

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

DOI 10.31483/r-74333

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ КАК ЭЛЕМЕНТ ПРОЦЕДУРЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

*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 work reflects the possibility of forming universal and professional competencies of an engineer using machine simulation and a virtual experiment in the system of continuous engineering education (school-university-master's degree program) in the process of teaching physics.

*Keywords:* machine simulation, virtual experiment, physical education, competences, engineering education.

Как показано в наших предыдущих работах [9; 14; и др.], инженерное образование подчинено определенной цели, задаваемой внешней по отношению у этой деятельности средой. Цель деятельности по инженерному образованию – формирование компетенций, знаний и умений, позволяющих в дальнейшем вести успешную инженерную деятельность. Вообще говоря, интерес к инженерному образованию со стороны как государства, так и общественных организаций

в нашей стране имеет большую историю. Петром I была заложена основа инженерного образования, которая привела к необратимой интеграции отечественного инженерного

В целях структурного анализа деятельности по инженерному образованию выделим, вслед Т.В. Габай следующие элементы: субъект, предмет, средство, процедура, внешние условия и продукт. Согласно Т.В. Габай, «указанные шесть структурных моментов ... взяты как наиболее важные для анализа деятельности ...» [1, с. 13]. Такие элементы, как мотив, цель, ориентировочная основа деятельности (ООД) и ряд других, мы будем считать относящимися к основным, то есть не самостоятельными. Действительно, в соответствии с определением мотива, приведенного в словаре по педагогике, мотив «... является стержнем психологии личности, обуславливает особенности и поведения, и деятельности личности» [18, с. 440]. Философский энциклопедический словарь рассматривает цель как «один из элементов поведения и сознательной деятельности человека...» [19, с. 107]. Из этих определений видно, что и мотив, и цель есть неотъемлемые части субъекта и предмета деятельности. Вместе с тем, ООД, определяемая как «система представлений человека о цели, плане и средствах осуществления предстоящего или выполняемого действия ...» [18, с. 547] может быть как частью субъекта деятельности, так и частью процедуры, в зависимости от того, как получена ООД – в готовом виде или составлена самостоятельно.

Подробный анализ структуры инженерного образования проведен нами в [17, с. 73]. В данной работе рассмотрим кратко элементы структуры инженерного образования начав с субъекта деятельности. В целях нашего исследования под *субъектом* деятельности по инженерному образованию будем понимать человека или группу людей, осуществляющих учебный процесс – учителей, наставников, преподавателей. Субъект инженерного образования, являясь активным началом деятельности, имеет в ней особую роль, но не может быть исключён из деятельности, как это может показаться при статическом рассмотрении временного среза процесса. Действительно, в генезисе продукт инженерного об-

разования меняет внешние условия, может стать субъектом деятельности, внешние условия влияют на выбор средств и процедуры, и, в конечном счете – на цель деятельности по выработке нового продукта – воспитания нового поколения инженеров [17, с. 73]

*Предметом* инженерного образования мы будем считать то, что субъект имеет до начала деятельности и что подлежит трансформации в её продукт. Иными словами, предметом деятельности мы назовём людей, желающих (или обязанных) получить инженерное образование – вообще говоря – абитуриентов.

*Продукт*, генетически связанный с предметом образования, обязан ему своим происхождением. Между двумя полюсами предмет – продукт существует конечное число переходных форм, каждая из которых является одновременно предметом деятельности по отношению к последующему этапу трансформации и её продуктом по отношению к предыдущему. Например, на современном этапе развития инженерного образования предметом можно считать абитуриента технического ВУЗа, а продуктом – его выпускника, но, с учетом парадигмы ранней профориентации, предметом становится уже учащийся старших классов, и, одновременно с этим, концепция непрерывного образования отодвигает получение готового продукта на неопределенный интервал времени, рассматривая и выпускника ВУЗа и молодого специалиста и, вообще говоря, состоявшегося инженера как промежуточный результат инженерного образования.

