

ный план нового предмета в качестве обязательного в соответствии с требованиями времени.

ТЕНДЕНЦИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ОТРАСЛИ В ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ СТРАНАХ

Дронишинец А. Н., Дронишинец Н. П., Носырев Н.А.
*Новоуральский государственный
технологический институт,
Новоуральск-3*

Анализ документов МАГАТЭ, материалов Агентства по ядерной энергетике стран ОЭСР, результатов исследования организации руководителей факультетов ядерной энергетики США[1] позволяет выявить проблемы, противоречия, неопределенность в отношении будущего ядерной энергетики во многих странах мира. Старение трудовых ресурсов и сокращение числа молодых специалистов в ядерной области, снижение возможностей получения высшего образования в сфере ядерной техники в связи с закрытием ядерно-технических факультетов и исследовательских реакторов во многих университетах и ядерных исследовательских установок в ряде государств, разработка образовательных программ по формированию ориентации, установок учащихся и студентов на работу в атомной промышленности, становятся предметом исследования ученых, социологов [2].

Тенденции в сфере ядерного образования и обучения в разных странах различны и непосредственно зависят от общей ситуации в системах образования в областях науки и техники. Восприятие мировым сообществом ядерных технологий, особенно после чернобыльской аварии, создало неблагоприятный фон, оказывающий влияние на тенденции в области образования. В ряде стран ядерно-технические факультеты, как таковые, в большинстве крупнейших университетов сменились факультетами с новыми названиями, в которых на первое место поставлены энергетика, естественные науки или изучение систем, а ядерный компонент был помещен в рамки этих учебных планов. В результате возросло число студентов-выпускников по различным специальностям и в более широких областях исследований. Реструктуризация ядерной промышленности и широкое разнообразие возможностей получения работы в других отраслях серьезно усугубили проблемы, связанные с привлечением лучших студентов для работы в ядерной сфере. Среди молодого поколения зачастую распространено мнение о том, что в ядерной промышленности отсутствуют перспективы для успешной карьеры в будущем. В целях противодействия таким тенденциям принимаются многочисленные меры, включая совместные усилия правительства, промышленности и университетов.

В 2000 г. Генеральная конференция МАГАТЭ приняла резолюцию (GC/44/13) по вопросам образования и обучения в области радиационной защиты, ядерной безопасности и обращения с отходами. В ней содержится настоятельный призыв к Секретариату Агентства "наращивать усилия в этой области в рамках имеющихся финансовых ресурсов"[3].

В ответ на данную резолюцию МАГАТЭ приступило к систематическому анализу своей деятельности в сфере образования и обучения. Одна из основных целей состоит в оказании помощи государствам-членам в принятии устойчивых программ образования и профессиональной подготовки в области ядерной безопасности в целях содействия обеспечению безопасности и применению норм безопасности МАГАТЭ.

Ежегодно МАГАТЭ организует свыше 60 учебных курсов и практикумов в области ядерной безопасности. Основные вопросы охватывают безопасность конструкции и эксплуатации атомных электростанций и исследовательских реакторов, методы и аппаратуру для оценки безопасности и регулирующий контроль.

Как правило, мероприятия по профессиональной подготовке осуществляются в рамках проектов технического сотрудничества и внебюджетных программ по ядерной безопасности. В последние годы в программу МАГАТЭ по подготовке в области безопасности включены новые учебные курсы и модули дистанционного обучения. МАГАТЭ принимало также участие в работе международной группы специалистов по вопросам образования и обучения в ядерной области, организованной Агентством по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития.

В 1999 г. был организован курс основ профессиональной подготовки в области ядерной безопасности. Впервые он был проведен в 1999 г. в Сакле, Франции, в сотрудничестве с национальными органами. Была разработана стандартная учебная программа, состоящая из 22 модулей, и подготовлен учебник объемом примерно 700 страниц, рассчитанные на 9-недельный курс обучения. Слушателями курса были операторы атомных электростанций, представители регулирующих органов и специалисты из организаций технической поддержки в основном из европейских стран.

Оценка учебного курса показала, что полученные благодаря ему знания оказали значительное влияние на техническую компетентность и качество работы участвовавших в нем специалистов. В 2000 г. аналогичные курсы были организованы на испанском языке в Бразилии для стран Латинской Америки и на английском языке в Румынии в форме национального учебного курса продолжительностью в 6 недель и 4 недели, соответственно. В 2001 г. такие курсы состоялись в Сакле, Франция, и в Аргоннской лаборатории, США.

Более специализированная подготовка включает двухнедельный курс по регулированию контролю атомных электростанций. Такие курсы, начиная с 1994 г., были проведены несколько раз в Европе и Азии. Для них был подготовлен учебник объемом примерно 300 страниц.

Предлагаются также два других специализированных двухнедельных курса по оценке безопасности атомных электростанций и по эксплуатационной безопасности. Один из них, посвященный оценке безопасности, был впервые проведен в июне 2000 г. в Хельсинки при сотрудничестве МАГАТЭ с финскими

организациями. В этом курсе дается широкий общий обзор проблемы оценки безопасности, включая применение детерминистского и вероятностного анализа безопасности. Второй курс охватывает эксплуатационную безопасность, включая управление безопасностью; он был проведен в 2000 г. в Карлсруэ, Германия, в форме практикума. Начата работа по подготовке учебников для обоих курсов.

