохождения неформального контроля его результатов. Первоначально поставщики образовательных услуг в лице зарубежных ведущих университетов поддержали развитие МООК-обучения, увидев в нем эффективный канал саморекламы. Однако популярность цифровых форм обучения начала расти столь стремительно и за короткий срок набрала такие масштабы, что сами ведущие университеты начали высказывать серьезные опасения по поводу кризиса традиционных форм классического образования.

В России активность в области разработки МООК пришла с некоторым запозданием и на первых этапах была сопряжена с попытками решения двух

существенно различающихся задач: 1) расширения ассортимента на рынке коммерческих образовательных услуг в востребованных областях обучения экономике, менеджменту, юриспруденции и т.д.; 2) попытке сохранения для будущих поколений уникальных наработок российских научно-образовательных школ в области передачи фундаментальных знаний в естественно-научных и физико-математических дисциплин. Весьма востребованная и быстро развивающаяся область электронного обучения ИТ-технологиям заняла промежуточную позицию между двумя указанными. По мере накопления опыта разработки отечественной MOOK-продукции и расширения практики их создания стал усиливаться интерес «сверху» к этой продукции как к визитной карточке учебных заведений и как к средству оптимизации численности ППС, занятой в области традиционного преподавания. Весьма красноречивой иллюстрацией последнего является озвученный призыв Высшей Школы Экономики к замене электронными средствами обучения преподавателей, не имеющих рейтинговых публикаций по теме читаемых ими курсов. Что же касается отношения к MOOK их потенциальных разработчиков – высококвалифицированных преподавателей, то их отношение к on-line обучению до сих пор остается если не настороженным, то, как минимум, существенно менее заинтересованным, чем к созданию носящих более фрагментарный характер электронных обучающих ресурсов (интерактивных компьютерных моделей, видео, тестов и т.д.) на предшествующих этапах компьютеризации образования.

Определенный интерес представляет анализ аудитории обучающихся с помощью создаваемых ресурсов. Приведенный ниже анализ основан на статистических данных, полученных в ходе Интернет-трансляций курсов физики, ориентированных как на учащихся старших классов средних учебных заведений, так и на студентов младших курсов вузов технических и физико-математических специализаций. Обращает на себя внимание факт сравнительно низкой заинтересованности в дополнительном on-line обучении учащихся, изучающими аналогичные курсы в рамках традиционного очного образования. Заметная доля студентов, стремящаяся облегчить сдачу экзамена по очному курсу путем его замены более простым электронным экзаменом или тестом прекращает посещение MOOK после первой текущей аттестации в тех случаях, если успешное прохождение последней требует овладения материалом на уровне, допускающем активное и творческое использование. Представители указанной категории слушателей малоактивны на электронных форумах, посвященных уточнению не до конца понятных аспектов и дискуссиям по материалам курсов. Во время устных экзаменов, проводимых на очной форме обучения экзаменуемые весьма неохотно используют дополнительную информацию, включенную в параллельно транслируемых on-line курс.

Гораздо более высокую активность в on-line обучении проявляют слушатели, возраст и уровень подготовленности которых свидетельствуют и низкой вероятности их параллельного изучения аналогичного очного курса. К ним относятся мотивированные учащиеся с более низких образовательных уровней и завершившие свое обучение лица, по тем или иным причинам не получившие

качественного образования в областях, соответствующих тематике транслируемого МООК. Вопросы этой категории обучаемых, как правило, носят весьма общий и качественный (не количественный) характер и в большей мере соответствуют дискуссиям, проводимым после научно-популярных лекций.

Категорией слушателей, наиболее полно и качественно осваивающей материалы МООК в современных форматах являются преподаватели, выступающие в качестве обучаемых либо с целью повышения своего профессионального уровня, либо ради общения с коллегой-автором, нередко в форме самоутверждения. Отдельную и весьма активную группу слушателей составляют активисты нетрадиционной науки и представители антинауки, пытающиеся использовать on-line-ресурсы в качестве трибуны для распространения своих идей и попыток дискредитации официальной науки. Кажется, оправданным и полезным пресекать какие-либо попытки дискуссий с этой категорией на учебных страницах и блокировать такого рода активность имеющимися в Интернет аппаратными средствами.

