

Атомная энергетика, ядерный топливный цикл, безопасное обращение с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом, обеспечение безопасности и противодействия терроризму

**Руководитель направления:
В.И. Бойко, профессор, д.ф.-м.н.**

Состояние атомной энергетике в зарубежных странах

Энергообеспечение общества является одним из важнейших факторов, определяющих уровень его развития. В XXI веке этот фактор стал ключевым. По данным управления энергетической информации США, потребление энергии на планете увеличится до 2025 г. на 54%. Глобальный энергетический кризис – не перспектива отдаленного будущего, а реальная опасность завтрашнего дня.

К настоящему времени ядерная энергия промышленных масштабах нашла практическое применение в производстве электричества, двигателей транспортных средств, тепловой энергии, в производстве редких элементов и изотопов.

При средней мировой внешней цене 1 кВт.ч электроэнергии 4 цента внешняя стоимость включает в себя затраты на ликвидацию всех воздействий на природу, которые будут составлять: уголь ТЭЦ – 10,5 цента; мазут – 4,7; газ – 2,4; АЭС – 0,2.

В XXI веке к атомной энергетике предъявляются 5 основных требований: безопасность, утилизация плутония и недопущение его распространения, топливообеспечение, переработка и захоронение РАО, экономичность и конкурентоспособность. Огромный энергоресурсный, экономический и экологический потенциалы позволят выполнить эти требования.



ATOMIC ENGINEERING, NUCLEAR FUEL CYCLE; SAFE NUCLEAR WASTES AND SPENT NUCLEAR FUEL HANDLING, SECURITY ASSURANCE AND COUNTERTERRORISM

V.I. Boiko

Doctor of Physics and Mathematics

Provision of the society with energy is one of the essential factors that indicate the level of the society's development.

In the 21st century, there are 5 major requirements placed on atomic engineering sector, namely: safety, utilisation and non-proliferation of plutonium, supply of resources, processing and burial of radioactive wastes, cost effectiveness, and competitiveness. Huge energy, economic and ecological potentials will make it possible to meet these requirements.

There is a tendency observed currently that together with constant growing of oil prices, the governments of many countries, including Britain, China, Sweden, India and others, state that large-scale development of the atomic engineering sector is needed.

Russia plays a crucial role in providing necessary conditions for life and development of the world community. The territory of Russia acts as a compensation region for global natural anthropogenic violations being an enormous ecological donor of the planet.

Russia is the country where atomic engineering started. The first atomic power station in the world was built and brought into operation in the city of Obninsk in 1954.

The president of Russia Vladimir Putin supported the concept of atomic engineering advanced development. This was done at the annual press-conference where over 1,000 Russian and international journalists were present. It was the first time in the contemporary history that the head of state supported the atomic engineering sector; and this fact eliminated all the doubts concerning advanced development of the above mentioned field. The need for an energy breakthrough is caused by the rapidly changing conditions on the world energy market.

"Russia still can be competitive in the nuclear energy complex for some time. However, in 15–20 years the situation might change drastically unless some urgent measures are taken now." In order to revive the atomic engineering sector, innovations in science, technologies and education are needed.

Description of the innovative educational project (IEP)

The Department of Applied Physics and Engineering unites five chairs that provide degree programmes in accordance with major fields of the nuclear fuel cycle (NFC).

The Department trains professionals for a broad scope of NFC enterprises with major activities ranging from obtaining ore concentrates, enrichment and processing of fuel to production of fuel elements and articles from fissile elements, operation of atomic power stations, transport nuclear-power plants and burial of radioactive wastes.

However, the contemporary stage of the nuclear power sector development requires not only novel approaches in science and technology but also new innovative educational technologies. Therefore, within the framework of the TPU innovative educational programme, the Faculty of Applied Physics and Engineering together with other structural subdivisions has suggested the project called Advanced Education of Specialists and

По данным МАГАТЭ к странам, в которых доля АЭС в общей выработке электроэнергии наиболее высока, относятся: Франция – 77,1 %, Литва – 77,7 %, Бельгия – 58 %, Словакия – 53,4 %, Украина – 46 %, Болгария – 41,6 %, Корея – 39,3 % и др. Цена атомной электроэнергии в странах Западной Европы ниже по сравнению с электроэнергией, вырабатываемой на станциях, работающих на газе в 2,5 раза, мазуте – в 2 раза и угле в 1,5 раза.

