

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ

А.Е. Лагутин¹⁾, Ж.П. Лагутина²⁾

¹⁾УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
пр. Независимости, 99, 220023, Минск, Беларусь, тел.+375-17-2670572, e-mail: Laгутин@gogo.by

²⁾УО «Высший государственный колледж связи»
ул. Ф. Скорины 8/2, 220114, Минск, Беларусь, тел.:+375-17-2175614

В контексте подготовки специалистов для атомной энергетики целесообразно, по мнению авторов статьи, обратить внимание на дисциплину «Ускорители заряженных частиц», отсутствующую в высшем техническом образовании Республики Беларусь.

Введение

Ускорители заряженных частиц – один из основных инструментов физики. Современное состояние ядерной физики и ее достижения неразрывно связаны с созданием и совершенствованием ускорителей заряженных частиц. К сожалению, до настоящего времени в отечественной литературе не опубликовано ни одной монографии по физике и технике ускорителей заряженных частиц, что объясняется, в первую очередь, отсутствием серийного производства ускорителей в республике. Лишь в отдельных изданиях, посвященных радиационно-технологическим процессам, описанию установок легирования удельно небольшое внимание. Детальный анализ конструкций ускорителей представлен только в зарубежных изданиях.

Роль ускорителей в современной науке

Поисковые и фундаментальные НИР с использованием ускорителей заряженных частиц и связанные с ними прикладные науки группируются в следующие крупные тематические блоки:

- изучение свойств ядерной материи и природы ядерных сил – источники энергии на новых физических принципах, детектирующая аппаратура ионизирующих излучений нового поколения;
- радиационное материаловедение – создание новых материалов с заданными свойствами, формирование новых принципов мониторинга и управления свойствами материалов;
- физика высоких плотностей энергии;
- физика направленных потоков излучений.

Понятие «ускорительная техника» охватывает комплекс научно-технических проблем, связанных с теорией, расчетом, проектированием, изготовлением и эксплуатацией всех типов ускорителей заряженных частиц. Современные ускорители – это сложные инженерные сооружения, которые создаются специализированными научно-исследовательскими и проектными институтами, а их изготовление и монтаж – высокоразвитой промышленностью [1].

Опыт последних десятилетий показал, что если объединить хотя бы часть денег, выделяемых на физику элементарных частиц во многих странах, в результате может получиться эксперимент, научная ценность которого намного превзойдет суммарную ценность множества мелких разрозненных экспериментов. Именно с целью резкого увеличения научной эффективности при тех же финансовых вложениях и был создан Большой

адронный коллайдер, официально открытый 21 октября 2008 г. в Европейском центре ядерных исследований [2]. Стоимость этого проекта по разным оценкам от 7 до 10 млрд. долларов США в ценах 2008 г., что почти в четыре раза превышает расчетную, а запуск был задержан на два года. Над его созданием 14 лет работали ученые 40 стран.

Кроме применения в области фундаментальных исследований пучки ускоренных частиц широко используются для прикладных целей. Условно можно выделить две основные области применения ускорителей. В первой области ускорители служат инструментом в научных исследованиях, а во второй являются технологической единицей, обеспечивающей нормальный ход технологического процесса [3].

В научных исследованиях, в первую очередь, надо выделить исследования в области ядерной энергетики [4]. Самой важной проблемой остается безопасность и надежность работы реакторов атомных электростанций. Часть ее – это вопрос о возникновении и динамике развития радиационных дефектов в тепловыделяющих элементах и конструкционных материалах ядерных реакторов, работающих в условиях долговременного нейтронного облучения. На ускорителях возможно эффективно имитировать результат воздействия нейтронов на материалы, облучая их пучками ионов.

Интересно применение ускорителей в качестве источников нейтронов для получения ядерного топлива [5].

Еще одним важным использованием ускорителей для прикладных научных исследований является применение синхротронного излучения (СИ), возникающего при движении электронов по циклическим орбитам синхротронов и накопителей [6]. На сегодняшний день основными генераторами СИ являются высокоэнергетические циклические ускорители электронов и позитронов.

Кроме научных исследований ускорители применяются непосредственно для прикладных целей, причем, естественно в первую очередь используются ускорители на малые энергии, как наиболее экономичные и простые в эксплуатации. Совокупный мировой рынок радиационных технологий в 2010 г. – более 110 млрд. долларов США при темпе ежегодного прироста 25%. Прогноз на 2020 год – до 1 трлн. долларов [7].