Под *средством* инженерного образования мы понимаем элемент деятельности, близкий по смыслу «средству труда» в трактовке К. Маркса: «средство труда есть вещь или комплекс вещей, которые человек помещает между собой и предметом труда и которые служат для него в качестве проводника его воздействия на этот предмет». Поэтому к средствам труда могут быть отнесены все виды учебников, учебных пособий, научная литература, модели, схемы и тому подобное. Т.В. Габай относительно учебной деятельности пишет, что «центральной её средством следует считать ... схему ориентировочной основы действия, подлежащего овладению учащимся» [1, с. 133].

Под *внешними условиями* мы будем понимать факторы, не связанные с собственно процессом получения образования. Так, великие географические открытия, стимулирующие развитие науки и способствующие глобализации военного противостояния, стали внешними условиями, стимулирующими и инженерное образование. Военное противостояние так же является внешним условием, стимулирующим инженерное образование, в то время как развитие науки может быть отнесено как к внешним, так и к внутренним условиям, распределенным между структурными элементами инженерного образования. При определенных условиях к внешним условиям можно отнести деятельность инженерных ассоциаций или ассоциаций выпускников [15].

В качестве примера рассмотрим модельную ситуацию, предложенную Жюлем Верном в романе «Таинственный остров». Субъектом образования является здесь Сайрус Смит, предметом – все остальные главные герои. Процедура деятельности – в основном тьюторство в сочетании с методом проектов. Средства образования как таковые практически отсутствуют, но к ним можно отнести информацию, которой обладает субъект образования и наличие, возможно интуитивного, представления о том, как передавать информацию. Внешними условиями являются суровые условия обитания, требующие от всех членов колонии некоторых знаний и умений, которыми они не обладают и которыми в других условиях не заинтересовались бы. Отметим, что цели получить инженерное образование колонисты не имели. Продуктом образовательной деятельности стало овладение моряком, подростком, бывшим рабом и журналистом (гуманитарием по современным представлениям!) навыками технической деятельности и элементами инженерного образования. Вместе с тем, умышленное помещение предмета образования в подобные условия субъектом может рассматриваться как часть процедуры, а сами внешние условия – средством образования. Несомненно, подобные средства должны быть дополнены другими, включая источники информации.

*Процедуру* инженерного образования рассмотрим более подробно. Под процедурой инженерного образования мы будем понимать технологию (способ) получения желаемого продукта. Процедуре получения образования и вообще процедуре учебной деятельности посвящено существенное количество как педагогических, и психологических исследований во всём мире [16] и ряд других. Мы под процедурой будем понимать именно технологию инженерного образования, включая в неё способы организации обучаемых (индивидуальное или коллективное ученичество, наличие ступеней образования), способы подачи материала, опора на образование или самообразование и тому подобное. В нашем рассмотрении процедура – понятие, родственное, хотя и не тождественное понятию «педагогическая система», применяемое В.П. Беспалько [2, с. 6]. Педагогическая система В.П. Беспалько включает в себя и процедуру, и средство, и субъект образования.

Деятельность по получению инженерного образования (деятельность учения), как и любая деятельность, имеет определённое предметное содержание, которое требуется проанализировать в первую очередь. Процесс деятельности учения обязательно должен включать в себя «... акты той предметно-специфической деятельности, умением выполнять которую учащийся должен овладеть» [1, с. 95]. Отечественные специалисты – сторонники деятельностного подхода к анализу процессов учения предполагают наличие специальных мер по формированию ориентировки в условиях выполнения этой деятельности и затем её поэтапную отработку, направленную на изменение тех или иных параметров или показателей. Информация о способе деятельности зафиксирована на каких-либо носителях – внешних по отношению к субъекту деятельности или внутренних. На первых этапах истории инженерного образования процедура деятельности была отражена в основном в тех функциональных органах мозга субъекта образовательной деятельности, с которыми связана способность выполнять эту деятельность. Внешние по отношению к субъекту носители до недавнего времени были исключительно материальными, а в настоящее время – появились и виртуальные.