Сегодня отмечается стабилизация установленных мощностей АЭС в Западной Европе и США и быстрый их рост в Азии. Так, к 2020 году Индия планирует в 10 раз увеличить свои ядерные энергетические мощности, а Китай в 6 раз. Многие страны готовы пересмотреть сроки вывода АЭС из эксплуатации в сторону увеличения с одновременным строительством новых АЭС. С 1998 года, когда Германия отказалась от АЭС, зафиксирован многократный рост цен на энергоресурсы и значительное отставание темпов развития возобновляемых источников энергии. Поэтому правительство Германии приняло решение о возрождении атомной отрасли. Ответственность встретила это решение с пониманием. Масштабную программу развития атомной энергетики разрабатывает правительство США. В Финляндии началось сооружение нового энергоблока. Руководство обнародовало решение о строительстве 3 энергоблоков. По словам премьер-министра Италии, политическое решение десятилетней давности о закрытии 4 АЭС привело к значительному удорожанию энергии. Кабинет министров Японии издал программный документ, в котором одобрено приоритетное развитие атомной энергетики. В программе указывается: "С учетом экономичности, стабильности и экологической чистоты, следует признать атомную энергию наиболее важным энергоисточником, который должен получить в перспективе стабильное развитие при условии соблюдения требований безопасности". К 2010 году Япония планирует построить ещё 20 энергоблоков.

В последнее время, на фоне растущих цен на нефть, правительства ряда стран, в том числе Великобритании, Китая, Швеции, Индии и других заявляют о необходимости широкомасштабного развития атомной энергетики.

Состояние атомной энергетики в России

Россия играет значительную роль в обеспечении необходимых условий для жизни и развития мирового сообщества. Российская территория выступает регионом компенсации глобальных антропогенных нарушений природы. Россия – крупнейший экологический донор планеты. По оценкам экспертов ООН, комплексный показатель вклада России в сохранение устойчивости биосферы равен 10% общепланетарного баланса, тогда как США и Канады – по 5%, Бразилии – 7%.



Россия – кладовая полезных ископаемых. На её территории сосредоточено около 2/3 ресурсов планеты. При рациональном использовании научно-технических достижений энергетический потенциал России и полезные ископаемые могут обеспечить её население всеми необходимыми ресурсами.

По оценке Росатома, потребность в электроэнергии превысит мощность генерации уже в 2007 году. Рост потребления электроэнергии в промышленности имеет линейный характер, а потребление населения и сферы обслуживания увеличивается по экспоненциальной зависимости.

Особенности современного состояния российской энергетики можно охарактеризовать следующими факторами:

- время дешевых энергоресурсов в стране закончилось;
- газовая "пауза" в электроэнергетике завершается;
- доля электростанций на органическом топливе, выработавших свой ресурс до 70 %, составит к 2015 году более 65 %.

Россия является родиной ядерной энергетики. Первая в мире АЭС была построена в Обнинске и запущена в эксплуатацию в 1954 году. С вводом в 2005 году в эксплуатацию третьего энергоблока Калининской АЭС число действующих энергоблоков достигло 31, а их установленная мощность составила 23242 МВт. Доля АЭС в производстве электроэнергии в России составляет около 16%. Сегодня в стадии строительства в стране находится наибольшее в Европе число энергоблоков – 4, три из них должны вступить в строй до 2010 г.

Глава нашего государства Владимир Путин поддержал опережающий рост атомной энергетики. Сделал он это в ходе своей ежегодной пресс-конференции в присутствии более 1000 российских и зарубежных журналистов. Впервые за новейшую историю глава государства высказался в поддержку атомной энергетики. Публичная позиция Президента не оставила сомнений в необходимости ускоренного развития атомной энергетики. Необходимость энергетического рывка продиктована стремительно нарастающей остротой ситуации на мировом энергетическом рынке.