Начало XXI века охарактеризовалось созданием нового направления в науке и технике – нанотехнологии. В целом фронт нанотехнологи-

ческих исследований охватывает широкие области науки и техники – от электроники и информатики до сельского хозяйства [8], в котором возрастает роль генно-модифицированной продукции. Этот переход поставил перед наукой и техникой ряд новых специфических задач, обусловленных малыми размерами элементов и структур, с которыми имеют дело нанотехнологии. Достижение предельных возможностей при измерениях длины в нанометровом диапазоне связано с использованием высокоразрешающих методов растровой электронной и сканирующей зондовой микроскопии в сочетании с лазерной интерферометрией и фазометрией. Развитие нанотехнологий ужесточает требования к измерительным комплексам, погрешности измерений которых должны быть сравнимы с межатомными расстояниями [9].

Сегодня важно отметить, что на постсоветском пространстве Россия снова производит средства производства для развития нанотехнологий: строит источники синхротронного излучения, нейтронов, установки молекулярно-лучевой эпитаксии, атомно-силовые микроскопы и крупные технологические комплексы на их базе, проводит модернизацию действующих «машин», активно участвует в международных проектах, таких как CERN, международный термоядерный реактор ITER, уникальный Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах XFEL. В последних проектах финансовый и интеллектуальный вклад России составляет существенную часть.

Нанотехнологии дают принципиально новый фундамент в виде технологий атомно-молекулярного конструирования для создания этих материалов. Переходя к наномасштабу, ученые получают возможность манипулировать атомами и молекулами, составляющими любое вещество. Фактически речь идет о создании технологий и оборудования для атомно-молекулярного конструирования любых материалов, что возможно лишь при создании адекватных методов диагностики с атомарным разрешением. Если двигаться по этому пути, то переход к нанотехнологиям, к атомарному конструированию дает важнейший результат – дематериализацию производства и резкое качественное уменьшение энерго- и ресурсоемкости.

Междисциплинарность – основа новой системы организации науки и образования

Создание наноматериалов и систем на их основе требует новых подходов и формирования принципиально нового научного уклада. Одно из главных условий – наличие специалистов междисциплинарной направленности. Те страны, которые смогут быстро и эффективно перестроить систему научных исследований и образования, нацелить их на междисциплинарные исследования, обеспечат себе достойное место в глобальном мире. Важнейшая из этих задач – развитие научно-технического потенциала вузов и повышение на этой основе качества подготовки специалистов для инновационной экономики. Без высококвалифицированных кадров создание новой экономики невозможно, а подготовка персо-

нала необходимой квалификации, в свою очередь, во многом зависит от того, насколько система профессионального образования близка к экономике. Таким образом, требуется решить несколько задач, включая научную и технологическую подпитку высокотехнологичных предприятий, развитием именно партнерства: предприятие–вуз.

Подготовка специалистов по направлению нанотехнологий требует переподготовки профессорско-преподавательского состава и более сложной организации учебного процесса. Необходимость ускорения подготовки кадров для Беларуси по данному направлению очевидна. Можно предположить, что в ближайшее время произойдет рост числа вузов, факультетов, кафедр, предлагающих программы в области нанотехнологий.

Подготовку специалистов следует вести по следующим направлениям: нанофизика, нанохимия, нанобиология, синтез наноматериалов, оптическая спектроскопия, математическое моделирование и т.д. Практический интерес представляет маркетингово-инновационное направление в области подготовки специалистов по нанотехнологиям. Особенно необходима подготовка специалистов, хорошо владеющих одновременно знаниями в области математики, физики, химии, механики, биологии. Лишь междисциплинарная образовательная программа способна обеспечить нанотехнологический прорыв.

Для быстрого и успешного развития нанотехнологий необходима разработка учебных курсов и программ, которые позволяют профессионально подготовить новое поколение исследователей, способных работать в новой области науки и техники. Необходимость изменений в системе образования Беларуси должны быть рассмотрены в стратегических правительственных документах, как это сделано в ведущих мировых странах – США, Японии, Евросоюзе, России.

Решать нанотехнологические задачи без высокотехнологического оборудования и подготовленных кадров невозможно.