Компьютерное моделирование и виртуальный эксперимент (КМиВЭ) и некоторые другие элементы информационно-коммуникативных технологий, как было показано в наших работах [8; 13; 14] являются важным и активно используемым *средством* образовательной деятельности. Однако, на наш взгляд, КМиВЭ могут стать частью процедуры образовательной деятельности. Покажем, что в случае применения КМиВЭ при решении ряда физических задач процесс моделирования и последующего экспериментирования привносит в образовательную деятельность такие элементы, как ориентировочную основу деятельности (ООД), фиксирования в мозге учащегося следа деятельности, выполненной на основе ООД, и последующей отработки навыков её выполнения без ООД, т.е. рассмотрим КМиВЭ как часть процедуры образовательной деятельности.

В качестве примера рассмотрим применение компьютерного моделирования и последующего виртуального эксперимента при изучении раздела «движение тел в среде с вязким трением» при изучении динамики. Студентам было предложено написать программу, моделирующую движение тел в среде с вязким трением. В качестве ООД выступали рассмотренные на практическом занятии пошаговые инструкции, по решению известной задачи о торможении лодки. В качестве среды программирования был выбран редактор электронных таблиц Excel, как наиболее знакомая и доступная студентам среда программирования. Ряд мотивов использования редактора Excel аналогичен мотивам применения в образовательном процессе редактора презентаций, рассмотренным в наших работах [7; 8; 12]. На основании предложенной ООД студентами решались задачи по движению тел постоянной массы в вязкой среде с различным видом функциональной зависимости силы сопротивления от скорости, при различных начальных скоростях движения, с учетом или игнорированием силы тяжести. Сам процесс моделирования был *средством*, позволившим студентам на основе предложенной ООД решить реальную задачу (насколько можно считать процесс компьютерного моделирования реальным), но выступал при этом как уже упоминаемый акт предметно-специфической, инженерной деятельности, умением выпол-

нять которую учащийся должен овладеть. Путём выполнения задания по компьютерному моделированию внешний суррогат, фиксированный в виде плана решения, кратко представленный разобранным на практическом занятии примером преобразовывался в умение, ещё не полное по составу, не упрочнившееся, но уже гораздо более значимое для учения, чем сам план. Умение выполнить компьютерное моделирование равносильно знанию его ориентировочной основы, а сам процесс моделирования в силу его актуальной осознанности – образу представления о будущем детализированном, полном по операционному составу действию.

Можно сказать, что собственно решение задачи о движении тела является первой стадией процесса учения, когда «учащийся должен получить предварительное умение выполнять определенное предметно-специфическое действие» [1, с. 104], а разработка и составление компьютерной модели – второй этап процесса учения, задачей которого является совершенствование этого умения. Основные виды действий учения можно классифицировать по: содержанию действия, форме существования действия, другим характеристикам. Рассмотрим первый класс действий учения, в котором выделим три вида – в первом, при неизменной процедуре расширяется круг допустимых предметов действия, то есть происходит предметно-специфическое обобщение. Второй вид – обобщенность по способу действия. В этом случае для каждого варианта изменяется количество допустимых способов действия. К третьему виду первого класса относится изменение количества актов действий. Тут можно выделить три подвида – изменение количества актов, не предусмотренных процедурой, выпадение актов, дающих накапливаемый продукт, и третий подвид отвечает за степень детализации умения. Обычно происходит увеличение степени детализации. Применительно к высшему инженерному образованию можно привести пример в виде цепочки организационных форм учебной деятельности: лекция – практическое занятие – лабораторная работа – производственная практика. В аспекте непрерывного образования эта цепочка может быть продолжена. КМиВЭ встраива-

ются в эту цепочку на уровне практическое занятие – лабораторная работа [10; 11 и др.]. Очевидно, что построение компьютерной модели способствует изменениям предметно-специфических умений в области физики по всем трем видам. Ниже будет рассмотрен эффект сокращения количества актов в действии по программированию, дающий параллельный межпредметный результат. Учитывая роль межпредметных связей в образовании и их взаимоотношения с реальностью [4] подобный результат можно рассматривать как сугубо положительный.

