

УДК [378 : 621.3] : [004.81 : 159.953.52]

## Реализация концепции применения компьютерных моделей в практике преподавания электротехнических дисциплин вуза

Д.А. Саватеев

*Судомеханический факультет МГТУ, кафедра электрооборудования судов*

**Аннотация.** В статье обосновывается педагогическая целесообразность применения компьютерных моделей при изучении студентами вузов электромагнитных явлений и процессов, анализируется практика и результаты использования новых компьютерных технологий в преподавании электротехнических дисциплин.

**Abstract.** The paper contains the pedagogical expediency substantiation of computer models' application in studying of electromagnetic phenomena and processes. The analysis of results of new computer technologies used in electrotechnical subjects teaching has been held.

### 1. Введение

Болонская конвенция, подписанная в 2003 г. министром образования Российской Федерации, существенно меняет положение физики, как предмета, изучаемого в средней школе и на нефизических факультетах вузов. Следуя положениям Сорбонской декларации, российское государство в срок до 2010 года берет на себя обязательства трансформировать физику из важнейшего общекультурного и образовательного компонента личности в один из предметов, выбираемых учащимися в соответствии с личной образовательной траекторией.

Выбранный курс реформирования образования вызывает справедливую и обоснованную обеспокоенность в среде педагогической общественности. В то же время, нельзя не признать, что он согласуется с проводимыми в стране административной, финансовой, законодательной и другими реформами: необходимые объем и глубину знаний по физике должны определять потребности рынка, а не планы создания абстрактного человека будущего. Очевидны и объективные предпосылки ослабления позиций физики, как предмета, изучаемого в школе и вузе: бурный технический прогресс и жесткое разделение труда делает существование человека все менее зависящим от природной реальности.

Вместе с тем, необходимо отметить, что никакие реформы физического образования не способны изменить объективный статус физики как фундаментальной основы всех областей современного научного знания. Самые первые попытки философов древности объяснить устройство мира были не чем иным, как зарождением и развитием физики, а современная цивилизация, существующая в глобальном информационном пространстве, приобрела свои характерные черты также благодаря развитию физической науки. История физики – это история человечества, познающего Вселенную и создающего неприродную реальность, изучение физики развивает интеллект и формирует мировоззрение.

Осознавая глубину проблем, возникших перед физическим образованием в период реформ, целесообразно уделить внимание возможностям модернизации процесса обучения разделам физики и базирующимся на них техническим дисциплинам. Взгляд на существующую ситуацию с позиций диалектики должен вселять в нас уверенность в том, что условия, явившиеся причиной трудностей, содержат в себе потенциальную возможность их преодоления. В этой связи, целесообразно обратить внимание на компьютерные технологии как средство повышения эффективности обучения. Их применение расширяет экспериментальную основу физического образования, позволяет организовать исследовательскую деятельность студентов с использованием виртуальных моделей природных явлений, а также модернизировать эту деятельность при помощи микропроцессорных систем сопряжения натурального объекта с компьютером. Компьютерное моделирование способно расширить арсенал средств исследования непосредственно ненаблюдаемых электромагнитных явлений. Это приобретает особую важность в контексте углубления физического знания при изучении технических спецдисциплин и объяснения их материала с позиции физических основ явлений.

Согласно классификации В.В. Лантева (1998), можно выделить три подхода к внедрению компьютерных технологий в практику обучения: первый – достижение начальной компьютерной осведомленности, второй – предметный подход, подразумевающий изучение компьютеров как самостоятельной области знания, и третий – общий подход, заключающийся в использовании компьютерной и микропроцессорной техники как технического средства для решения различного рода задач по всем учебным дисциплинам. Данная статья отражает деятельность, позиционируемую в рамках

концепции общего подхода и направляемую на совершенствование естественнонаучного эксперимента на основе интеграции натурального исследования с компьютерным моделированием.

## **2. Социально-психологические предпосылки модернизации учебной экспериментальной деятельности**

Рассмотрение роли и места естественнонаучного эксперимента в учебном процессе преподавания общетехнических дисциплин целесообразно начать с анализа роли и места, занимаемого экспериментальной деятельностью в структуре человеческого мышления и познания.

Современный мир характеризуется бурным развитием новых, высокотехнологичных отраслей науки, практики и знания. В результате появления и развития компьютера на смену проводной и традиционной радиосвязи пришли и стали доступны сотовая и спутниковая связь, средства массовой информации объединились для потребителя в единое информационное пространство, электронные деньги вышли из исключительно банковской сферы и распространились на сферу расчетов рядовых граждан. Создание программного обеспечения и технологий защиты информации требует сегодня подготовки специалистов смежных областей: математики и программирования с одной стороны, и технологии производств, связи, банковского, музейного дела, социологии, политологии и т. п. – с другой. Понятие "квалификация" все больше замещается понятием "компетенция" (Алешкевич, 2005). Успешность профессиональной деятельности все больше определяется способностью извлекать и использовать информацию для принятия решений в непрерывно меняющихся многофакторных ситуациях. Обладание суммой знаний уступает в ценности умению добывать знания, умению учиться.

