



ОПЫТ ФРАНЦИИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Государственной программой подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008–2020 годы предусмотрен целый ряд мероприятий по комплексной подготовке специалистов, необходимых для безопасной эксплуатации атомной электростанции, в том числе стажировка профессорско-преподавательского состава за рубежом. Настоящая статья подготовлена по результатам стажировки преподавателей энергетического факультета БНТУ, участвующих в подготовке студентов соответствующей специализации, во Франции.

Особенностью программ по развитию ядерной энергетики является их долгосрочный характер: ввод объектов и создание необходимой инфраструктуры занимает более десяти лет, а поддержание и обеспечение безопасности вплоть до вывода АЭС из эксплуатации – не менее сотни лет. При этом важнейшим фактором успешного достижения предусмотренных программой целей является подготовка квалифицированных кадров, которая должна начинаться задолго до ввода АЭС, планироваться на перспективу и корректироваться с учетом самого передового мирового опыта. Отметим, что все страны – поставщики ядерных технологий постоянно развивают свои системы подготовки кадров, так что в сфере «ядерного» образования формируется свой конкурентный рынок.

На протяжении более полувека примером разумного и практически безаварийного мирного использования атомной энергии является Франция. Как известно, атомная энергетика этой страны – крупнейшая в Европе. По общему количеству реакторов она занимает второе место в мире, уступая лишь США, и является безусловным мировым лидером по доле атомной генерации (почти 3/4) в общей выработке электроэнергии в стране. В настоящее время во французской атомной промышленности работает около 410 тыс. человек. Эти рабочие места соответствуют широкому диапазону профессий и специальностей, большинство из которых не являются специфически «ядерными», но тем не менее требу-

ют высокого профессионализма для обеспечения безопасности атомной энергетики.

Строительство своего первого ядерного реактора Франция начала более полувека назад. Тогда же стали разрабатываться специализированные программы, направленные на обучение специалистов для ядерной энергетики.

В настоящее время французская система образования ежегодно выпускает около 1400 специалистов-атомщиков различной квалификации: от техников и технологов до кандидатов технических наук. Новые специалисты нужны как для замещения выбывающих квалифицированных работников, так и для обеспечения кадрами вновь создаваемых рабочих мест при внедрении инновационных технологий и оборудования в ядерной отрасли.

Помимо этого Франция помогает в подготовке специалистов-атомщиков своим зарубежным партнерам. Делая акцент на экспорт высшего образования, французы не только обучают иностранцев на своей территории, но и создают свои специализированные центры в университетах государств, развивающих атомные программы.

Насущной задачей сегодняшнего дня является адаптация теоретического обучения и практической подготовки специалистов к потребностям атомной промышленности. Принимая во внимание, что решение этой задачи требует кооперации и координации научных знаний и практического опыта, правительство



Н.Б. КАРНИЦКИЙ,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» энергетического факультета БНТУ