Проведение виртуального эксперимента – расчет и построение графиков скорости и пройденного телом пути способствовало как совершенствованию умений в решении задач и понимания сути происходящих физических процессов, так и проведению акта контроля (в данном случае – самоконтроля), являющегося неотъемлемой частью процедуры учения. Методы проверки результата решения задач по физике, рассмотренные ранее в наших работах [3; 5]. Первоначально полученные результаты были получены с ошибкой, что нашло отражение в графиках. На рисунке 1 приведен пример графика с ошибкой. Видно, что несмотря на то, что в целом координата тела растёт, на графике имеется локальный максимум, что противоречит здравому смыслу. Проверка решения показала, что в формуле были перепутаны знаки арифметических действий.



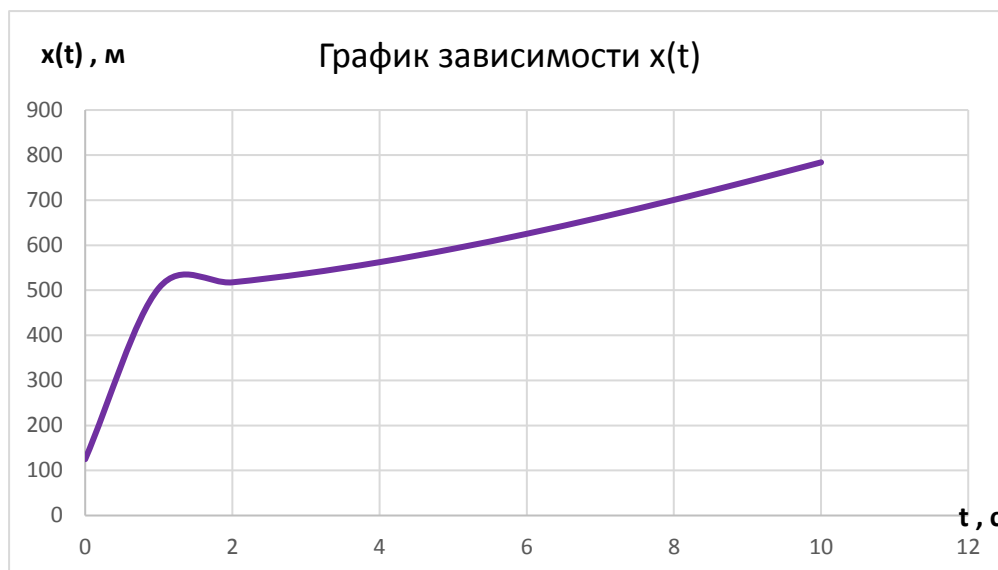


Рис. 1. Ошибочный результат моделирования

Ниже приводятся примеры наиболее удачной работы, за которую авторы благодарны студенту Даниилу Михайлову. Задание и цель работы были сформулированы студентом самостоятельно (в рамках, предложенных преподавателем):

*Цель работы: изучение движения тела под действием силы сопротивления; исследование зависимости величины скорости и координаты от времени.*

*Интегрирование уравнения движения. Сила линейно зависит от скорости.*

*Условия задачи: капля дождя падает из состояния покоя под действием постоянной силы тяжести  $mg$  и силы сопротивления, пропорциональной скорости движения капли,  $F = kv$ .*

*1. Найти зависимость скорости капли от времени. Построить график зависимости  $v(t)$  в Microsoft Excel. ( $m = 5г$ ;  $F = 0,001v$ ;  $g = 10 м/с^2$ ).*

*2. Найти зависимость координаты капли от времени. Построить график зависимости  $x(t)$  в Microsoft Excel. ( $m = 5г$ ;  $F = 0,001v$ ;  $g = 10 м/с^2$ ).*

Первый вариант программы с результатом проведения эксперимента приведен на рисунке 2. Видно, что первые три столбца являются повторением одних и тех же значений констант, что облегчает процесс программирования, но услож-

няет восприятие результата и проведение последующего виртуального экспериментирования. Для изменения параметра требуется заменить его значение во всех строках.

