

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ю.А. Коровин, А.В. Тихоненко

Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ, г. Обнинск



Обсуждаются инновационные методы в процессе подготовки специалистов ядерно-энергетического профиля и научных исследованиях, осуществляемые на базе современных компьютерных технологий. Основой такого подхода являются широкое использование методов математического моделирования и современных программных методов; разработка, совершенствование и применение комплексов проблемно-ориентированных программ для сопровождения учебного процесса и решения фундаментальных и прикладных проблем ядерной физики и энергетики.

Ключевые слова: компьютерные технологии, подготовка специалистов, ядерная энергетика, программные инструменты, комплексы программ.

Key words: computer technologies, human resource development, nuclear power engineering, software tools, program systems.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Обучение физики в процессе подготовки специалистов ядерно-энергетического профиля имеет особое значение, поскольку закладывает фундаментальные и интеллектуальные основы современной наукоемкой профессии. При этом возрастающие энергетические и информационные запросы современного общества задают повышенные требования к персоналу и разработчикам ядерно-энергетических объектов как в части качества профессиональной подготовки, так и с точки зрения овладения современными компьютерно-коммуникационными технологиями. Адекватного совершенствования и модернизации требует процесс преподавания физики.

При такой модернизации предполагается реализация инновационного учебного процесса – подхода, который, с одной стороны, основан на знаниях всех базовых фундаментальных принципов физико-математического и инженерного образования, а с другой, – на использовании современных компьютерных средств и обеспечивает студентов и преподавателей самыми современными математическими и технологическими компьютерными инструментами обучения, сочетающими аналитические вычисления, численный анализ и качественную визуализацию данных и результатов.

© Ю.А. Коровин, А.В. Тихоненко, 2011

В связи с этим требуется использование современных форм организации учебного процесса, предполагающих сочетание традиционных по форме занятий, организованных с применением компьютерных средств, и новых информационных форм обучения (компьютерный практикум, имитационное моделирование, использования сетей и средств Интернета); усиление моделирующей и исследовательской составляющих при изучении физических и ядерно-технологических процессов и явлений; использование современных форм организации учебного процесса, сочетающих фундаментальность и систематичность российской образовательной школы с современными информационными технологиями; многовариантность учебно-методических комплексов и их соответствие необходимому образовательному стандарту; организацию учебного процесса с акцентом на смысловом, функционально-целевом и компетентностном подходах.

Материальной и технологической базой инновационного учебного процесса являются создаваемые информационные ресурсы и базы знаний, которые реализуются как элементы виртуальной компьютерной обучающей среды; переносят многие рутинные операции планирования обучения, реализации учебного процесса, контроля и проверки знаний в компьютерные системы; расширяют средства контроля знаний, умений и навыков – от диалоговых программ до имитационно-моделирующих систем; организуют компьютерные базы данных образовательных ресурсов и систему эффективного доступа к ним учащегося и преподавателя.

Такая база инновационного учебного процесса дает возможность реализации проблемно-ориентированного междисциплинарного подхода к изучению физики и смежных наук, решая проблему надпредметных и межпредметных связей и организуя учебный процесс проблемно-ориентированного типа, отражающего особенности подготовки специалистов ядерно-энергетического профиля с точки зрения формирования учебно-познавательных и научно-исследовательских компетентностей.

При этом компьютерные технологии дают возможность повышения активной составляющей обучения, контекстного обучения и обучения на основе опыта и практики, предполагающих развитие современных умений и навыков получения, обработки, усвоения и использования информации, самообучения; многоплановость (по уровню подготовки), многовариантность (по траекториям обучения) и наглядность обучения и контроля; формирование широкого кругозора обучаемого как в общем естественно-научном, так и профильном, ядерно-физическом направлениях; применение знаний для объяснения явлений природы, свойств вещества, принципов работы ядерно-технических устройств, решения физических задач, самостоятельного приобретения информации физического содержания и оценки достоверности, использования современных информационных технологий с целью поиска, переработки и предъявления учебной и научно-популярной информации по физике и энергетике; обеспечение базовой задачи процесса учения (обучения) физики – формирование особых интеллектуальных умений ядерно-физического профиля.

Дополнительными инновационными элементами обучения специалистов ядерно-физических специальностей являются учебно-исследовательские ресурсы: физический практикум, математическое моделирование и вычислительный эксперимент для физических процессов и явлений; универсальные учебно-исследовательские комплексы программ, применяемые студентами и аспирантами при выполнении учебно-исследовательских курсовых и дипломных работ и диссертаций; учебно-проектная организация обучения, сочетающая индивидуальное обучение

и выполнение заданий на базе научных задач с работой в учебно-исследовательских группах, выполнение курсовых и проектных заданий по научной тематике кафедры.