Говоря о мировых тенденциях развития физического образования, В.А. Алешкевич (2005) отмечает, что непрерывно обновляющийся и "многообразный рынок труда диктует необходимость развития у молодых специалистов умения нестандартно мыслить, требует наличия интеллектуальных и коммуникативных способностей, позволяющих успешно организовывать деятельность, не только в узкопрофессиональном, но и в широком социальном, экономическом и культурном аспектах". На это же, но в отношении физического образования, указывает А.С. Кондратьев (1998): "Сейчас необходимо добиваться того, чтобы для учащихся наука была не перечнем открытий, не суммой формул, а способом мышления в процессе познания окружающего мира".

Постановка педагогической задачи формирования мышления требует более конкретного определения этого процесса и выделения его составляющих. Жан Пиаже (1969) рассматривает мышление как вид поведения или умственной деятельности, направленный на реадaptацию организма к изменяющимся условиям окружающей среды. У. Джемс (1981) дает определение мышлению, конкретизируя изменяющиеся внешние условия: "Условимся считать характеристической особенностью мышления в тесном смысле слова способность ориентироваться в новых для нас данных опыта". То есть отправной точкой мышления является воспринимаемый с помощью органов чувств результат опыта, а само мышление есть форма деятельности сознания, определяемая аффективной реакцией субъекта и разворачивающаяся в соответствии с субъективными интеллектуальными схемами. Два аспекта поведения существуют одновременно, влияя друг на друга, и являясь принципиально различными, несводимыми друг к другу. Даже в области чистой математики невозможно рассуждать, не испытывая никаких чувств, и, наоборот, существование чувств невозможно без минимума понимания и различения (Пиаже, 1969). Именно поэтому, разрабатывая технологии обучения, мы должны одновременно с развитием и использованием интеллектуальных способностей учащихся учитывать и формировать их чувственные мотивы и предпочтения.

У. Джемс выделяет черту мышления, отличающую его от других умственных процессов. Эта черта – продуктивность мышления. Эмпирические умственные процессы, заключающиеся в восприятии и первичной обработке информации, репродуктивны. Ребенок, слушающий сказку, внимателен и сосредоточен, его мозг занят рождением образов от услышанного, но "мышлением" в понимании Джемса эту деятельность назвать нельзя. Мышление начинается тогда, когда в повествовании встречаются новые термины или сочетания терминов, либо в финале прочитанного, когда требуется понять скрытый в истории смысл или мораль. При появлении незнакомого материала в процессе чувственного (слухового) восприятия, ребенку требуется сосредоточить свое внимание уже на принципиально иной форме умственной деятельности. Ребенок-мыслитель должен из новых данных сделать такие выводы, которые совершенно загладят его незнакомство с данной конкретной областью (Джемс, 1981). В результате этой деятельности будет создан образ или сделано умозаключение, которые впоследствии могут быть использованы в репродуктивной деятельности мозга. "Каждый акт мысли меняет соотношение субъекта и объекта; каждый акт мысли вызывает изменение проблемной ситуации, а каждое изменение проблемной ситуации вызывает дальнейшее движение мысли" (Рубинштейн, 1981). По мере развития интеллекта и при относительно невысокой сложности задач, связанных с обработкой новых данных, репродуктивная и продуктивная деятельности мозга могут происходить условно одновременно. Либо мыслительная

деятельность может быть отложена на некоторое время, пока не прервется поток новых данных, и осуществлена постфактум, на основе воспоминаний или записей. Но во всех случаях мышление остается специфической деятельностью мозга, направленной на создание новых образов или логических структур.

Здесь, на наш взгляд, будет уместно остановиться подробнее на том, что мы называем данными опыта, а точнее, на времени, форме и контексте появления этих данных в учебной деятельности студентов. С новой для себя информацией студенты сталкиваются на учебных занятиях всех форм – лекционных, лабораторных и практических. Мы привыкли считать, что естественнонаучным опытам место в лаборатории, при проведении лабораторного практикума. Но рассматривая опыт в более общем смысле – как отправную точку процесса познания, как некое нарушение равновесия между средой и организмом (Пиаже, 1969), побуждающее индивид действовать в направлении восстановления этого равновесия, нетрудно видеть, что студент экспериментирует непрерывно, независимо от формы занятия.

Лекцию в вузе трудно сравнить с детской сказкой, которая приводилась выше в качестве примера, но принцип подбора сказок для детей должен в точности соблюдаться при создании лекций для студентов. Имеется в виду следующее: двухлетнему ребенку окажется непонятен смысл сказок Андерсена, Шварца или басен Крылова; как минимум, произведения должны быть адаптированы к уровню мышления ребенка. Точно так же и научный материал должен быть адаптирован к восприятию студентами. Мышление в процессе научного познания и мышление в процессе изучения предмета не эквивалентны из-за принципиальных различий тех опытных данных, которые побуждают к мышлению. У первых исследователей электричества в качестве чувственно воспринимаемых экспериментальных данных были проводные рамки, электроды, искры, дуги и даже разряды молний. Студентов к мыслительной деятельности должны побуждать формулы, определения, схемы и графики...

