

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-11-105-116>

Ядерное образование в России и в зарубежных странах

Волков Юрий Николаевич – канд. техн. наук, ст. преподаватель. E-mail: ynvolkov@mephi.ru

Гераскин Николай Иванович – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой. E-mail: nigeraskin@mephi.ru

Косилов Андрей Николаевич – канд. техн. наук, проф. E-mail: a.kossilov@gmail.com

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

Аннотация. Обучение специалиста-ядерщика в университете обеспечивает получение базовых компетенций, которые будут влиять на результаты работы будущего специалиста в течение всей его последующей профессиональной карьеры. В статье обсуждаются лучшие практики и основные тенденции, которые сложились в высшем образовании в сфере ядерных технологий в России и за рубежом. Анализ проведён на основе материалов, подготовленных различными международными организациями и профессиональными сообществами, и опыта Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в этой области.

Ключевые слова: ядерное образование, развитие кадрового потенциала, ядерная отрасль, международное сотрудничество в ядерной сфере, экспорт образования, магистратура

Для цитирования: Волков Ю.Н., Гераскин Н.И., Косилов А.Н. Ядерное образование в России и в зарубежных странах // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 11. С. 105-116.

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-11-105-116>

Введение

На сегодняшний день в мире эксплуатируется 451 реакторный энергоблок и ещё 54 коммерческих реактора находятся в стадии строительства. Кроме того, около 400 ядерных реакторов работают в исследовательском секторе и на транспортных аппаратах на море и в космосе. Постоянными членами Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) являются 171 государство, в 31 стране работают атомные электрические станции (АЭС).

В России функционируют 10 АЭС с 36 ядерными реакторами, ещё 6 реакторных блоков находятся на стадии строительства, что обеспечивает долю АЭС 18% в выработке электроэнергии. Государственная корпорация ГК «Росатом» занимает первое место на международном рынке по величине портфеля зарубежных проектов и по строительству новых реакторов. В поставках топлива на АЭС мира доля России (ОАО «ТВЭЛ»)

составляет 17%, в поставках обогащённого урана – 40%¹. Энергетический сектор ГК «Росатом» работает на всех стадиях ядерного топливного цикла, начиная от добычи урана и заканчивая выводом из эксплуатации и обращением с ОЯТ. Кроме энергетического сектора в ГК «Росатом» есть неэнергетический сектор: атомный флот, наработка изотопов, исследовательские реакторы и ядерная медицина. Атомная отрасль в России включает в себя различные научно-исследовательские и академические институты, регулирующий орган в лице Ростехнадзора. Таким образом, атомная отрасль в России – это динамичная, быстроразвива-

¹ Информационная система по энергетическим реакторам (Power Reactor Information System PRIS). URL: <https://www.iaea.org/resources/databases/power-reactor-information-system-pris>



Рис. 1. Схема взаимодействий государственных органов, образовательных учреждений и предприятий ядерной отрасли при формировании необходимых компетенций персонала
 Fig. 1. Scheme of interaction between state authorities, educational institutions and nuclear industry enterprises in the formation of personnel necessary competences

ющаяся область с амбициозными планами, реализация которых должна быть обеспечена высококвалифицированными кадрами. Безопасность ядерной энергетики во всех её измерениях (недопущение ядерных аварий, гарантии нераспространения ядерного оружия и физическая защита ядерных объектов) – это ключевой фактор, который определяет и будет определять развитие отрасли, от чего напрямую зависит устойчивое развитие страны или региона. В обеспечении безопасности ядерных объектов ключевую роль играет персонал. Приводятся данные, что порядка 60% инцидентов на ядерных объектах являлись прямым результатом действия человеческого фактора [1]. Поэтому для работы на таких объектах требуются компетентные специалисты с глубоким пониманием культуры ядерной безопасности, а их подготовке уделяется повышенное внимание. На рисунке 1 приведена обобщённая схема формирования компетентного сотрудника.