В ядерно-энергетическом комплексе Россия в состоянии удерживать конкурентоспособность ещё некоторое время. Но если кардинально не изменить ситуацию, то через 15—20 лет мы не сможем этого делать. Ренессанс атомной энергетики требует новаций в науке, технологиях и образовании.

Описание инновационного образовательного проекта (ИОП)

Физико-технический факультет (ФТФ) объединяет пять кафедр, которые готовят дипломированных специалистов по восьми специальностям:

- физика атомного ядра и частиц;
- физика кинетических явлений;
- ядерные реакторы и энергетические установки;
- электроника и автоматика физических установок;
- радиационная безопасность человека и окружающей среды;
- безопасность и нераспространение ядерных материалов;
- химическая технология материалов современной энергетики;
- химическая технология редких элементов и материалов на их основе.

ФТФ осуществляет подготовку квалифицированных специалистов для широкого круга предприятий ядерного топливного цикла различного профиля, начиная от получения рудных концентратов, обогащения и переработки топлива, изготовления топливных элементов и изделий из делящихся материалов, эксплуатации АЭС, транспортных ядерно-энергетических установок и заканчивая захоронением радиоактивных отходов.

Однако современный этап развития атомной энергетики требует не только новых подходов в науке и технологии, но и новых инновационных образовательных технологий. Поэтому в рамках инновационной образовательной программы ТПУ фи-

Expert Teams in the field of Atomic Engineering, Nuclear Fuel Cycle, Safe Nuclear Wastes and Spent Nuclear Fuel Handling, Security Assurance and Counterterrorism. The objective of the project is to facilitate research work development and elite specialists education in the field of atomic engineering.

In order to accomplish the above tasks, the following master's programmes are planned to be opened:

Physical-Technical Problems of Atomic Engineering;

Nuclear- Technical Control and Regulation; Chemical Materials Technology in Contemporary Power Industry;

Thermal and Molecular Physics;

Medical Physics.

Graduates of master's programmes are highly demanded by enterprises and organisations of various ministries and departments dealing with nuclear materials handling. There is a great need for these specialists in such organisations as the Emergency Situations Ministry, the Russian Federal Service for Ecological, Technical and Atomic Supervision, the Ministry of the Interior and other controlling governmental institutions.

Implementation of master's programmes implies establishment of the innovative research and educational centre including research and educational subdivisions which will provide education to elite specialists and specialists of the highest qualification in the field of safe nuclear engineering.

When implementing the innovative educational programme, TPU plans to integrate with Russian and international strategic and tactical partners such as Rosatom and its enterprises and structural subdivisions; the Russian Academy of Sciences, the Department of Energy (USA); the National Atomic Company Kazatomprom; Swedish Nuclear Inspectorate; leading Russian and international specialised universities.

зико-технический факультет с привлечением других структурных подразделений предложил проект "Опережающая подготовка специалистов и команд профессионалов мирового уровня в сфере атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными элементами и отработанным ядерным топливом, обеспечения безопасности и противодействия терроризму". Целью проекта является ускоренное развитие научных исследований и подготовка элитных специалистов в сфере атомной энергетики.

Задачи, которые предполагается реализовать в рамках ИОП, состоят в следующем:

- разработка и создание инновационной научно-образовательной среды и лабораторно-технологической базы для реализации магистерских программ и программ подготовки кадров высшей квалификации;
- освоение и разработка инновационных активных методик обучения, программно-технических комплексов и других современных образовательных технологий;
- научно-исследовательские и технологические разработки по основным проблемам атомной энергетики.

Для решения этих задач планируется открыть подготовку по следующим магистерским программам:

- физико-технические проблемы атомной энергетики;
- физика кинетических явлений;
- химическая технология материалов современной энергетики;
- ядерно-технический контроль и регулирование.

Кроме того, планируется развитие магистерских программ "Физика ускорителей" и "Медицинская физика".

Магистратура "Физика ускорителей" на кафедре прикладной физики ФТФ нацелена на подготовку специалистов, способных разрабатывать и эксплуатировать современные ускорители в интересах фирм, предприятий и институтов самого различного профиля.