В основу программы изучения физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники могут быть положены следующие спецкурсы:

- история развития ускорительной техники;
- современные ускорители заряженных частиц;
- перспективные технологии и крупнейшие международные проекты;
- использование ускорителей в гибридной ядерной энергетике;
- ускорительные комплексы для решения проблем инерциального термоядерного синтеза;
- установки термоядерного синтеза: перспективы использования нейтральных пучков для нагрева плазмы;
- использование синхротронного излучения в нанотехнике и нанотехнологиях;
- методы получения и источники интенсивных пучков ионов для использования в нанoeлектронике, ионной имплантации и модификации поверхности;

- методы получения и использования интенсивных электронных пучков для нанoeлектроники (ускорители с рекуперацией энергии ERL, XFEL и др.).

Заключение

Подготовка и интегрирование белорусских специалистов в мировые ускорительные центры – единственный путь создания отечественной ускорительной науки на современном уровне. При этом не только не исключается, но и представляется абсолютно необходимым осуществление отечественных проектов «умеренного масштаба».

Амбициозные планы невозможно реализовать, имея в распоряжении только оборудование и кадры. И в данном случае все упирается не только в финансы. Крайне важно выбрать правильную стратегию. Чтобы изначально присутствовало верное представление, грамотно были бы выбраны направления развития. Если этого не будет, то и финансовые затраты могут исчезнуть без следа.

Естественным результатом инновационных планов станет эволюционное изменение технологического и, как следствие, социально-экономического уклада общества. Такой путь развития отечественной ускорительной науки и техники обеспечит создание и применение новых технологий, в которых остро нуждается современный техногенный мир.

Список литературы

1. Лагутин, А.Е. Ускорители заряженных частиц – средоточие исследовательских проблем и образовательных процессов [Текст] / А.Е. Лагутин, Ж.П. Лагутина // Материалы V Международной научно-методической конференции Высшее техническое образование: проблемы и пути развития. – Минск, 2010. – С. 44-45.
2. Evans, L. LHC Machine [Text] / L. Evans and P. Bryant. – IOP Publishing Ltd and SISSA, 2008. – 158 p.
3. Лагутин, А.Е. Радиационные методы и технологии твердотельной электроники с использованием ускорителей заряженных частиц [Текст] / А.Е. Лагутин, А.Ф. Чернявский // Электроника инфо. – 2008. – 6. – С. 59-62.
4. Самсонов, Б.В. Реакторные методы материаловедения [Текст] / Б.В. Самсонов, В.А. Цыканов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 243 с.
5. Кошкарев, Д.Г. Инерционный термоядерный синтез на базе тяжелоионного ускорителя-драйвера и цилиндрической мишени [Текст] / Д.Г. Кошкарев, М.Д. Чуразов // Атомная энергия. – 2001. – Т. 91 – Вып.1. – С. 47-54.
6. Фетисов, Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ [Текст] / Под редакцией Л.А. Асланова. – М.: Физматлит. – 2007. – 672 с.
7. Обзор ядерных технологий – 2010 [Текст] / Доклад МАГАТЭ. – <http://www.iaea.org>.
8. Lagutin A. Ion beam analysis of agricultural plants [Text] / A. Lagutin // Proceedings of XXII Russian Particle Accelerator Conference (RuPAC-2010). – Protvino, Russia, 2010. – Abstract THPSC028. – www.jacow.org.
9. Лагутин, А.Е. Оценка неопределенности в измерениях материалов [Текст] / А.Е. Лагутин // Материалы Первой международной научной конференции «Наноструктурные материалы-2008. Беларусь-Россия-Украина». – Минск, 2008 г. – С. 687-688.

TECHNICS OF ACCELERATORS: PROBLEMS AND WAY OF DEVELOPMENT

A.E. Lagutin¹⁾, J.P. Lagutina²⁾

¹⁾Belarusian State Agrarian Technical University, Nesavisimosti av. 99, 220023, Minsk, Belarus,
Phone: +375-17-2670572; e-mail: Lagutin@gogo.by

²⁾Higher State College of Communication, F. Scoriny St. 8/2, 220114, Minsk, Belarus,
Pfone:+375-17-2175614

Particle accelerators are an important and widespread subgroup within the broad spectrum of modern devices. Their ability to accelerate virtually any kind of ion over a continuously tunable range of energies makes them a highly versatile tool for investigations in many research fields including, but not limited to, atomic and nuclear spectroscopy, heavy ion reactions, accelerator mass spectroscopy as well as ion-beam analysis and modification.