Стоит обратить внимание, что подготовка специалиста в ядерной сфере – это непрерывный процесс, происходящий в течение всего времени работы сотрудника на предприятии. Он начинается с академического ядерного высшего образования (ВО) или среднего профессионального образования (СПО), потом идёт подготовка на должность (производственный тренинг), а далее специ-

алист постоянно проходит повышение или поддержание своей квалификации. Тренинг и повышение/поддержание квалификации называются профессиональным обучением или дополнительным профессиональным обучением (ДПО); под ним понимается процесс освоения того или иного навыка, который обеспечивает достижение необходимого результата на рабочем месте.

Данная статья фокусируется на первом этапе – на обучении специалиста-ядерщика в рамках высшего университетского образования. Этот этап уникален тем, что закладывает получение базовых компетенций, которые будут влиять на будущего специалиста в течение всей его последующей профессиональной карьеры. Авторы не ставили перед собой задачу описания всего спектра программ подготовки специалистов-ядерщиков в мире, с которыми можно ознакомиться в опубликованных отчётах и обзорах [2–5]. Более важным представляется анализ лучших практик и основных тенденций, которые происходят в высшем образовании в ядерной сфере.

Государство – отрасль – вуз: пути взаимодействия

Ядерные знания отличаются высокой сложностью, долгим жизненным циклом и большими капитальными затратами, ведь

они учитывают научно-технические достижения и практический опыт последних 60–70 лет. Их совершенствование и, что не менее важно, сохранение должны рассчитываться на очень длительное время. Для некоторых профессий (например, оператор блочного щита управления на АЭС) требуется до 10 лет от школьной скамьи, чтобы специалист получил образование и необходимые навыки.

Во всём мире развитие ядерных знаний до сих пор происходило при значительной государственной поддержке, однако сейчас некоторые из них коммерчески не востребованы, другие не находят применения или находятся в ограниченном доступе. Одной из коренных проблем кадрового обеспечения атомной науки является старение специалистов. Молодёжь не очень охотно идёт на ядерные специальности, особенно это чувствуется в тех странах, где долгосрочная привлекательность атомной промышленности стоит под вопросом. Ведь для нового поколения чрезвычайно важны такие факторы, как престиж, конкретные перспективы и эффективность работы в обозримый период. Поэтому существует опасность утери ядерных знаний, особенно их неявного компонента, который определяется практическим опытом и передаётся главным образом путём наставничества на рабочем месте. В любой сфере человеческой деятельности высокая квалификация является ведущим производственным ресурсом, главным фактором материального достатка и общественного статуса. Но в ядерной сфере плата за ошибки, возникающие в результате утери знаний и информации, низкой квалификации персонала, слишком высока как с экономической, так и с экологической точек зрения.

Для эффективного управления знаниями и инновационными разработками необходим устойчивый приток высококвалифицированных кадров, подготовка которых является предметом национальной политики в ядерной области [6]. Поэтому ключевым фактором в ядерном образовании является поддержка государством национальных

ядерных программ (см. *рис. 1*). Роль государства заключается в том, чтобы при помощи своевременных политических решений и адекватного финансирования обеспечить функционирование и развитие как отрасли, так и образовательных учреждений. Участие государства должно включать регулярный и активный мониторинг спроса и предложения, а также выделение средств на поддержку образовательных программ, которые обеспечивают средства для развития и поддержания специальных знаний и опыта.

Хорошим примером взаимодействия государства и отрасли в области ядерного образования является создание Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Он является базовым вузом Госкорпорации «Росатом», располагающим разветвлённой сетью филиалов в городах присутствия организаций атомной отрасли. Более широким примером служит Ассоциация вузов «Консорциум опорных вузов Госкорпорации “Росатом”», созданная с целью координации деятельности в интересах атомной отрасли в сфере высшего, послевузовского и дополнительного профессионального образования, а также в научной сфере². Ещё одним примером служит Консорциум ядерно-технического образования в Англии, включающий в себя 12 британских университетов и других высших учебных заведений. Он был учреждён в 2005 г. для разработки образовательных и обучающих программ для выпуска дипломированных (степень магистра) и сертифицированных специалистов, а также для организации курсов повышения квалификации³.