Представляется естественным решение задач инновационного образования с ориентацией, с одной стороны, на лучшие отечественные и зарубежные аналоги образовательных программ, отражающие новейшие достижения в науке и технике, перспективные направления ядерно-физической отрасли, а с другой, – на их модернизацию с учетом новейших фундаментальных и прикладных разработок в физико-техническом, ядерно-энергетическом и других направлениях развития современных высокотехнологических отраслей.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГРУППЫ ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

С применением компьютерных технологий практически во всех сферах жизни общества уже снят вопрос: использовать или нет компьютеры в подготовке кадров; актуальным на сегодняшний день уже является вопрос, как и в каком качестве их использовать. В этом смысле среди огромного числа компьютерных ресурсов следует сосредоточиться на таких программных продуктах, при использовании которых в процессе подготовки специалистов ядерно-энергетического профиля, с одной стороны, не требовалось бы трудоемкое общение с компьютером, обладающих при этом адекватными математическими возможностями, а с другой, – являющихся бы научными современными инструментами, предназначенными для решения актуальных фундаментальных и прикладных проблем ядерной физики и энергетики.

В этом контексте учебно-исследовательская и научная работа основаны на использовании (помимо традиционных) подходов, предполагающих широкое применение методов математического моделирования, современных программных методов, а также разработку, совершенствование и применение комплексов проблемно-ориентированных и прикладных программ.

К одной группе таких программных инструментов можно отнести системы символьной математики – интерактивные многофункциональные компьютерные системы высшего интеллектуального уровня, сочетающие простоту использования с мощностью самых современных математических инструментов. Поэтому такие системы являются как интерактивной учебно-исследовательской виртуальной средой, так и мощным инструментом научных исследований [1,2]: они во многом адекватны потребностям ядерной физики и энергетики как средства, содержащие самые разнообразные математические инструменты, необходимые при проведении научных и проектных исследований.

Ко второй группе программных инструментов относятся прикладные пакеты специализированного типа, предназначенные для исследования и сравнительного анализа моделей ядерных данных, вычисления сечения ядерных реакций на основе разных подходов с использованием моделей Хаузера-Фешбаха и Вайскопфа, расчета плотности ядерных уровней в рамках моделей ферми-газа и сверхтекучей, проведения варьирования параметров моделей для достижения согласия с известными экспериментальными данными [3 – 6].

Наиболее эффективное использование обеих групп программных инструментов осуществляется в рамках проводимых на кафедре работ по созданию комплексов проблемно-ориентированных программ, предназначенных для решения прикладных научных задач физики ядра и ядерной энергетики, разработке и реализации на базе таких комплексов новых моделей ядерно-физических объектов,

включая визуализацию результатов и рекомендации по их использованию. Кроме того, на базе комплексов разработаны и внедрены современные учебные материалы, методики, программно и методически обеспечивающие учебный процесс инновационного типа и подготовку кадров в области ядерной энергетики.

КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ В СИСТЕМАХ СИМВОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ: ИССЛЕДОВАНИЯ И УЧЕБНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Концепция создания комплексов прикладных программ в системах символьной математики, которые используются как в учебном процессе, так и научных исследованиях, заключается [5], во-первых, в алгоритмизации задач средствами встроенных ресурсов и программным заданием данных и условий; во-вторых, в использовании метода функционального программирования на входном языке систем; в-третьих, в сочетании аналитических вычислений и технологии вычислительного эксперимента; в-четвертых, в использовании как численных, так и аналитических методов исследования математических моделей.

Реализация этой концепции предполагает разработку программ (как самостоятельных, так и в виде ресурсных элементов для последующего создания комплексов проблемно-ориентированных программ) и комплексов на основе аналитических и аналитико-численных алгоритмов для решения широкого круга задач физики ядра и энергетики. Такие программы и комплексы являются программной основой для решения прикладных задач физики ядра и ядерной энергетики, связанных с разработкой и реализацией моделей физических и энергетических объектов; с проведением вычислительных экспериментов и аналитическими методами исследования математических моделей физико-энергетических объектов; обработкой, визуализацией и анализом различных типов физических данных и результатов исследования.

Приведем примеры комплексов: комплекс программ для реализации, вычислительного эксперимента и проверки адекватности математической модели реактора теплоснабжения малой мощности с саморегулированием [1]; комплекс программ для обработки и статистического анализа данных нейтронной библиотеки активационных файлов «IEAF-2005» [2].