По мере того как МАГАТЭ и государства-члены изучают пути усиления деятельности, связанной с ядерным образованием и обучением, вырисовываются основы усовершенствованной структуры образования и обучения в области ядерной безопасности. (См. Таблицу № 1).

В Таблице № 1 отражен большой опыт, приобретенный МАГАТЭ к настоящему времени, потребности государств-членов, нормы безопасности МАГАТЭ и тенденции в области ядерной безопасности.

На уровне базовых знаний подготовка предназначена для представления широкого общего обзора концепций ядерной безопасности и их применения в процессе проектирования и эксплуатации атомных электростанций и исследовательских реакторов. Характер и охват обучения ориентированы прежде всего на младших специалистов, недавно начавших рабо-

тать в областях, связанных с ядерной безопасностью. Оно предназначается также для работников с чрезвычайно узкой специализацией, у которых отсутствует более широкое представление о ядерной безопасности.

Новейший опыт указывает на необходимость в некоторых случаях обеспечения формального высшего образования по основам ядерной техники, включая такие предметы, как реакторная физика и тепловая гидравлика. Такие знания необходимы для специалистов, занятых в сфере ядерной безопасности, и их все более трудно получить ввиду постепенного сокращения ядерно-технических программ во многих университетах мира.

На уровне специальных знаний предлагаются типовые учебные курсы в области регулирующего контроля, оценки безопасности и эксплуатационной безопасности атомных электростанций и исследовательских реакторов. Целевые группы формируются из технического персонала регулирующих органов, организаций технической поддержки, операторов атомных электростанций, операторов и пользователей исследовательских реакторов, научных сотрудников исследовательских институтов и преподавательского состава.

Таблица 1. Структура образования и обучения в области ядерной безопасности

СТРУКТУРА ОБРАЗОВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ			
УРОВЕНЬ ОСНОВНЫХ ЗНАНИЙ			
Базовый курс профессиональной подготовки в области ядерной безопасности			
УРОВЕНЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗНАНИЙ			
Регулирующий контроль на атомных электростанциях	Оценка безопасности атомных электростанций	Эксплуатационная безопасность атомных электростанций	Безопасность исследовательских реакторов
УРОВЕНЬ КОНКРЕТНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ			
-Основы регулирования -Организация регулирующего органа - Процесс выдачи разрешений -Инспектирование и контроль за исполнением -Эффективность регулирования	-Методы анализа аварий -Вероятностная оценка безопасности -Управление авариями -Управление старением -Оценка безопасности модификаций станции	-Культура безопасности и управление безопасностью -Взаимодействие между оператором атомной электростанции и регулирующим органом -Эксплуатационный опыт и обратная связь -Эксплуатационная практика	- Аспекты регулирования и документирование безопасности -Анализ безопасности -Безопасность эксплуатации и утилизации -Управление старением -Безопасная остановка и снятие с эксплуатации
ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ			
Научные командировки, стипендии, наблюдатели в группах МАГАТЭ по анализу безопасности			

Структура обучения предусматривает и возможности для практической подготовки на рабочих местах. Такие возможности предоставляются Агентством в форме стипендий, научных командировок и участия в качестве наблюдателей в составе групп Агентства по анализу безопасности.

Эффективная форма обучения предлагается в связи с предоставлением услуг МАГАТЭ в области безопасности. Такой подход применяется также в областях управления безопасностью и культуры безопасности. Эта подготовка приносит непосредственную пользу в сфере деятельности, связанной с проведением самооценки безопасности атомными электростанциями.

Осуществление предлагаемой программы требует энергичных усилий со стороны МАГАТЭ и поддержки государств-членов.

Для каждого учебного мероприятия потребуются стандартные учебные материалы. Примерами таких материалов являются учебники, уже разработанные для базового курса профессиональной подготовки в области ядерной безопасности и для регулирующего контроля. Аналогичные учебники должны быть разработаны и для других курсов в категории специализированного обучения.

В дополнение к учебникам и другим соответствующим публикациям МАГАТЭ для использования лекторами необходимы стандартные наборы распе-

чатки видеоматериалов, предпочтительно на языке обучения, по нормам ядерной безопасности и практической деятельности МАГАТЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. John Gutteridge. Targeted Initiatives. Support for Nuclear Engineering education in the USA. - IAEA Bulletin, vol.43, N 1, 2001, p. 7-11; Annick Carnino and Luis Lederman. Education and Training in Nuclear Safety. Strengsening Framework.- IAEA Bulletin, vol.43, N 1, 2001, p. 22 - 24; Kan Wang and Baoshan Jia. Nuclear engineering education at Tsinghua University in Beijing. - Energy Future in the Asia/Pacific Region - Research & Education for Nuclear Energy. Proceedings of the International Symposium Sponsored by Tokai University Education System, Japan, Institute of Nuclear Energy Technology Tsinghua University, China and Department of Nuclear Engineering University of California, Berkeley March 27 ~ 29, 2000, p.138-141; Shiori Ishino. Nuclear engineering education - history, current status and future needs — International Symposium Energy Future in the Asia/Pacific Region — Research Education for Nuclear Energy — Proceeding of the 4th Nuclear Energy Symposium March 15-16, 1999. Nuclear Science & Technology Association (NuSTA). Taipei. 1999, p.162 - 175.