С.А. КАЧАН,
к.т.н., доцент кафедры



А.Л. БУРОВ,
старший преподаватель кафедры

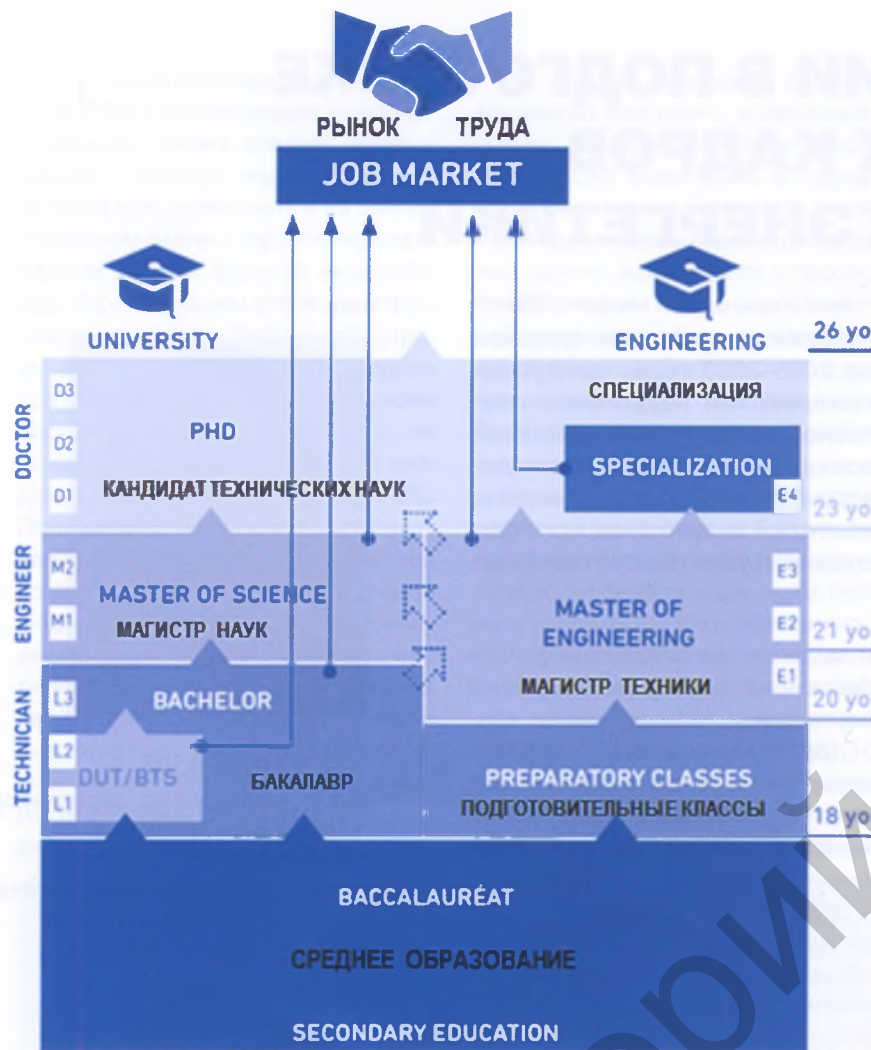


Рис. 1. Система высшего образования Франции

Франция инициировало создание в 2010 году Международного института ядерной энергетики (*International Institute of Nuclear Energy – I2EN*), который, прежде всего, призван распространять передовые знания и опыт в области эксплуатации объектов ядерной промышленности и ядерной безопасности.

В настоящее время *I2EN* насчитывает 15 партнеров, в числе которых промышленные компании (*AREVA, EDF, GDF Suez S.A., GIIIN*), учреждения высшего образования (*CPU, CDEFI*), научно-исследовательские организации (*CNRS, Andra, IRSN, CEA*), французские министерства и ведомства (обороны и промышленности, высшего образования и науки, экологии, устойчивого развития и энергетики), а также 17 ассоциированных членов, в том числе высшие и специальные технические учебные заведения (институты и университеты, колледжи, академии), тренинговые центры и специализированные учебные организации.

Объединив научные и производственные ресурсы, французская система обучения предлагает широкий спектр специальных учебных программ и тренингов, который охватывает весь диапазон профессий, обеспечивающих безопасное и надежное функционирование атомной энергетики: от технического персонала, осуществляющего эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования АЭС, до инженеров-исследователей, экспертов и преподавателей.

Обучение осуществляется по трем направлениям:

- академическое образование, которое дается в высших учебных заведениях;
- практическое обучение, осуществляемое на базе промышленных предприятий;
- научные исследования и разработки в области ядерной безопасности в активном сотрудничестве с промышленностью.

В соответствии со стандартом европейской системы образования подготовка специалистов для ядерной энергетики имеет три ступени (рис. 1).

Выпускник средней школы, желающий работать в этой сфере, может выбирать из двух существующих возможностей достижения цели: обучение в высших учебных заведениях для получения степени бакалавра (3 года), а затем, по желанию, степени магистра (2 года) и кандидата наук (3 дополнительных года), либо посещение подготовительных классов (2 года), а затем присоединение к инженерной школе для получения квалификации инженера (3 года) и дальнейшей специализации (3 дополнительных года).

Ведущие промышленные компании Франции: *AREVA* (группа компаний, занимающихся разработкой и производством оборудования для атомной и возобновляемой энергетики, а также осуществляющих подготовку специалистов в сфере атомной энергетики), *EDF (Electricité de France)* – крупнейшая государственная энергогенерирующая компания страны и крупнейшая в мире компания – оператор атомных электростанций), а также их партнеры по *I2EN* предлагают для обучения первоклассное оборудование, современные учебные инструменты и новые технологические возможности:

- тренажеры действующих атомных электростанций;
- учебные центры с полномасштабными моделями оборудования АЭС;
- инновационные средства обучения: *virtual reality* (виртуальная реальность), *serious games* (имитационное моделирование), тактические симуляторы, 3D-видео, компьютерные тренажеры (как реализующие отдельные функции, так и полномасштабные) и др.;
- дистанционное обучение: *e-learning* (электронное обучение с помощью интернета и современных информационных и телекоммуникационных технологий); обучающие курсы *MOOCs (Massive open online courses)* с массовым интерактивным участием на основе применения технологий электронного обучения и открытого доступа через интернет,



Рис. 2. Симулятор SIBAG (TRIИНОМ)

которые, помимо прочего, позволяют использовать интерактивные форумы пользователей, помогающие создавать и поддерживать сообщества студентов и преподавателей, и пр.