Еще на первых этапах компьютеризации образования авторами этих строк был сформулирован общий принцип, согласно которому замена апробированных и зарекомендовавших себя традиционных форм обучения компьютерными (цифровыми) оправдана лишь в тех случаях, когда последние дают новые возможности и преимущества по сравнению с традиционными подходами и методами. К таким преимуществам МООК-технологий следует отнести:

- Удобство объединения традиционных лекционных форм обучения с оригинальными электронными образовательными ресурсами, расширяющими стандартные возможности (демонстрация ресурсоемких расчетов, учебного видео, компьютерных моделей, on-line трансляций из удаленных лабораторий, историческим мест и т.д.).
- Существенный прогресс в решении проблемы составления расписания для организации встреч в одной пространственно-временной точке все более и более занятых квалифицированных преподавателей и активных мотивированных учащихся путем предоставления обоим сторонам возможности независимого выбора времени и места для чтения и прослушивания курса.
- Возможность решения весьма амбициозной и актуальной задачи организации массового индивидуализированного образования, ориентированного на индивидуальный потребности, запросы и способности учащегося.
- Существенная демократизация и интернационализация образования.

Наличие перечисленных преимуществ не означает целесообразности замены традиционного очного образования электронным ни сегодня, ни в обозримом будущем. Последнее должно стать разумным и дружелюбным дополнением основных форм. Решение сформулированных глобальных задач сегодня сдерживается рядом проблем, с неизбежностью возникших в практике создания и использования МООК:

Наличие серьезных противоречий между возникшей «Интернет-культурой общения», носящей явно лозунговый, предписывающе-констатирующий характер и российскими традициями оцененного на мировом

уровне фундаментального образования, ориентированного не столько на изложение фактов, сколько на рассмотрение лежащих в их основе принципов;

- Отсутствие в имеющихся сегодня средах для разработки и публикации (трансляций) MOOK средств углубленного контроля качества и уровня освоения материала обучаемым, более приближенного к традиционным для очного обучения методам;
- Современная ориентация on-line обучение на создание авторских законченных полных курсов, приводящая к повторам в разработках отдельных модулей курсов различными авторами.
- Наличие многочисленных попыток создания упрощенных поверхностных курсов с многообещающими названиями, а также – курсов с заведомо искаженными (вплоть до явно антинаучных) идеями или результатами.
- Нередко реализуемый в стандартах MOOK приоритет формы над содержанием (например, достаточно жесткое ограничение длительности видео фрагментов, нередко приводящее к удалению из on-line лекций существенных для адекватного понимания фрагментов).

Пути решения перечисленных проблем и результатам апробаций оригинальных идей в реально созданных курсах посвящена достаточно много работ [1-6]. Общим направлением работ является попытка создания многоуровневого интерактивного курса физики, построенного по модульному принципу и позволяющего обучающемуся самостоятельно (или с помощью руководителя) выбирать для себя индивидуальную образовательную траекторию и корректировать ее при необходимости в ходе обучения.

Наряду с модулями официально создаваемых завершенных целостных курсов для сборника в инициативном порядке создаются отдельные модули в условном формате «out-of-doors». При их разработке в порядке эксперимента допускаются определенные нарушения соблюдаемых в MOOK стандартов в тех случаях, когда это кажется оправданным с точки зрения сущностного предметного обучения (выбор соответствующей логике подачи материала длительности фрагментов, внеаудиторная съемка, использование музыкальных фрагментов и т.д.).

Несмотря на гиперпопулярность этой технологии массового образования, практика ее использования демонстрирует ряд серьезных недостатков, к которым прежде всего следует отнести проблему эффективного контроля результатов обучения и трудности включения в on-line формат активных и поисково-исследовательских форм работы обучаемых. Указанные проблемы важны с точки зрения применимости MOOK для предоставления высококачественного образования наиболее подготовленным и мотивированным обучаемым.

Для решения первой из задач разрабатывается среда интерактивного обучающего тестирования, поддерживающая диалог с экзаменуемым путем автоматической генерации подсказок и уточняющих вопросов на основе анализа получаемых ответов. Эффективным путем внедрения в удаленное обучение исследовательской компоненты работы учащихся является

использование интерактивных компьютерных моделей изучаемых явлений и систем. Наибольший интерес представляют интерактивные модели, открывающие возможность организации обучения в форме мини-исследований [7]. Трудоемкость массовой разработки таких продуктов ставит вопрос о создании специализированных программных средств для их производства. В этой связи оказывается весьма перспективным создание простых и удобных для использования электронных конструкторов интерактивных симуляторов физических систем [8-10].