В настоящее время электронные ускорители используются не только для фундаментальных и прикладных исследований, но также в таких областях техники, как дефектоскопия, элементный анализ, таможенный досмотр.

В последние годы компактные электронные ускорители широко используются в биологии и медицине (радиационная стерилизация медицинских инструментов и препаратов, радиационная дезактивация отходов, лучевая терапия, лучевая диагностика и т.д.). Так, например, НИИ интроскопии при ТПУ производит бетатроны для медицинских учреждений России и поставляет на экспорт бетатроны для пунктов таможенного досмотра.

Магистры физики, получившие образование на кафедре ПФ ФТФ, обладают всеми навыками для проектирования систем ускорителей и их эксплуатации не только в России, но и за рубежом.

Магистры по специальности "Медицинская физика" изучают использование физических методов и аппаратов в медицине. Они изучают технологию получения радиофармпрепаратов на пучках циклотрона и реактора ТПУ для диагностики кардиологических заболеваний, методы лучевой терапии на электронных ускорителях, методы низкодозовой диагностики.

Хорошо известные процессы рентгенографии и флюорографии сопряжены с повышенным радиационным воздействием на организм пациента. В настоящее время в Европе, США, Японии и некоторых других азиатских странах осуществляется переход на цифровые системы диагностики совместно с низкодозовым источником рентгеновского излучения. Следует ожидать подобной эволюции медицинской техники и в России. Можно отметить, что в США объем медицинских услуг с использованием короткоживущих радиофармпрепаратов (в денежном выражении) сопоставим с объемом реализации электроэнергии, вырабатываемой на атомных станциях.

Магистры, получившие образование по специальности "Медицинская физика", будут востребованы в Томском ядерно-медицинском центре, открытие которого планируется на ближайшие годы.

Магистерская программа "Физико-технические проблемы атомной энергетики" будет разработана и открыта на кафедре физико-энергетических установок. Программа предусматривает освоение в процессе подготовки курсов лекций, практических занятий, лабораторных практикумов, выполнение научной работы и подготовку магистерской диссертации.

В процессе подготовки обучающиеся изучают теоретические и получают практические навыки по теоретическим и экспериментальным основам методов преобразования внутриядерной энергии в тепловую, по методам и техническими средствами информации о процессах, протекающих в ядерных реакторах, по применению ядерных реакторов в энергетических установках различного назначения, по методам и средствам повышения эффективности использования ядерного топлива.

Особое внимание будет уделяться таким проблемам, как безопасность предприятий ядерного цикла, обращение с радиоактивными отходами, разработка ядерных реакторов и технологий нового поколения.

Магистерская программа "Физика кинетических явлений", разрабатываемая на кафедре "Техническая физика", предусматривает подготовку магистров для областей науки и техники, связанных с процессами разделения изотопов и тонкой очисткой веществ, плазмохимическими, мембранными и ионообменными технологиями.

Подготовка специалистов высшей квалификации, которыми станут выпускники магистратуры, основана на использовании опыта научно-исследовательской работы и её научных направлений, отраженных в учебном плане магистратуры, на изучении будущими магистрами современных научно-технических достижений и перспектив их развития. Магистр будет способен применять в своей профессиональной деятельности инновационные методы для решения инженерных задач, подготовлен к научно-исследовательской работе, генерации и интегрированию новых идей. Высокий уровень профессиональной подготовки магистров планируется обеспечить с помощью научно-интеллектуального потенциала преподавателей ФТФ, сотрудников промышленных предприятий атомной промышленности и РАН.

В настоящее время потребность в специалистах, получивших своё образование по специальности "Химическая технология материалов современной энергетики", у предприятий ядерно-топливного цикла очень велика и в дальнейшем будет только возрастать, что связано с планируемым крупномасштабным развитием атомной энергетики в России. Такое развитие невозможно без внедрения в производственный процесс новых современных технологий, новых научных и технических решений.

В связи с этим время требует от выпускников наличие квалификаций и академических степеней, которые позволили бы им в дальнейшем успешно конкурировать на рынке труда и реализовывать свои творческие способности в сфере атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом.