Самое пристальное внимание подаче материала, предназначенного для восприятия и последующей обработки интеллектуальным инструментарием, уделяет Р. Арнхейм (1981). Он критикует отношение к чувственному восприятию как к служителю интеллекта, к поставщику сырья. "Мы жертвы укоренившегося представления, согласно которому мышление происходит в отрыве от перцептивного опыта. Считается, что чувства связаны с отдельными конкретными явлениями, поэтому их роль ограничена сбором сырья для накопления опыта. Дальнейшая обработка сенсорных данных осуществляется "высшими" способностями разума. Чтобы учиться на опыте, разум должен из частных выводить обобщения, а царство обобщений, как полагают, не может иметь ничего общего с прямым восприятием" (Арнхейм, 1981).

По мнению Арнхейма, подобно тому, как обращение с реально существующими предметами является мышлением руками, память и знания оперируют визуальными образами предметов. На этом основании можно говорить о визуальном мышлении – мышлении посредством визуальных операций. Визуальное мышление укладывается в схему процесса мышления, данную У. Джемсом: при столкновении с фактом  $S$ , не находящим в уме какого-либо соответствия и требующим осмысления, мыслитель подвергает факт анализу – мысленному разложению на составные части и находит (воспроизводит) в нем определенный атрибут  $M$ . Этот атрибут он принимает за существенную сторону факта (то есть факт представляется не многогранным явлением, а абстрактным атрибутом), и усматривает в нем свойство  $P$ , не присущее ранее встреченному явлению. В результате акта мышления, заключающегося в выполнении операций анализа и абстрагирования, в сознании оказывается установлено соответствие между  $S$  и  $P$  через посредство промежуточной абстракции  $M$ :

$$\begin{array}{l} M \text{ есть } P \\ S \text{ есть } M \end{array} \Bigg| \Rightarrow S \text{ есть } P.$$

Арнхейм переводит мыслительные функции анализа и абстрагирования с уровня мышления (в традиционном смысле) на уровень зрительного восприятия. Для этого наглядный материал должен быть особым образом организован. "Активное владение наглядным материалом возможно только в том случае, когда существенные свойства объектов мышления при помощи образов наглядно объясняются... Видеть свойства какого-либо предмета – значит воспринимать его как пример воплощения определенных общих понятий...". Используя литеры Джемса, благоприятные условия для осуществления визуального мышления Арнхейма можно представить так: понятие  $S$  должно вводиться в виде знакового или графического изображения, содержащего знакомые элементы  $M$  с известными свойствами  $P$ . При этом визуальные абстракции  $M$  в свое время должны были быть введены по такой же схеме.

"Элементы мышления в восприятии и элементы восприятия в мышлении дополняют друг друга. Они превращают человеческое познание в единый процесс, который ведет неразрывно от элементарного приобретения сенсорной информации к самым обобщенным теоретическим идеям" (Арнхейм, 1981). Точка зрения Арнхейма спорит с точкой зрения, согласно которой познание разделено на несводимые друг к другу аффективную и когнитивную виды деятельности. Но науки от этого спора только

приобретают, и одно из свидетельств этих приобретений – педагогическое направление, использующее идеи визуального мышления и получившее название "визуальная школа".

В основе педагогических методов визуальной школы лежит следующее определение В.П. Зинченко (1973): "Визуальное мышление – это человеческая деятельность, продуктом которой является порождение новых образов, создание новых визуальных форм, несущих определенную смысловую нагрузку и делающих значение видимым".

Для реализации возможностей визуального мышления учащихся должна быть создана специальная среда, предполагающая как традиционно наглядные, так и специальные средства и приемы, позволяющие активизировать работу зрения (Резник, 2000). Для организации визуальной среды предлагается использовать, помимо традиционных средств, потенциал компьютера, не используемый сегодня в полной мере. "Школьные мониторы пусты. Для полноценного наполнения их и накопления педагогического опыта работы с ними нужна определенным образом сформированная информационная среда, структурные элементы которой должны помочь:

- учителю – организовать соответствующим образом процесс обучения;
- ученику – использовать возможности зрительного аппарата в усвоении и повторении теории, решении задач" (Резник, 2000).

Таким образом, анализ философско-психологической и педагогической мысли показывает, что ход и эффективность мышления во многом зависят от первоначального чувственного опыта, а эффективность обучения – от формы первичной подачи дидактического материала. Опыт, понимаемый наиболее широко, как отправная точка мышления, присутствует не только в экспериментальной лабораторной деятельности студентов, но и в остальных видах учебной деятельности. Выводы психологической и педагогической наук свидетельствуют об одном: этот опыт должен быть наглядным.

Наглядность – очень емкое понятие. Согласно точке зрения Н.Е. Важеевской, наглядность характеризует все человеческое познание, выражая связь используемых мышлением образов с объективной реальностью. Сам термин "наглядность" определяет ее первую, условно, "зрительную" функцию – построение чувственного образа объекта. Вторая, условно, "умозрительная" функция – раскрытие внешней и внутренней структуры, внешнего и внутреннего механизма объекта или явления.

В науке XIX в. преобладающей была первая функция наглядности. В классической физике наглядной считалась теория, которая использовала органы чувств человека или чувственные аналоги явлений. Плоскому евклидовому пространству ставился в соответствие сосуд, из которого выкачан воздух, равномерно текущему времени – течение реки (в которую нельзя войти дважды), эфиру – нейтральный газ, атомам – шарики в узлах решетки, электромагнитным волнам – волны в жидкости и т.д.