Базой для разработки удовлетворяющих сформулированным требованиям простых и универсальных электронных конструкторов стал предложенный авторами оригинальный подход, названный ими «Физическим объектно-ориентированным моделированием» (ФООМ) [11, 12]. В его основе лежит общая логика построения физики, стремящейся к максимально упрощенному описанию многообразной действительности путем ее представления в виде совокупности элементов, число базовых типов которых невелико. Такой подход хорошо соответствует идеологии объектно-ориентированного программирования, что открывает возможность использования последнего для разработки электронных конструкторов моделей физических систем, максимально приближенных к принятому в физике их описанию как совокупностей элементарных объектов с относительно простыми и легко формализуемыми на языке математики алгоритмами поведения. В рамках классической физики это соответствует представлению тел в виде совокупностей материальных точек или их систем, поведение которых описывается классическими уравнениями динамики или их релятивистскими аналогами. Взаимодействия между материальными точками в рамках такого подхода могут описываться при помощи силовых полей, корректируемых в зависимости от конфигурации моделируемой системы.

Автоматизированная генерация виртуальных систем осуществляется путем их сборки из элементов периодически дополняемых библиотек объектов, порождаемых базовыми классами *\_Particle* и *\_Field*, основанные на концепции прототипов в языке JavaScript. Другие объекты из различных JavaScript библиотек (WebGL, Three.js, dat.gui, EditableGrid) обеспечивают диалогов с пользователем и визуализацию результатов моделирования в запрашиваемой им форме. Современная HTML5 и JavaScript версия программы содержит около двадцати объектов, принадлежащих этим трем базовым семействам.

В ходе моделирования фокус активности поочередно передается каждому из объектов сгенерированной системы. Активный объект опрашивает все принципиально способные повлиять на его эволюцию объекты об их состояниях, после чего самостоятельно вырабатывает «стратегию своего поведения» на очередном шаге интегрирования в зависимости от собственной настройки и методов его класса.

Использованный подход к моделированию не требует составления систем дифференциальных уравнений, описывающих систему в целом, или разработки каких-либо глобальных алгоритмов для численного моделирования каждой конкретной созданной системы. Любое редактирование модели практически не

изменяет ее описания: уничтожение, добавление или изменение любого элемента системы учитывается автоматически через изменение потоков данных, которыми обмениваются объекты виртуальной системы в ходе диалогов, имитирующих взаимодействия.

В настоящее время ставшие популярными новые подходы к обучению с использованием удаленных on-line курсов в MOOC-форматах фокусируют внимание участников учебного процесса на увеличении доли самостоятельной творческой работы обучаемых с элементами исследовательской и поисковой работы. Последнее ставит вопрос о создании открытых для пользователей (преподавателей и учащихся) механизмов создания своих оригинальных моделей физических систем, их сохранения, использования и передачи коллегам по учебному процессу. С другой стороны, современная политика сетевой безопасности существенно ограничила возможности широкого использования электронных моделей, реализованных в формате Java-апплетов.

В этой связи была создана новая версия двух программ - генератора моделей систем движущихся в силовых полях взаимодействующих друг с другом классических и релятивистских частиц и визуализатора полей от произвольно распределенных источников. Вторая из программ дополнена возможностью визуализации потенциалов (скалярного - в виде эквипотенциальных поверхностей и векторного - в виде линий поля  $\mathbf{A}$ ). Обе программы объединены в общий блок, допускающий одновременные 3D – визуализации (в виде допускающих вращения 2D-проекций и/или в стереоскопическом варианте) силовых полей и движений частиц в них.

Новый вариант программы выполнен на языке Java-Script, что обеспечивает ее общедоступность. В настоящее время генератор интерактивных моделей размещен на серверных ресурсах университета Аляски по адресу <http://3dspace.alaska.edu/>.

Ресурс содержит пополняемую библиотеку моделей, допускающих редактирование пользователем в on-line режиме. Наиболее важной является открытая для пользователей возможность самостоятельного создания собственных моделей, путем их описания в текстовых файлах, формат которых столь прост и очевиден, что при наличии примера не требует от пользователя сколько-нибудь значительных усилий по его изучению. Последнее позволяет пользователя создавать собственные библиотеки их личных оригинальных разработок и обмениваться ими с участниками учебного процесса с помощью стандартных средств пересылки малообъемных текстовых файлов.

Апробация рассмотренного ресурса в реальном удаленном учебном процессе производится в рамках проектов создания on-line курса «Классическая и релятивистская электродинамика» для студентов бакалавриатов технических университетов, учебного комплекса для смешанного очно-заочного обучения по дисциплине «Концепции современного естествознания» в педагогических университетах, при организации специализированного потока углубленного изучения физики с СПб Электротехническим университетом ЛЭТИ, в экспери-

менте по созданию Интернет-ресурса для непрофессионалов, желающих самостоятельно изучать современную физику.