Отрасль, как и любой бизнес, как правило, готова вкладывать значительные средства в краткосрочную переподготовку сотрудников в рамках конкретных квалификаций, и вопрос финансирования долгосрочных

² ГК Росатом. Сотрудничество с вузами. URL: <https://www.rosatom.ru/career/obrazovanie/sotrudnichestvo-s-vuzami/>

³ The nuclear technology education consortium. URL: <http://www.ntec.ac.uk>

кадровых программ (а университет – это долгосрочное вложение) для неё является всегда приоритетом. Очевидно, что академическое образование обладает известной инертностью, которая обусловлена тем, что, во-первых, университет в своей деятельности опирается на собственные или государственные стандарты высшего образования, во-вторых, тем, что любые изменения в учебном плане скажутся на выпускниках далеко не сразу, а через три-пять лет. Это привело к тому, что в ряде стран отрасль стала активно участвовать в подготовке кадров, либо создавая собственную инфраструктуру (корпоративные академии), либо контролируя формирование соответствующих образовательных курсов вузов.

В рамках одноуровневой системы высшего образования (специалитет, 5–6 лет обучения) задача надлежащей подготовки кадров непосредственно на рабочем месте в научных и проектно-конструкторских организациях решается путём обеспечения практик и стажировок студентов на последних курсах. В это время определяются деловые качества молодого специалиста для наиболее правильного и рационального использования его на предприятии.

Решением вопроса взаимодействия с отраслью в рамках двухуровневой системы высшего образования (бакалавр и магистр) может служить, например, разделение магистратуры в университете на академическую (ориентация на науку и аспирантуру) и индустриальную (чёткая ориентация под задачи индустриального партнёра). Примером может служить Высшая инженеринговая школа (ВИШ) НИЯУ МИФИ, созданная совместно с АО Инжиниринговая компания «Атомстройэкспорт», одной из ведущих компаний на рынке строительства атомных электростанций, которая готовит специалистов высшего класса с фокусом на управлении конфигурацией сложных инженерных объектов и бизнес-инжиниринге в атомной индустрии и смежных отраслях. Благодаря сотрудничеству с индустриальным партнё-

ром студенты ВИШ смогут начать профессиональную карьеру без отрыва от учебного процесса⁴.

Ещё один запрос отрасли заключается в том, что сегодня остро ощущается нехватка кадров в возрасте от 30 до 40 лет, которые одновременно были бы техническими специалистами и обладали экономическими навыками и навыками эффективного управления человеческими ресурсами. Можно отметить несколько инициатив в этой сфере:

– в 2016 г. разработана магистерская программа «Управление в атомной отрасли», которая аккредитована согласно стандартам МАГАТЭ и выполняется в рамках инициативы Международной академии ядерного менеджмента (International Nuclear Management Academy – INMA) [7]. Цели программы: подготовка магистров, обладающих управленческими и техническими компетенциями для успешной работы в сфере государственного и корпоративного управления, международного сотрудничества, инжиниринга и реинжиниринга бизнес-процессов в области перспективных ядерно-энергетических технологий, в интересах глобального бизнеса Госкорпорации «Росатом»;

– в 2017 г. НИЯУ МИФИ совместно с Всероссийской академией внешней торговли при поддержке ГК «Росатом» начал реализацию программы двойных дипломов, ориентированной на подготовку специалистов для выполнения международных бизнес-проектов в атомной отрасли;

– с 2006 г. Всемирная ядерная ассоциация (WNA), МАГАТЭ, Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (OECD/NEA) и Всемирная ассоциация организаций, эксплуатирующих атомные электростанции, (WANO) запустили Международный ядерный университет (WNU), созданный для

⁴ Магистратура НИЯУ МИФИ. URL: <https://mephi.ru/obrdeyat/obrazovatelnye-programmy/graduate/>

повышения уровня компетенций будущих руководителей в области мирного использования ядерных технологий⁵;

– МАГАТЭ совместно с НИЯУ МИФИ с 2005 г. проводит Международную школу «Менеджмент ядерных знаний» (Триест, Италия), в которой ежегодно принимают участие около 50 участников из 25–30 стран. Школа состоит из двух частей: дистанционного обучения с использованием обучающей кибернетической платформы CLP4NET и очного обучения в Триесте, где в течение недели обсуждаются основные подходы, методы и средства менеджмента знаний как ключевого ресурса предприятий ядерной отрасли [8].