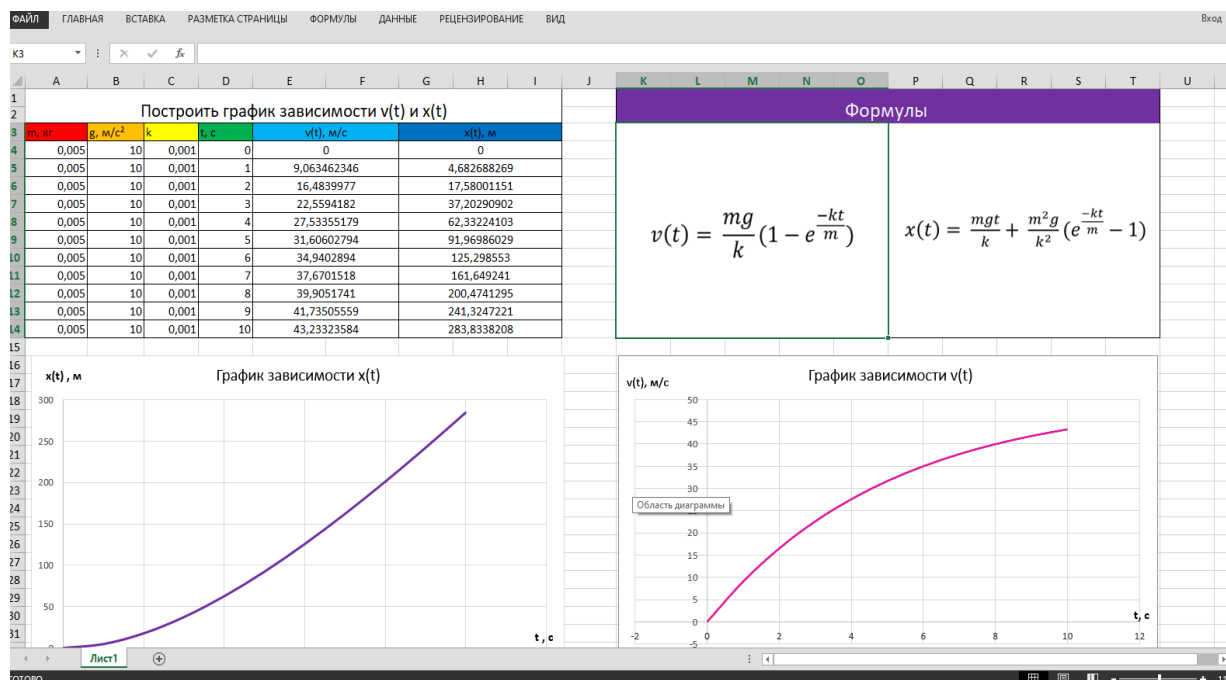


Рис. 2. Пример правильного моделирования с графиками результата моделирования. Видны лишние акты действия в виде столбцов с повторяющимися данными констант