Использование систем символьной математики для обеспечения учебного процесса наиболее эффективно в рамках комплексного подхода, предполагающего выполнение с помощью таких систем не отдельных вычислений, визуализаций и т.п., а их органическое внедрение в процесс обучения как основного рабочего инструмента – в виде специализированного курсового комплекса программ. Подразумевается интерактивное использование систем символьной математики на лекциях, практических занятиях, в лабораторных работах и при выполнении студентами курсовых и аттестационных работ. Рассматриваемые подходы внедрены в учебный процесс в ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а разработанные учебно-методических комплексы являются программными составляющими курсов общей, теоретической и математической физики, специальных курсов.

Анализ проблемы создания комплексов программ для обеспечения учебного процесса показывает адекватность средств современных систем символьной математики целям подготовки кадров, хотя выбор определенных систем может определяться как целями изучаемого курса, так и уровнем подготовки студентов. При использовании комплексов программ в обучении также предполагается разработка элементной программной базы и их последующая интеграция в курсовые комплексы сопровождения учебного процесса. Разработанные программные комплексы являются универсальными учебно-исследовательскими ресурсами, применяе-

мыми студентами и аспирантами при выполнении учебно-исследовательских курсовых и дипломных работ и диссертаций [7]. Для методического и программного обеспечения учебного процесса в рассматриваемом контексте на кафедре разработаны и изданы учебные пособия [8–10]. Организация учебного процесса на основе таких подходов представляется наиболее оптимальной, поскольку именно системы символьной математики обладают всем спектром математических операций, необходимых при изучении физико-математических дисциплин, и естественным образом способны обеспечить реализацию учебного процесса информационно-инновационного типа.

БИБЛИОТЕКИ ОЦЕНЕННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НЕЙТРОННЫХ И ПРОТОННЫХ АКТИВАЦИОННЫХ ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ

В последнее десятилетие был существенно расширен энергетический диапазон требуемых ядерных данных. Появилась необходимость в активационных ядерных данных в промежуточном диапазоне энергий от 20 до 150 МэВ и данных в области высоких и сверхвысоких энергий – от 150 МэВ до нескольких гигаэлектронвольт.

Такие данные находят применение при

- исследованиях в области инновационных ядерных энергетических установок, таких как электро- и термоядерные установки (ЭЛЯУ и ТЯУ);
- проведении фундаментальных исследований по взаимодействию высокоэнергетических частиц с веществом, для верификации ядерных моделей.

Например, специфика конструкции ЭЛЯУ предъявляет ряд новых требований по ядерным данным, в частности:

- необходимы уточненные данные в области до нескольких мегаэлектронвольт по сечениям захвата, деления и реакциям (n , $2n$) для МА и трансурановых элементов;
- для использования свинца и висмута в качестве теплоносителей для активной зоны ЭЛЯУ требуется уточнение ядерных данных по активации этих материалов;
- для работы активной зоны ЭЛЯУ в жестком нейтронном спектре требуется уточнение данных по активации и радиационным повреждениям конструкционных материалов активной зоны в энергетическом диапазоне до нескольких десятков мегаэлектронвольт.

Активационные ядерные данные представляют собой кумулятивные и независимые сечения образования остаточных ядер в процессе ядерной реакции под действием нейтронов или заряженных частиц. В мире существует единственная библиотека JENDL/HE-2007, содержащая протонные активационные данные в энергетическом диапазоне до 3 ГэВ. Но JENDL/HE-2007 не содержит данных для ряда нуклидов, актуальных при расчетах ЭЛЯУ, кроме того, детальный анализ ядерных данных, содержащихся в этой библиотеке, выявил ряд нуклидов, для которых данные должны быть переоценены и уточнены. Именно поэтому в ИАТЭ НИЯУ МИФИ на основе прикладных пакетов специализированного типа, предназначенных для исследования и сравнительного анализа моделей ядерных данных, вычисления сечения ядерных реакций, проведения варьирования параметров моделей для достижения согласия с известными экспериментальными данным, были созданы новые библиотеки:

- в 2005 г. высокоэнергетическая библиотека нейтронных данных – IEAF-2005;
- в 2008 г. библиотека протонных активационных ядерных данных в энергетическом диапазоне налетающего протона от 150 МэВ до 1 ГэВ, получившая назва-

ние NEPAD-2008 (High-Energy Proton Activation Data) и по своему наполнению не имеющая аналогов не только в России, но и в мире.

За прошедшие годы были произведены уточнения в ряде моделей ядерных реакций, примененных при расчете данных библиотеки IEAF-2005, что потребовало ревизии и обновления библиотеки нейтронных активационных ядерных данных IEAF-2005; обновленная версия получила название IEAF-2005-rev2 (2009).

Теперь библиотека протонных активационных ядерных данных NEPAD-2008 и обновленная библиотека нейтронных активационных ядерных данных IEAF-2005-rev2 (2009) представляют собой единую библиотеку высокоэнергетических активационных ядерных данных HEAD-2009 (High Energy Activation Data Library).

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг.