Качество высшего ядерного образования

Современный специалист-ядерщик должен быть готов к решению следующих задач: обеспечение безопасной и экономически выгодной работы ядерных объектов (включая, возможно, вывод из эксплуатации); проектирование и инжиниринг новых ядерных установок; неэнергетическое применение ядерных технологий. Для этого он должен обладать глубокими познаниями в естественных науках, различными инженерными навыками, способностью и готовностью осваивать новые ядерные технологии и технику, владеть методологией выполнения численных компьютерных и натуральных экспериментов, оценки надёжности и достоверности экспериментальных данных. Он должен уметь принимать решения, справляться с оптимизационными задачами с большим количеством параметров и критериев. Современному инженеру необходимы междисциплинарное, критическое и системное мышление и творческая инициатива, способность решать неструктурированные задачи, навыки коммуникации и сотрудничества, профессиональная мобильность и способность адаптации к новым условиям.

Для формирования всех этих компетенций в течение десятилетий выстраивалась система, связывающая все этапы подготовки специалиста. Традиционное образование специалистов-ядерщиков на примере НИЯУ МИФИ базировалось на четырёх принципах [9; 10]:

– фундаментальная подготовка одновременно по двум направлениям: физико-математическая – в объёмах, соответствующих учебным планам физического факультета университета, и инженерная – в объёме ведущих технических институтов. Это было революционное новшество в деле обучения специалиста. Инженер должен знать физику как физик-профессионал, и в то же время физик должен знать инженерные дисциплины как профессиональный инженер;

– преподавание специальных дисциплин учёными и специалистами, активно работающими в данной области; практика и дипломное проектирование должны осуществляться на предприятиях ядерной отрасли или на выпускающих кафедрах;

– опора на выпускающие кафедры: в структурном подразделении университета (факультет, институт и т.п.) должны быть выпускающие кафедры по разным направлениям, обеспечивающие решение комплексной проблемы использования новейших достижений науки в различных направлениях ядерной техники. Соответственно, студенты проводят исследовательскую работу в лабораториях университета;

– отбор студентов, способных справиться с предстоящей работой.

Благодаря реализации этих четырёх принципов на выпускающих кафедрах ядерного факультета сформировался уникальный опыт выпуска специалистов; по окончании 5,5-летнего периода обучения им выдавался диплом инженера-физика. В современных условиях реализации ФГОС 3++ для ядерных специальностей, прежде всего – в области ядерной физики и технологий, специалитет остался как хорошо зарекомендовавшая себя практика подготовки специали-

⁵ The World Nuclear University. URL: <https://www.world-nuclear-university.org>



Рис. 2. Оценка качества образовательных программ в России
 Fig. 2. Assessing the quality of educational programmes in Russia

стов-ядерщиков. Таким образом, эти четыре принципа не потеряли своего значения и в настоящее время. Вместе с тем появился ряд новых вызовов.

1. При переходе к двухуровневой системе образования на этапе магистратуры требуется осознанное планирование того, как будет осуществляться подготовка магистров, имея в виду претендентов с дипломом бакалавра в смежной, но не обязательно ядерной области. Во-первых, важен отбор абитуриентов на программы магистратуры, студент должен многое постигать самостоятельно, на основе своих предпочтений и предыдущего опыта. Во-вторых, возможно разделение магистратуры на академическую и прикладную (индустриальную) с учётом междисциплинарного характера задач и для более гибкого взаимодействия с отраслью. В-третьих, начиная с первого курса обучение в магистратуре должно быть практико-ориентированным во всех дисциплинах, то есть происходить в контексте практического применения знаний [11]. В-четвёртых, учитывая короткий срок обучения и большой

объём теоретического материала, целесообразно практиковать смешанный формат обучения, например, с использованием технологии «перевёрнутый класс».

2. С каждым годом возрастает роль математического моделирования. В его основу закладываются математические модели, всё более сложные и более адекватные реальным процессам и современным конструкциям, объектам, сооружениям, таким как самолёты, автомобили, атомные станции и так далее (Simulation-Based Design)⁶. Основы алгоритмизации и программирования, электроника – это уже базовые дисциплины, фундамент высшего инженерного образования.