2. Дронишинец Н. П., Носырев Н.А. Анализ факторов, побуждающих учащуюся молодежь работать на предприятиях министерства атомной энергии. - В сб.: Проблемы непрерывной многоуровневой подготовки специалистов для предприятий и организаций Минатома. Сборник научных трудов. Часть 1. Северск-2003; Жиганов А.Н., Карпов С.А., Кербель Б. М., Куровский В.Н., Николаев А.Г. В.И. Петлин. Ядерно-техническое образование в закрытых атомных городах России (системный подход).- Северск: СГТИ, 2004.

3. Annick Carnino and Luis Lederman. Education and Training in Nuclear Safety. Strengsening Framework.- IAEA Bulletin, vol.43, N 1, 2001, p. 22 - 24;

О РАБОТЕ В ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЯХ

Иванов Е.М.

*Дмитровградский Институт Технологий,
Управления и Дизайна,
Дмитровград*

Если под действием силы $\mathbf{F}$ материальная точка прошла бесконечно малый путь $d\mathbf{S}$, то работу можно определить как скалярное произведение вектора силы на вектор перемещения

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{S} = F_s \cdot dS \quad (1)$$

где F_s — проекция силы $\mathbf{F}$ на направление перемещения частицы $d\mathbf{S}$.

Из такого определения работы следует, что сила, направленная перпендикулярно пути, не производит работы. В частности, при равномерном движении материальной точки по окружности работа сил равна нулю. Покажем, что эти два утверждения ошибочны.

В соответствии с законом инерции Галилея всякое тело оказывает сопротивление при попытках при-

вести его в движение или изменить модуль ИЛИ НАПРАВЛЕНИЕ ЕГО ДВИЖЕНИЯ. Это свойство тел называется инертностью. Чтобы преодолеть сопротивление, необходимо приложить усилие, т.е. совершить работу. Определим работу, которую надо затратить, чтобы изменить направление движения тела, т.е. повернуть вектор скорости $\mathbf{V}_0$ (или вектор импульса

$I_0 = m\mathbf{V}_0$) на некоторый угол α . Изменение направления движения производится за счет действия импульса силы I_2 . Из треугольника импульсов по теореме косинусов находим $I_2^2 = 2I_0^2(1 - \cos\alpha)$. Работа поворота тела массы m при постоянной скорости $\mathbf{V}_0$ будет равна

$$A_\alpha = I_2^2 / 2m = I_0^2(1 - \cos\alpha) / m; \quad 0 \leq \alpha \leq \pi \quad (2)$$

Обозначим $K_0 = mV^2 / 2 = I_0^2 / 2m$ — кинетическая энергия тела, тогда работа поворота на 90° будет равна $A_{\pi/2} = 2K_0$, на 180° — $A_\pi = 4K_0$, на 360° — $A_{2\pi} = 8K_0$. Таким образом, работа поворота на 360° или работа одного оборота при равномерном движении тела по окружности равна $8K_0$. Эту работу совершает центростремительная сила, хотя в соответствии с формулой (1) эта работа должна быть равна нулю. Причина более столетнего заблуждения по поводу работы, совершаемой центростремительными силами, состоит в том, что скалярное произведение (1) надо дополнить другим выражением: $dA = \mathbf{F} d\mathbf{S}_F$, где $d\mathbf{S}_F$ — проекция перемещения $d\mathbf{S}$ на направление действия силы $\mathbf{F}$. Именно это выражение надо использовать при криволинейном движении, когда вектор силы $\mathbf{F}$ перпендикулярен $d\mathbf{S}$.

Поле сил называется потенциальным, если работа при перемещении в этом поле зависит лишь от начальной и конечной точек пути и не зависит от траектории. Другим эквивалентным определением потенциальности является требование равенства работы нулю при перемещении по любому замкнутому контуру.

Покажем, что эти оба утверждения тоже ошибочны. От вида пути не зависит изменение потенциальной энергии, а работа и изменение потенциальной энергии не всегда эквивалентны. Рассмотрим это на примере движения тела в однородном поле тяжести. При движении тела вниз от верхней потенциальной поверхности h_1 до нижней потенциальной поверхности h_2 на тело действует только одна сила $F = mg$ и движение происходит по вертикали, т.е. вдоль линии напряженности поля. Сила тяжести совершает работу

$$A_{12} = mg(h_1 - h_2) = mv_K^2 / 2; \quad v_K^2 = 2g(h_1 - h_2) = 2gh \quad (3)$$

Чтобы остановить тело на уровне h_2 , необходимо затратить работу торможения, равную кинетиче-