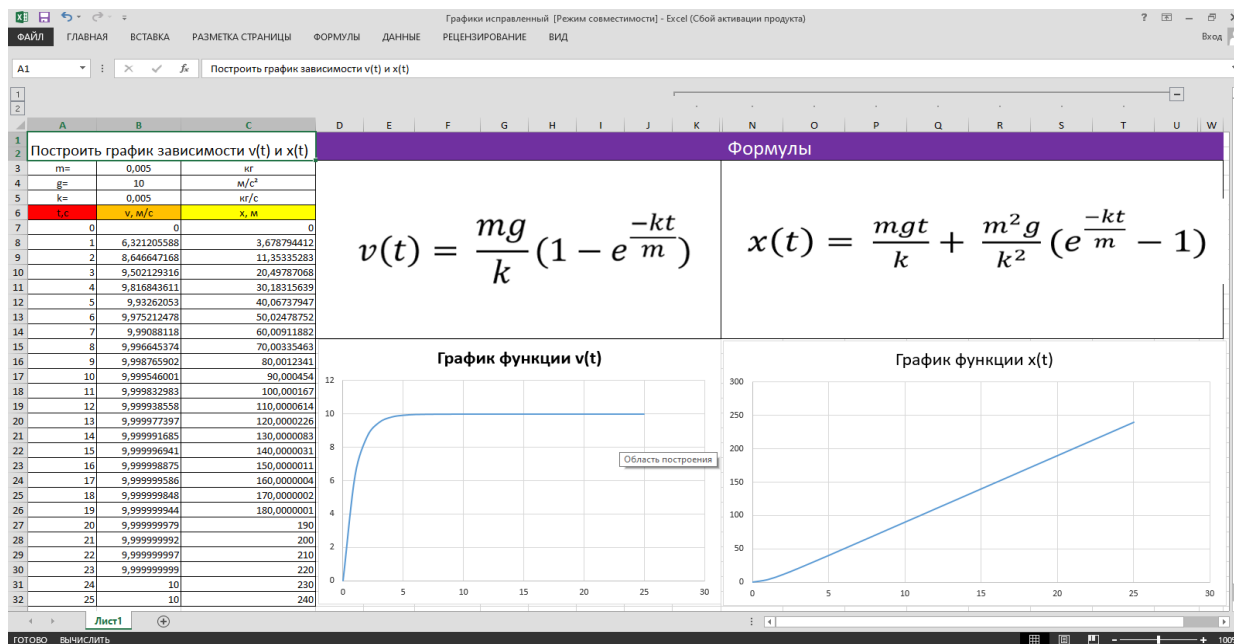


Рис. 3. Пример правильного моделирования с графиками результата моделирования. Константы вынесены в отдельный блок

Окончательный вариант программы предполагал выделение констант в отдельный блок и для изменения данных требовалось изменить значение только в 10 <https://phsreda.com>

одной ячейке. Скриншот окончательного варианта программы приведен на рисунке 3. Графики на рисунках 2 и 3 различны, так как отличаются значения коэффициентов сопротивления для силы вязкого трения. Обратим также внимание на выпадение актов действия, дающих накапливаемый продукт на примере вычисления интеграла. К сожалению, традиционно в средней школе применению интегралов, в том числе определенных интегралов в курсе физики уделяется крайне мало (в лучшем случае) внимания. Более того, большинство студентов испытывают затруднения при формальном вычислении интегралов вне зависимости от их физического приложения. Цепочка интеграл – первообразная – подстановка пределов требует от студентов определенного внимания. На примере приведённых ниже формул (1) и (2) видно, что субъект (студент) ранее, в составе прочих актов выполнил вычисление интеграла в правой части формулы (1), так как результат ему был неизвестен. Теперь он «считывает» результат из своей памяти, и акт вычисления данного интеграла «выпадает», позволяя опустить этап записи первообразной и подстановки пределов, как это видно в правой части формулы (2).

$$-\frac{m}{k} \int_{v_0}^v \frac{d(mg-kv)}{mg-kv} = \int_0^t dt \quad (1)$$

$$-\frac{m}{k} \ln(mg-kv) \Big|_{v_0}^v = t \quad (2)$$

Кроме того, опыт проведения практических занятий показал, что аналогичные интегралы независимо от переменной и пределов студенты могут «вычислять», «считывая» значение из памяти после незначительного числа повторений, в то время как вычисление часто встречающихся в курсе физики интегралов, аналогичных тому, что приведен в левой части формулы (1) вызывает определённые затруднения.

Таким образом видно, что применение КМиВЭ в преподавании физики можно рассматривать как часть образовательной процедуры инженерного образования. Опыт применения авторами КМиВЭ в преподавании различных разделов курса физики отражен, помимо уже перечисленных публикаций, например,

в [6]. В работе [14] мы рассматриваем КМиВЭ как средство инженерного образования.