Литература

1. Тихоненко А.В. Комплекс программ для расчета модели реактора теплоснабжения малой мощности в прикладном математическом пакете MATHCAD // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 2. – С. 44-52.
2. Пильнов Г.Б., Тихоненко А.В. Статистический анализ данных для нейтронной библиотеки активационных файлов «IEAF-2005» // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 3. – Вып. 1. – С. 109-119.
3. Конобеев А.Ю., Коровин Ю.А., Наталенко А.А., Осыкин С.А., Пильнов Г.Б., Станковский А.Ю., Тихоненко А.В. Нейтронная библиотека активационных файлов «IEAF-2005» в энергетическом диапазоне от 150 МэВ до 1 ГэВ // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 2. – С. 8-15.
4. Коровин Ю.А., Наталенко А.А., Пильнов Г.Б., Конобеев А.Ю., Станковский А.Ю., Тихоненко А.В. Библиотека протонных активационных ядерных данных NEPAD-2008 // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2009. – № 3. – С. 97-105.
5. Korovin Yu., Fischer U., Konobeyev A., Natalenko A., Pilnov G., Stankovskiy A., Tikhonenko A. Evaluation of activation nuclear data in the energy region 150 MeV to 1 GeV/Proc. Int. Conf. On Nuclear Data for Science and Technology ND2007 (2007) (April 23-27, Nice, France). – P. 1175-1178.
6. Korovin Yu., Kuptsov I., Natalenko A., Stankovskiy A., Tikhonenko A., Konobeyev A. Development of a New Code to Simulate Radiation Damage and Gas Accumulation in the Structural Materials of ADS7/Proc. First Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (October 13-17, 2008. Paul Scherrer Institut, Switzerland). – P. 48-54.
7. Тихоненко А.В. Задача рассеяния для модельных потенциалов деления тяжелых ядер и комплексы программ в прикладных математических пакетах // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 3. – Вып. 2. – С. 110-119.
8. Тихоненко А.В. Компьютерный практикум по общей физике. Части 1-5. – Обнинск: ИАТЭ, 2003-2004.
9. Тихоненко А.В. Компьютерные математические пакеты в курсе «Линейные и нелинейные уравнения физики». Части 1-2. – Обнинск: ИАТЭ, 2005.
10. Тихоненко А.В. Решение уравнения Шредингера для одномерного рассеяния в MAPLE и MATHEMATICA. – Обнинск: ИАТЭ, 2005. – 80 с.

Поступила в редакцию 24.02.2011

УДК 621.039.548.5

Revealing of Factors of the Accelerated Accumulation of Damages in Fuel Pin Cladding Irradiated in Reactor BN-600 a Nondestructive Quality Monitoring \V.V. Chuev, K.V. Mityurev, I.I. Kononov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 10 pages, 4 tables, 7 illustrations. – References, 7 titles.

This work presents the results of the analysis of the experimental studies related to fuel pins, irradiated in reactor BN-600 core up to a damaging dose of ~ 90 dpa. Studies had made by methods of profilometry, gamma spectroscopy and pulse whirlcurrent defectoscopy in a «hot» cell BN-600, lead to determine factors accelerated accumulation damages that cause cladding depressurization.

УДК 621.039:37

Professionally-Oriented ESL Instruction for Nuclear Engineering Students at INPE NNRU MPhI \E.A. Avramova; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 7 pages. – References, 5 titles.

The paper discusses some issues of teaching English as a Second Language (ESL) to nuclear engineering students at INPE NNRU MPhI. Description is given of the ESL teaching package designed by the author and her colleagues for INPE NNRU MPhI students. The sequence of presenting the course materials to be acquired by learners is discussed. Special emphasis is given to building communicative, information and socio-cultural skills required for effective communication in English in a professional context.

УДК 621.039:37

State-of-the-Art Computer Technologies Used to Train Nuclear Specialists and to Conduct Research \Ju.A. Korovin, A.V. Tikhonenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 6 pages. – References, 10 titles.

The paper discusses innovative methods used in the process of training nuclear specialists and conducting research which are based on state-of-the-art computer technologies. The approach proposed makes wide use of mathematical modeling and state-of-the-art programming techniques. It is based on the development, improvement and application of problem-oriented computer codes to support the teaching process and to solve fundamental and applied problems of nuclear physics and nuclear engineering.

УДК 621.039.586

Temperature Distribution in a Ball Placed in Well Mixed Liquid \M.V. Kascheev, Yu.I. Zagorulko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 6 pages. – References, 8 titles.

The task of determination of temperature in a ball placed in a liquid the temperature of which does not depend on a co-ordinate is solved. In a ball sources of heat changing in time under any law operate. The initial temperatures of ball and liquid are set. The task is solved by the method of integral transformation of Laplace.