Наука XX в. изменила представления о времени и пространстве, положив предел области применения чувственных аналогов. В этой ситуации на первое место выступает вторая функция наглядности, реализуемая при помощи математических моделей. На смену конкретным образам приходят математические уравнения, делающие наглядным широкий спектр природных явлений и свидетельствующие об их общности. Сфера применения математики значительно расширяется при использовании компьютерной техники. Происходит переход науки к "строгим формам" познания более сложного класса материальных систем и процессов (Сачков, 1983). Вырабатываются формы и средства, ориентированные на раскрытие внутренних свойств и структуры сложных систем, происходит выработка нового видения мира, нового языка науки, более приспособленного для отображения структуры и динамики окружающего мира.

Необходимо отметить еще одно важное свойство чувственного опыта, определяющее эффективность процесса мышления, – вариативность. Подготовленный, рафинированный опыт лишает индивида возможности вырабатывать, закреплять и совершенствовать собственные операции мышления – анализ, синтез, абстракция, обобщение. С.Л. Рубинштейн (1981) указывает, что первичный процесс мышления, не превратившийся еще в ряд определенных операций, совершается в виде поисковых проб.

Пробы необходимы для соотнесения требований задачи с условиями. Отвергая одну пробу и обращаясь к следующей, человек шаг за шагом анализирует проблемную ситуацию и вырабатывает индивидуальные схемы решения задач. В связи с этим весьма важным является создание для учащихся такой среды обучения, в которой они имели бы возможность совершать пробы и ошибки, вырабатывая собственные "алгоритмы разума" (Амосов, 1979).

Созвучные мысли находим у В.М. Кларина, который говорит о том, что готовые планы исследований, логические схемы и выводы создают у учащихся впечатление законченности и неоспоримости знаний. "Экономичное по времени, компактное изложение сведений опускает важнейшую черту знания – его относительный характер, подверженность пересмотру" (Кларин, 1997).

Рубинштейн вообще отказывает пусть продуктивной, но механистической умственной деятельности в праве называться мышлением. Процесс, приводящий к открытию операций мышления, а

также к открытию правил, определяющих эти операции, не может быть сведен к усвоению и овладению этими правилами и операциями. Если процесс открытия совершается в одной голове (в голове педагога или его предшественника – ученого), а в голове ученика "...имеется только набор правил и операций, которые он без понимания, «формально» усвоил («вызубрил»), [то] ...они функционируют у него автоматически, в виде слепых навыков, помимо всякого мышления" (Рубинштейн, 1981).

Не операции порождают мышление, а процесс мышления порождает операции, которые затем в него включаются. В деятельности, направленной на решение конкретной задачи, Рубинштейн проводит четкую грань: мышление осуществляется на этапе планирования, принятия решения, определения подходов, выработки маршрутов, после чего мышление в "чистом виде" сменяется рутинной работой по осуществлению замысла. Эта работа заключается в выполнении "...операций, сплошь и рядом являющихся затвердевшими сгустками чужой мысли, функционирующими в виде слепых навыков".

Это положение психологической науки используется в педагогике. В основе конкретных методик лежит стремление реализовать в процессе обучения модель естественнонаучного исследования. Распространенной в практике преподавания манере констатирующего изложения материала противопоставляется исследовательский метод, основанный на положении, что "идеи науки можно полноценно понять лишь в контексте их возникновения и обусловленности дальнейшими исследованиями..." (Кларин, 1997).

Таким образом, в качестве предпосылок модернизации учебной экспериментальной деятельности средствами компьютерного моделирования можно привести следующие тезисы:

- педагогическая деятельность в современных условиях должна быть направлена на то, чтобы изучаемая область знания становилась для учащегося не перечнем открытий, не суммой формул, а способом мышления в процессе познания окружающего мира;
- ход и эффективность мышления во многом зависят от качества первоначального чувственного опыта, а эффективность обучения – от наглядности первичной подачи дидактического материала;
- наглядность дидактического материала обеспечивается как созданием качественного зрительного образа, так и раскрытием внутренней структуры, внутреннего механизма объекта или явления;
- операции мышления не даны человеку изначально, а возникают в результате проб и совершенствуются в непрерывном применении, следовательно, в процессе обучения учащийся должен иметь возможность экспериментировать, совершать пробы и ошибки в необходимом для него количестве, а не приобретать готовые чужие знания.

### **3. Методика применения компьютерного моделирования в учебной экспериментальной деятельности**

Целью исследования, по результатам которого публикуется статья, является разработка методики применения компьютерного моделирования на всех этапах натурального физического эксперимента, проводимого в рамках изучения электротехнических дисциплин студентами вузов. Данная деятельность осуществляется в плане пролонгации изучения раздела физики "Электричество" за рамки собственно физического курса, углубления физического знания, реализации концепции развивающего и личностно-ориентированного обучения.

Разработка методических основ применения компьютерного моделирования при изучении специальных технических дисциплин, основанных на материале раздела физики "Электричество", осуществлялась по трем направлениям: применение моделей в натурном исследовании, в виртуальном лекционном эксперименте и в самостоятельной учебной деятельности студентов.