Разработанный и использованный для создания серий компьютерных моделей электронный конструктор продемонстрировал свою пригодность для решения задач обеспечения развития массового индивидуализированного обучения и организации поисковых форм учебной работы с элементами научных исследований. После апробации нового варианта объединенного конструктора планируется работа по его дополнению возможностями и сервисами, реализованными в других генераторах моделей, разработанных в рамках реализуемого проекта. Параллельно ведутся работы по применению рассмотренных подходов к разработке электронных конструкторов для автоматизированного создания новых электронных ресурсов учебно-научного назначения по квантовой физике, химии и физике нелокальной плазмы [8, 13, 14].

#### Список литературы

1. Чирцов А.С. Кинематика [Электронный ресурс]: Лекториум [сайт]. – Режим доступа: <https://www.lektorium.tv> (дата обращения: 27.02.2017).
2. Чирцов А.С. Небесная механика [Электронный ресурс]: Лекториум [сайт]. – Режим доступа: <https://www.lektorium.tv> (дата обращения: 27.02.2017).
3. Чирцов А.С. Физическая оптика [Электронный ресурс]: Открытое образование [сайт]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/PHYOPT/> (дата обращения 01.04,2018).
4. Чирцов А.С. Многоуровневый интерактивный курс физики [Электронный ресурс]: Utube [сайт]. - Режим доступа: [https://www.youtube.com/channel/UC8KoVY1Rk1yGj5bRCJDLL\\_g/playlists?view\\_as=subscriber&sort=dd&shelf\\_id=10&view=50](https://www.youtube.com/channel/UC8KoVY1Rk1yGj5bRCJDLL_g/playlists?view_as=subscriber&sort=dd&shelf_id=10&view=50) (дата обращения 01.04,2018).
5. Чирцов А.С. Серия электронных сборников мультимедийных материалов по курсу общей физики: новые подходы к созданию электронных конструкторов виртуальных физических моделей с простым удаленным доступом /А.С. Чирцов// Компьютерные инструменты в образовании. – 2010. - № 6. - С. 42 – 56.
6. Микушев В.М. Использование компьютерного моделирования для организации активного изучения студентами курса физики /В.М. Микушев, А.С. Чирцов// Вестник Псковского государственного университета. Серия: естественные и физико-математические науки. – 2015. - № 7. – С. 127-132.
7. Чирцов А.С. Использование компьютерных технологий и моделирования для приближения лабораторных работ к научным исследованиям /А.С.Чирцов, В.П.Марек// Компьютерные инструменты в образовании. - 2014. - №1. - С. 44 -59.
8. Бутиков Е.И. Законы движения макроскопических тел. – Пакет обучающих и демонстрационных программ по курсу общей физики /Е.И.Бутиков, А.С.Чирцов// Model - oriented Data Analysis: сб. тр. III Международной конференции. Секция: Моделирование, оптимизация и обработка данных/ С.-Петербург, 1992. - Ч.2. - С.27.

9. Чирцов А.С. Использование физического объектно-ориентированного моделирования для развития индивидуализированного обучения и организации мини-исследований в курсах механики. /А.С.Чирцов и др.// Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2017. - Т. 17. - № 2. - С. 201–214.
10. Chirtsov A.S. Automation of Creation of Educational Content for a Courses of Physics and Chemistry for Mass Individualized Education. /A.S.Chirtsov, S.V.Sychov// Science and Society. —2016. — №2. — P. 34 - 47.
11. Чирцов А.С. Физическое объектно-ориентированное моделирование в курсах механики: Монография: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. - 148 с.
12. Микушев В.М. Использование физического объектно-ориентированного моделирования в МООС по механике: Монография /Микушев В.М., Чайковская О.Н., Чирцов А.С.; Томск: Изд-во НТЛ, 2015. – 36 с.
13. Chirtsov A.S. Numerical Simulation of Glow Discharge in Air Mixtures under Low Pressure Conditions/ A.S. Chirtsov, V.M. Mikushev, E.V. Lebedeva// International Journal of Applied Engineering Research. - 2016. - Vol. 11. - № 24. - P. 11836–11846.
14. Chirtsov A. Training software apparatus for a plasma physics course /A.Chirtsov, S. Sychov, V. Mikushev// Proceedings of the 2nd World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability, World S4 2018/ London: IEEE, 2019. – P. 292-296.