### ***Список литературы***

1. Габай Т.В. Учебная деятельность и её средства / Т.В. Габай. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 255 с.
2. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии / В.П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.
3. Гундырев В.Б. Использование неаналитических методов решения задач в средней школе и при подготовке в Вуз / В.Б. Гундырев, А.С. Овчинников // Школа и ВУЗ: достижения и проблемы физического образования: сб. тезисов конференции. – Екатеринбург, 2002. – С. 24.
4. Гундырев В.Б. Межпредметные связи как отражение процессов интеграции и дифференциации в науки / В.Б. Гундырев, А.М. Гундырева // Наука и школа. – 2007. – №4. – С. 3–5.
5. Гундырев В.Б. Методы проверки результатов в системе инженерного подхода к решению задач по физике / В.Б. Гундырев // Архимед. Научно-методический сборник. – М.: Институт логики, 2009. – Вып. 5. – С. 86–93.
6. Гундырев В.Б. 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: сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. интернет-конференции. – Орёл: Изд-во ГТУ. – 2009. – С. 81.
7. Использование редакторов презентаций в работе преподавателя в школе и ВУЗе // В мире научных открытий. – 2011. – №5.1. – С. 344–349.
8. Редактор презентаций как средство обучения в работе преподавателя в школе и ВУЗе // Проблемы применения информационных технологий в системе профессионального образования и в экономике: сб. науч. ст. / отв. ред. Т.А. Лавина. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – 205 с.

9. 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: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-т, 2018. – С. 89–96.

10. 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: сб. научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции (Краснодар, 30 января 2013 г.). – Краснодар, 2013. – 304 с.

11. Гундырев В.Б. Использование информационных технологий в системе непрерывного инженерного образования / В.Б. Гундырев, А.М. Гундырева // Информационные технологии в науке и образовании: сб. трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – М.: АНО «Информационные технологии в образовании»; Чебоксары: Изд-во Чуваш. Гос. Пед. ун-т, 2013. – 170 с.

12. Гундырев В.Б. Занятия-визуализации с использованием редакторов презентаций // Фундаментальные и прикладные проблемы механики деформируемого твердого тела, математического моделирования и информационных технологий: сб. ст. по материалам Междун. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12–15 августа 2013 г.): в 2 ч. Ч. 2. Математическое моделирование и информационные технологии / отв. ред. Б.Г. Миронов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 98–101.

13. Гундырев В.Б. Интерактивные методы и информационно-коммуникационные технологии как процедура и средства современного инженерного образования / В.Б. Гундырев [и др.] // Современные исследования социальных проблем. – 2014. – №4. – DOI: 10.12731/2218–7405–2014–4–16

14. Гундырев В.Б. Компьютерное моделирование и виртуальный эксперимент как средство формирования компетенций в процессе преподавания физики / В.Б. Гундырев, Е.Н. Королева, В.В. Лосев [и др.] // Образование: теория,

методология, опыт / гл. ред. Ж.В. Мурзина. – Чебоксары: ИД «Среда», 2019. – DOI: 10.31483/r-32712

15. Добрынина М.В. Особенности структурного образования и функционирования ассоциации выпускников как социально ориентированных некоммерческих организаций в российских инженерных вузах / М.В. Добрынина, Д.Г. Коваленко, Е.С. Палепина // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2017. – №4. – С. 98–105.

16. Кибернетика и педагогика: новые тенденции в подходе к обучению инженерных кадров в США / под ред. Г.Н. Глаголева [и др.]. – М.: Мир, 1972. – 200 с.

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

18. Современный словарь по педагогике / сост. Е.С. Рапацевич. – Минск: Современное слово, 2001. – 928 с.

19. Философский энциклопедический словарь / под ред. Л.Ф. Ильичёва [и др.]. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 840 с.

---

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

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

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

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