Экспериментальная деятельность является важнейшим этапом развития как научного, так и учебного знания, и, стремясь в своих методических разработках делать акцент на изучение *физики явления*, мы понимаем, что натурное исследование представляет собой *физику явления* в самом чистом виде, и возможность совершенствования его при помощи виртуальных моделей не всегда очевидна. Кроме этого, при изучении электромагнитных явлений не очевидно, где заканчиваются эти явления и начинаются средства их исследования, поэтому применение компьютерных технологий для модернизации инструментальной базы исследований также не является благом само по себе, а требует взвешенного и обоснованного подхода.

Физику мы рассматриваем как дисциплину, целью которой является обучение умению видеть электричество разумом и понимать его. Путь к глубокому и прочному пониманию процессов, происходящих в электрических цепях, долог и труден. Он предполагает напряженную работу ума, и обеспечить здесь революционный прорыв за счет каких бы то ни было технических новинок невозможно. Но с деятельностью разума всегда неразрывно связано чувственное восприятие, элементы мышления в восприятии и элементы восприятия в мышлении дополняют друг друга. Они превращают человеческое познание в непрерывный процесс, ведущий от приобретения сенсорной информации к обобщенным теоретическим идеям.

Принимая во внимание то, насколько ограничены возможности человека чувственно воспринимать электричество, мы должны не просто бережно, но даже трепетно относиться к так называемым "старым" инструментам и средствам исследования цепей. Все они появлялись и развивались по мере становления общечеловеческих представлений об электричестве, и современный студент – преемник этих представлений – органически нуждается в них, как в эволюционно развитых органах чувств. Но нельзя забывать, что этот же студент должен освоить опыт, накопленный человечеством, за все более ограниченное время, поэтому арсенал средств исследования электричества должен расширяться и совершенствоваться. В умелом введении в методику преподавания раздела "Электричество" новых технологий при сохранении традиционных методов и средств и должно заключаться диалектическое сочетание эволюционного и революционного.

Идея модернизации методики проведения натурального эксперимента базировалась на видимом противоречии между широко используемым в теории математическим аппаратом, описывающим электрические явления, и инструментальными средствами исследования цепей. Речь идет о символическом методе расчета, основанном на представлении синусоидальной электрической величины в виде символа – вектора на комплексной плоскости. Трудно переоценить значение этого метода; он прост, нагляден и имеет широкое практическое применение во всех специальных электротехнических дисциплинах. Метод основан на замене синусоидальных функций их изображениями, благодаря чему при расчетах цепей удается перейти от дифференциальных уравнений к алгебраическим, значительно упростив расчеты. Но недостаток метода, как метода изучения *физики* явлений и процессов, заключен именно в его символичности, в формализованности. Противоречие будет устранено только в том случае, если прямые и обратные преобразования функций и их изображений перестанут быть отдельными учебными заданиями, а станут инструментами мышления студента в процессе изучения электротехнических явлений. Знания о методе и даже владения методом для этого недостаточно, необходимо его многократное использование и глубокое, неформальное понимание связи параметров модели с параметрами реального процесса.

Анализ положения дел при изучении специальных электротехнических дисциплин вуза показывает, что из-за сложности вычислений комплексных чисел, прямых и обратных показательно-тригонометрических преобразований векторные диаграммы так и не становятся средством изучения физических явлений. Студенты не видят собственной выгоды в построении векторных диаграмм и относятся к требованию их использования как к очередной задаче, заданной преподавателем.

Для преодоления сложившейся ситуации была проведена работа, направленная на – создание инструментального средства, использующего компьютерное моделирование для непосредственного представления синусоидальных электрических величин в векторном виде; – разработку компьютерных приложений, сопровождающих лабораторные исследования цепей переменного тока, выполняемые при помощи традиционных измерительных приборов.

Функциональная схема разработанного инструментального средства представлена на рис. 1. Оно состоит из устройства связи с объектом (УС) и персонального компьютера (ПК) с программой визуализации. Напряжение, снимаемое одной парой клемм, принимается за опорное, имеющее нулевую фазу, вторая пара клемм поочередно подключается к выводам всех элементов схемы, а программа визуализации представляет снимаемые напряжения в векторном виде на экране монитора. При этом существует возможность получения точных значений модуля и фазы каждого сигнала, перемещения векторов в рабочем поле курсором мыши.

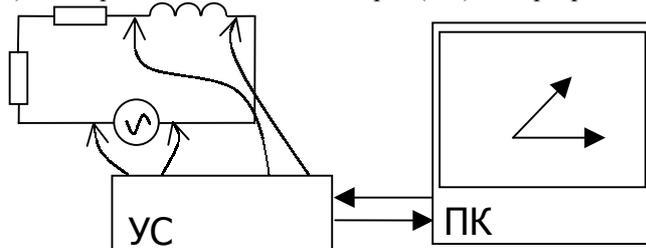


Рис. 1. Инструментальное средство, представляющее синусоидальные электрические величины в виде векторов

Применение прибора открывает перспективы модернизации натуральных исследований электротехнических объектов. Если наблюдать за электромагнитными явлениями с предоставляемой прибором точки зрения, поведение цепи становится более наглядным, а связь символического представления синусоидальных электрических величин с реальными токами и напряжениями – более очевидной. Новое инструментальное средство предоставляет условия для внедрения в процесс обучения исследовательского метода, что будет показано на следующем примере.