Примером инновационного подхода к обучению специалистов является разработанный TRIИНОМ (группа AREVA) – французским лидером в подготовке кадров для ядерной промышленности – первый работающий в режиме реального времени 3D-симулятор Sibag (*Simulateur de travail en Boite A Gants*, или *Glove box Simulator*). Симулятор уже используется на французском заводе Melox, производящем MOX-топливо (ядерное топливо, содержащее несколько видов оксидов делящихся материалов). Этот инновационный учебный инструмент погружает оператора в реалистичную интерактивную среду с использованием 3D-стереоскопии и *data-gloves* (перчатки виртуальной реальности) и дает ему возможность отрабатывать специфические жесты и манипуляции. Комплексные сценарии моделирования помогают эффективно и безопасно тренировать профессиональные навыки операторов в различных ситуациях, с которыми они могут сталкиваться в своей работе (рис. 2).

В уникальном учебном центре по подготовке и переквалификации кадров CETIC, эксплуатируемом AREVA совместно с EDF в г. Шалон-сюр-Сон (*CETIC at Chalon-sur-Saône – EDF/AREVA training facility*), воссозданы условия работы основных элементов оборудования первого контура энергетического реактора типа PWR (корпусного водо-водяного реактора под давлением). Здесь проводятся практические занятия обслуживающего персона-



Рис. 3. Нижняя часть вертикального парогенератора

ла АЭС, эксплуатирующего реактора такого типа.

На отведенной под учебный центр территории площадью 4000 м² собраны специализированные учебные ресурсы:

- точная копия устройства загрузки, выгрузки и транспортировки ядерного топлива в реакторное отделение;
- точная копия шахты реактора с бассейном размерами 28 × 22 × 10 м и перегрузочной машиной топливных сборок;
- крышка корпуса реактора PWR с внутренним оборудованием;
- компенсатор давления, элементы паропроводов, полногабаритные макеты парогенераторов вертикального типа, главный циркуляционный насос и др.

CETIC – единственный учебный центр во Франции, где представлена

полномасштабная модель энергетического ядерного реактора, регулярно приводимая в соответствие с изменяющейся конфигурацией оборудования действующих АЭС.

Работающий круглосуточно 7 дней в неделю центр предоставляет уникальную возможность доступа к оборудованию первого контура АЭС, к которому в условиях действующей станции практически невозможно прикоснуться. Так, например, допустимая (из условий радиационной защиты персонала) длительность ремонтных операций на работающих парогенераторах атомных энергоблоков измеряется минутами и даже секундами, что требует тщательной отработки рабочих манипуляций в безопасных условиях. Такую возможность и предоставляет учебный центр. Здесь можно не только приобрести практические навыки по техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования первого контура, но и отработать их до совершенства.

CETIC также открыт для проведения информативных ознакоми-



Рис. 4. Контейнер с топливными сборками

тельных технических экскурсий с осмотром оборудования и подробным комментарием специалистов (рис. 3–5), что очень важно для более глубокого понимания процесса эксплуатации АЭС.

В ходе делового визита преподавателей БНТУ в штаб-квартиру компании AREVA (коммуна Курбева, г. Париж) состоялись семинары,



Рис. 5. Перегрузочная машина реактора

на которых был дан обзор основных актуальных направлений деятельности принимающей компании, а также Института радиационной защиты и ядерной безопасности Франции – *IRSN (Institute for radiological protection and nuclear safety)*.

IRSN – партнер *AREVA* по *I2EN* – является экспертной государственной структурой по исследованию и экспертизе ядерных и радиологических рисков и исследует вопросы безопасности ядерных реакторов, заводов, военных ядерных установок, транспортировки отходов ядер-

ной промышленности, предупреждения аварий, защиты населения.

Отметим, что руководство Госатомнадзора Республики Беларусь и *IRSN* подписали соглашение о сотрудничестве, которое предусматривает нормативную поддержку развития белорусской атомной энергетики, передачу белорусской стороне французских методик инспектирования в ходе строительства АЭС; сотрудничество по таким направлениям, как выполнение вероятностного анализа безопасности и надежности АЭС (с анализом инцидентов и

отказов); использование мобильных лабораторий мониторинга радиационной обстановки; выбор стратегии обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом; кризисное реагирование в чрезвычайных ситуациях и др.

Для реализации программы сотрудничества предусмотрено осуществление комплекса мероприятий, в том числе организация практических занятий и семинаров; проведение экспертиз и консультаций; создание рабочих групп по конкретным вопросам; постоянное экспертное представительство и выезд экспертов на место и др.

Заключение

Изучение передового мирового опыта подготовки специалистов для атомной энергетики является необходимым условием повышения квалификации преподавателей. Полученные во время стажировки знания будут ценны в учебном процессе и найдут важное народнохозяйственное применение, способствуя более безопасному, надежному и эффективному развитию белорусской ядерной энергетики.

РЕПОЗИТОРИЙ