Для подготовки специалистов такой квалификации необходимо создание принципиально новых образовательных программ, обеспечивающих подготовку элитных специалистов. Такой формой обучения является магистратура. На кафедре ХТРЭ планируется открытие магистратуры "Химическая технология материалов современной энергетики".

Открытие и реализация магистерской программы совпадают с актуальными работами, проводимыми на кафедре "Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов", которые включают:

- совершенствование технологии производства гексафторида урана;
- исследование процессов синтеза межгаллоидных соединений фтора;
- исследования в области фторидной технологии переработки редких и рассеянных элементов;
- разработку физико-химических основ производства элементного фтора и разработку конструкций высокоинтенсивных фторных электролизеров;
- исследование и разработку методов комплексного гидрометаллургического переработки полиметаллических руд;
- разработку фторидной технологии переработки отработанного ядерного горючего;
- исследование процессов синтеза и применения легколетучих фторидов тугоплавких металлов и других редких элементов;
- совершенствование технологии безводного фтористого водорода;
- разработку ультразвукового способа рафинирования металлического урана и плутония;
- разработку ультразвукового метода дезактивации технологического оборудования.

При разработке программы подготовки магистров учитываются современные направления в развитии ядерных технологий, уделяется большое внимание как теоретическому изучению химических процессов, так и практическому получению навыков работы с материалами на основе редких элементов, их извлечению из рудного материала, очистке от сопутствующих примесей, изучению современных методов химического и физико-химического анализа. В программе подготовки магистров предусмотрены работы, в результате которых магистранты получают навыки в проектировании каскадов аппаратов, цепочек и целых производств. Создание и реализация образовательной программы подготовки магистров "Химическая технология материалов современной энергетики" позволит готовить профессионалов мирового уровня, способных решать современные научные и технические задачи.

Большое значение должна иметь новая магистерская программа "Ядерно-технический контроль и регулирование". Эта программа нацелена на подготовку специалистов для решения наиболее актуальных проблем современности. В условиях, когда мировому сообществу угрожает международный терроризм, необходима интеграция всех стран и международных организаций, позволяющая не допустить распространение оружия массового уничтожения. Проблема нераспространения ядерных материалов стоит в этом ряду, как одна из важнейших.

Образовательные модули этой программы будут включать в себя следующие основные направления:

- физико-химические методы анализа ядерных материалов;
- изучение процессов и технологий, реализуемых на предприятиях ядерного топливного цикла;
- анализ уязвимости предприятий;
- политические вопросы ядерного нераспространения;
- юридические вопросы и законодательство отдельных государств и международных соглашений.

Магистры будут востребованы предприятиями и организациями министерств и ведомств, связанных с обращением ядерных материалов. Значительная необходимость в специалистах данного профиля имеется в МЧС, Ростехнадзоре, МВД и других контролирующих государственных структурах.

Реализация магистерских программ предполагает создание инновационного научно-образовательного центра (ИНОЦ), состоящего из научно-исследовательских и образовательных подразделений, включая организацию подготовки элитных специалистов и специалистов высшей квалификации в области безопасной атомной энергетики и промышленности.

Реализация ИОП предполагает широкое взаимодействие ТПУ с российскими и зарубежными стратегическими и тактическими партнёрами. Среди них Росатом, его предприятия и структурные подразделения; РАН; Департамент энергетики США и национальные лаборатории США; национальная атомная компания "Казатомпром"; Шведский ядерный инспекторат; ведущие профильные вузы России, зарубежных стран и др.



В ТПУ действует единственный за Уралом учебно-исследовательский ядерный реактор

Заключение

Реализация ИОП предполагает достижение следующих результатов:

- модернизация и развитие материально-технической и методической базы процесса подготовки специалистов по базовым направлениям ядерного промышленного комплекса;
- разработка и внедрение инновационных методик обучения, программно-технических комплексов, активных образовательных технологий, модульных образовательных программ на основе компетентностного подхода и кредитной системы;
- интеграция научных исследований и инновационных образовательных методов.