Простота математического аппарата и наличие готовой методики выполнения лабораторной работы позволяют студенту исследовать разветвленную цепь постоянного тока. Программа работы предусматривает опытную проверку законов Кирхгофа, принципа наложения, теоремы взаимности, определение входных проводимостей, графическую интерпретацию одного из контуров в виде потенциальной диаграммы. Приобретая навыки исследования цепи постоянного тока, студент мог бы

применить их при исследовании разветвленной цепи переменного тока, но его компетентности в области использования традиционных измерительных приборов для достижения перечисленных целей оказывается недостаточно, и методика исследования цепи остается невостребованной. Применение компьютерной модели, работающей параллельно с исследуемой цепью, позволило изменить ситуацию.

Одновременно с предоставлением в распоряжение студента нового инструментального средства, перед ним была поставлена задача: проверить опытным путем соблюдение первого и второго законов Кирхгофа, убедиться в действии принципа наложения, определить входные и взаимные проводимости ветвей и построить векторные диаграммы токов и напряжений. Никаких методических указаний по выполнению работы не предлагалось. Несмотря на это, все студенты, прошедшие через данное испытание, справились с поставленной задачей. Этот факт, а также то, что для овладения устройством студентам не потребовалось специального занятия, подтверждает органичность включения данной компьютерной модели в учебный процесс. Она заняла пустующее место в методике обучения физике электричества, и ее появление было предсказуемо и ожидаемо.

Модернизация инструментария исследования не отменяет традиционных методов, но предполагает их совершенствование с использованием компьютерного моделирования. Поскольку описанное устройство не является широко распространенным и доступным, остается необходимость приобретения студентами навыков построения векторной модели электрической цепи на основе показаний более распространенных приборов. Традиционно, помощь студентам в построении векторной диаграммы оказывают иллюстрации учебников и плакаты. Продуманное выделение векторов цветом, грамотное указание углов, безупречная точность изображений являются несомненными достоинствами этих наглядных пособий, но существует и резерв улучшения наглядности. Этот резерв – динамичность изображения. Книжные иллюстрации статичны, они не показывают явно тенденции изменения взаимного расположения векторов при изменении параметров схем. Стараясь выполнить построения для новых данных по аналогии с имеющимися иллюстрациями, студент часто уделяет внимание несущественным деталям диаграммы, упуская значительные.

С целью повышения эффективности приобретения навыков построения векторных диаграмм был разработан ряд компьютерных приложений, служащих динамическими иллюстрациями явлений, происходящих в исследуемых электрических цепях. В приложениях используется описанная выше компьютерная модель, работающая без электронного устройства связи с объектом. Функции этого устройства выполняет студент, производящий замеры в цепи с использованием традиционных измерительных приборов.

Предлагаемый подход проиллюстрирован примером использования приложения при исследовании разветвленной цепи, содержащей ветви с активным сопротивлением и катушкой индуктивности. Входными данными, которые должен ввести студент, являются модули токов, измеренные амперметром в неразветвленной части схемы и в ветвях. По ним программа строит восемь векторов; пять – по числовым значениям, три – качественно, с соблюдением фазовых сдвигов и соотношения размеров. Преподаватель, предлагающий к использованию разработку, позволяет студенту миновать кропотливые расчеты и построения, но не для того, чтобы упростить процесс, а чтобы возбудить интерес к нему. Действие впечатляет: на основе всего трех замеров вырабатываются значения восьми модулей и восьми фаз. Как это сделано, программа не объясняет, но строит качественно и точно, то есть дает возможность проверить собственные построения, выполненные на бумаге.

Предложенный программой набор векторов (рис. 2а), еще не векторная диаграмма, а только набор заготовок, которые можно перемещать мышью, составляя треугольники токов и напряжений. Для студента рассматриваемой стадии обучения эта задача является непростой, но привлекательной из-за

легкости перемещений и перестроений в окне программы. Не являясь самостоятельным имитатором электрических процессов, программа должна сопутствовать выполнению лабораторной работы, помогая студенту формировать векторную модель электрической цепи и приучая работать с векторами. Законченный вид диаграмма принимает при следовании законам Кирхгофа для изображений синусоидальных величин (рис. 2б).

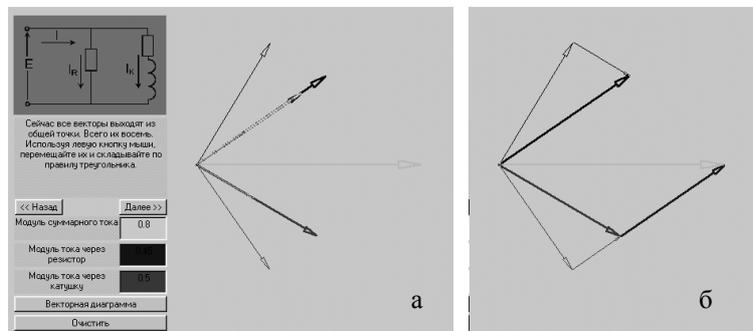


Рис. 2. Результат построения векторной диаграммы а) – программой, б) – студентом

Разработанные средства открывают широкие перспективы модернизации методики исследования электромагнитных явлений и электротехнических объектов.

В первом случае примером может служить явление резонанса. Если проводить исследование по старой методике, с применением традиционных приборов, в основном будут совершенствоваться умения собирать электрическую цепь, корректно снимать показания приборов и преобразовывать их в векторную диаграмму, которые не являются целевыми на данном этапе обучения. Цели более высокого уровня, связанные с резонансом как таковым, поставить невозможно по причине технической сложности их достижения. Работа достаточно объемна из-за необходимости в нескольких опытах (около десяти) снимать показания пяти приборов, и понимание того факта, что в одном из опытов наблюдался резонанс, часто приходит уже после обработки результатов.

Электротехническим объектом, изучение которого с использованием действующей одновременно с ним компьютерной модели будет более эффективным, является асинхронная электрическая машина. Опыт подготовки студентов электротехнических специальностей показывает, что поведение асинхронного двигателя при изменяющемся моменте нагрузки так и остается непонятым ими. Это происходит потому, что установить связь электромагнитного момента двигателя с током якоря невозможно без учета фазы этого тока относительно сетевого напряжения. Учитывать фазу тока можно, только имея представление о характере перемещения векторов векторной диаграммы при изменении нагрузки. Но наблюдать такое перемещение при существующей методике изучения *физики* электричества невозможно. Его можно лишь представлять, а формированию этого представления должна служить предусмотренная программой круговая диаграмма асинхронной машины. Но представление без возможности непосредственного наблюдения дается трудно, и на деле круговая диаграмма в сознании большинства студентов существует отдельно от объяснения физики процессов, происходящих в электрической машине. Этого не должно быть в том случае, если студент при изучении электричества еще в курсе общей физики понял значение простейшей векторной диаграммы, но это происходит из-за того, что фундаментальное физическое знание оказалось заслонено, затерто, отодвинуто на второстепенные позиции специализированными формулировками и "законами". Применение обозначенного компьютерного моделирования на всех этапах изучения *физики* электричества обеспечит преемственность представлений о нем, независимо от названия специальной дисциплины.

Рассматривая учебную дисциплину как модель науки, нельзя не видеть явное несоответствие модели реальному процессу научного познания. Научное творчество развивается циклически: от фактов первичного опыта к гипотезе, через выводы, проверяемые в новом эксперименте, к новым фактам. Учебная деятельность, при наличии в ней цикличности научного творчества, оказывается искусственно разделена на три основные формы занятий: лекционную, практическую и лабораторную. Часто значимость одной формы занятий ставится выше значимости другой. Это извращает представление студентов о целях отдельных занятий и обучения в целом. Комбинированию форм учебной деятельности, включению натурального эксперимента в лекцию, сложных и объемных расчетов – в лабораторное исследование, препятствуют, в основном, технические трудности. Позитивному изменению этого положения должно служить применение компьютерного моделирования. Включение в содержание специальных технических дисциплин практико-ориентированных задач, раскрывающих взаимосвязь физики и области специализации, способствует установлению межпредметных связей и преодолению разобщенности дисциплин.

В качестве примера интеграции лекционного занятия с виртуальным компьютерным экспериментом может быть рассмотрена заключительная лекция раздела "Переходные процессы в линейных электрических цепях". Виртуальный эксперимент, заключающийся в подключении асинхронного двигателя с неподвижным ротором к трехфазному инвертору напряжения, представляет собой решение задачи, ориентированной на специализированные дисциплины старших курсов. В основе решения задачи – явление электромагнитной индукции. Цель лекции и виртуального эксперимента заключается в том, чтобы на основе понимания физических основ этого явления, используя математические инструменты, применяемые в электротехнике, получить представление о сложном техническом устройстве как об объекте, познаваемом имеющимися у студентов средствами. Иными словами, вся сложность объекта должна быть представлена как результат количественного наложения известного и понятного физического явления.

В работе показано, как на примере сложного электротехнического устройства, но не употребляя специальных терминов "тиристор", "закон управления тиристорами", "угол проводимости тиристора", "скольжение" и т. п. и используя всего одну формулу:

$$i = \frac{U}{R} \left( 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right),$$

объяснить физический смысл расчета цепи при помощи интеграла Дюамеля. Применение компьютерного моделирования дает возможность на протяжении одного лекционного занятия обозначить маршрут движения от постановки специализированной задачи, через разработку модели исследуемого объекта к исследованию поведения модели при помощи заявленного в теме лекции расчетного метода. В этом маршруте нетрудно видеть цикличность научного творчества. Результатом первичного, проведенного еще в курсе физики опыта, является факт: ток в R-L цепи нарастает плавно и описывается зависимостью, полученной при решении дифференциального уравнения

$$i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} = U.$$

На основании этих данных выдвигается гипотеза: при периодическом скачкообразном изменении питающего напряжения ток может быть представлен как результат сложения отдельных экспонент тока. Это предположение проверяется в ходе вычислительного эксперимента. Результаты эксперимента анализируются и сравниваются с результатами применения альтернативной математической модели, после чего делаются новые выводы.

Таким образом, у студентов формируется представление о новом расчетном методе как о необходимой и логичной трансформации известных физических понятий. При этом название метода и строгая последовательность в изложении его сути приобретают второстепенное значение и уступают место выработке собственных алгоритмов решения конкретных задач. Достигается не усвоение материала, а его понимание.

Третьим аспектом применения компьютерного моделирования при изучении специальных технических дисциплин, основанных на материале раздела физики "Электричество", является оптимизация самостоятельной учебной деятельности студентов. Роль и доля самообучения в процессе обучения сегодня непрерывно возрастают. В условиях перехода на платное высшее образование все более актуальным становится заочное обучение, повышается ценность аудиторного занятия, а подготовка к нему требует большего внимания. В то же время существует тенденция к сокращению аудиторных часов в сумме часов по дисциплине, и это также требует изыскивать способы оптимизации самостоятельной работы студентов.

Одним из факторов, влияющих на эффективность самостоятельной подготовки к практикуму, мы считаем ее привлекательность для студентов. Чтение учебника является непривлекательной деятельностью, поскольку в ней отсутствует исследовательское зерно. Стимулировать пытливые изучение теоретического материала было бы возможно за счет нестандартной формулировки тестовых вопросов, но оценить правильность своих ответов на подобные вопросы студент не в состоянии, а прямых ответов на них в учебниках нет. Таким образом, обнаруживается противоречие: самостоятельная подготовка может быть эффективной, если будет организована так, чтобы заставить студента мыслить индивидуально, но для оценки результата мышления требуется участие преподавателя, что делает подготовку несоответствующей своему статусу.

Предлагаемая методика заключается в следующем: подготовка к натурному исследованию организуется в форме тренировочного режима компьютерной игры. Аналогом объемной и насыщенной нюансами игры в нашем случае выступает реальное лабораторное исследование, все особенности которого невозможно предусмотреть самыми подробными методическими указаниями. Тренировка заключается в выполнении основных этапов натурального эксперимента на виртуальной установке. При этом индивидуальное задание составляется таким образом, чтобы тестовые вопросы, о которых говорилось выше, оказались поставлены в неявном виде, и студенту для продвижения вперед было необходимо найти на них ответы. Для контроля по результатам проведения виртуальной лабораторной работы предлагается оформить протокол, который легко проверить преподавателю.

#### 4. Заключение

Обобщая изложенное, можно сформулировать следующие выводы.

- 1) Подход к изучению материала специальных дисциплин с позиций физического знания является фактором, определяющим эффективность, качество и неформальный характер специального образования.
- 2) Воспринимаемый с помощью органов чувств результат опыта является отправной точкой мышления. Ход и эффективность мышления во многом зависят от качества первоначального чувственного опыта, а эффективность обучения – от наглядности первичной подачи дидактического материала.

- 3) Компьютерное моделирование должно рассматриваться как дополнение к традиционным инструментам и средствам исследования, развивавшимся по мере становления общечеловеческих представлений об электричестве. Являясь аналогом эволюционно развитых органов чувств, эти средства нуждаются в дальнейшем совершенствовании, в частности, с использованием достижений компьютерных технологий.
- 4) Разработанное и изготовленное на основе компьютерного моделирования инструментальное средство предоставляет возможность наблюдения за электрической цепью с новой позиции, дополняя развертку процесса во времени, получаемую с помощью осциллографа, и действующее значение, показываемое вольтметром.
- 5) Новое инструментальное средство и компьютерные приложения, использующие аналогичную компьютерную модель, позволяют применять методику исследования электромагнитных явлений и электротехнических объектов, углубляющую понимание материала и позволяющую уменьшить разобщенность методологии физики и специальных дисциплин.
- 6) Интеграция виртуального компьютерного эксперимента с лекционным занятием целесообразна с точки зрения обеспечения непрерывности и цикличности учебного познания, являющегося моделью научного творчества.
- 7) Компьютерное моделирование предоставляет условия реализации на практике исследовательского метода обучения.

### Литература

- Алешкевич В.А.** Мировые тенденции развития физического образования. *Физика в системе современного образования – 2005. Материалы восьмой международной конференции.* СПб., Изд-во РГПУ им. Герцена, с.3, 2005.
- Амосов Н.М.** Алгоритмы разума. Киев, Наукова Думка, с.12, 1979.
- Арнхейм Р.** Визуальное мышление. Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления. М., Просвещение, с.98-107, 1981.
- Джемс У.** Мышление. Там же, с.12-13, 1981.
- Зинченко В.П.** Современные проблемы образования и воспитания. *Вопросы философии*, № 11, с.42-46, 1973.
- Кларин М.В.** Инновации в обучении: метафоры и модели: Анализ зарубежного опыта. М., Наука, с.147, 1997.
- Кондратьев А.С.** Современные проблемы в системе физического образования. В сб.: *Проблемы совершенствования физического образования.* СПб., Изд-во РГПУ им. Герцена, с.5, 1998.
- Лаптев В.В.** Важные проблемы компьютерного обучения в современной школе. Там же, с.25, 1998.
- Пиаже Ж.** Избранные психологические труды. Психология интеллекта. М., Просвещение, с.62-64, 1969.
- Резник Н.А.** Технология визуального мышления. В кн.: *Теория и практика продуктивного обучения.* Под ред. М.И. Башмакова. М., Народное образование, с.78-79, 2000.
- Рубинштейн С.Л.** О природе мышления и его составе. Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления. М., Просвещение, с.72, 1981.
- Сачков Ю.В.** Научный метод и его структура. *Вопросы философии*, № 2, с.39, 1983.