3. Распространение применения технологий машинного обучения, а в дальнейшем – искусственного интеллекта при проведении научных исследований. Примером может служить оценка ядерной безопасности АЭС, когда отклик оператора АЭС может моделироваться нейронной сетью на основе

⁶ Боровков А. Цифровое проектирование. URL: <https://postnauka.ru/video/63239>

опросов и симуляции подобных ситуаций с реальными операторами АЭС [12].

4. Компьютерные модели и компьютерное моделирование не заменяют лабораторные занятия, но могут обогатить теоретические знания [13]. В некоторых странах роль тренажёров в подготовке кадров является обязательной и приобретает всё более широкое распространение. Примеры использования технологии виртуальной и дополненной реальности: управление АЭС, 3D-визуализация в медицине, ядерный инжиниринг и проектирование, виртуальный эксперимент в сети Megascience-центров.

5. Обучение на английском языке с учётом экспортных услуг в сфере образования в странах, представляющих интерес для ГК «Росатом».

Чтобы учебная программа отвечала требованиям работодателей, она должна обладать высоким и постоянным качеством. В качестве примера на *рисунке 2* приведена схема оценки качества образовательных программ в России. Кроме государственной аккредитации существует независимая аккредитация со стороны индустрии и общественных организаций, которая может дополнять или даже заменять государственную.

С ростом мобильности персонала и экспорта образования становится всё более очевидно, что необходим единый международный подход, который позволил бы работодателю быть уверенным, что уровень образования и квалификации работника будет соответствовать предъявляемым требованиям независимо от того, в какой стране они получены. Например, Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) организует регулярные встречи, на которых рассматриваются программы и стандарты обучения разных стран, чтобы обеспечить их равноценность. Можно отметить такую инициативу МАГАТЭ, как University Peer Review Assessment (UPRA). Она использует наработанный в INMA опыт оценки программ и имеет целью проведение экспертизы технических образовательных программ: со-

ответствует ли выполнение образовательной программы требованиям МАГАТЭ и самым высоким стандартам качества (лучшие практики) подготовки специалистов-ядерщиков⁷. Это может быть полезно для государств, планирующих создать собственную атомную энергетику, для определения состава и стандартов собственных программ ядерного образования.

Европейская сеть ядерного образования (ENEN) присуждает специальную степень магистра – The European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE). Это сертификат, подтверждающий стандарты качества образования в области атомной энергетики, которого добился лауреат EMSNE в масштабе Евросоюза⁸.

Международное сотрудничество в сфере ядерного образования

Создание сетей (национальных и международных) образовательных институтов и университетов является ключевым элементом стратегии наращивания возможностей высшего образования и эффективного использования уже имеющихся ресурсов. Образовательные сети облегчают обмен информацией и передовым опытом между их членами, обеспечивают восполнение опыта в определённых областях (не все знания доступны в каждом месте), предоставляют студентам возможность получить информацию от лучших преподавателей и экспертов по специальному предмету.

Структура и организация национальных сетей ядерных университетов для различных стран в целом схожи. Как правило, в национальную сеть университетов включаются исследовательские центры, объекты ядерной промышленности, иногда – регулирующие

⁷ Education Capability Assessment and Planning Assist Mission (ECAP). URL: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-knowledge-management/education-capability-assessment-and-planning-assist-mission>

⁸ The European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE). URL: <http://www.enen.eu/en/emsne/information.html>

органы конкретной страны. Ключевыми факторами здесь являются более глубокая интеграция и взаимодействие образовательных учреждений, с одной стороны, и объектов ядерной промышленности – с другой.

Только в ограниченном количестве стран накоплен необходимый опыт для сохранения и передачи ядерных знаний. Региональные сети образовательных учреждений при поддержке государственных учреждений могут рассматриваться как фундамент будущего сотрудничества. Одной из целей создания национальной сети университетов является усиление интеграции университетов в международные региональные сети, такие как ENEN, ANENT, LANENT, AFRO-NEST и STAR-NET. Первые две имеют целью координировать и объединять усилия различных стран данного региона (европейского и азиатского) для создания единой унифицированной образовательной программы с взаимным признанием дипломов, обменом студентами, преподавателями и научными работниками, обеспечением широкого доступа к информации в области ядерной науки и образования, усилением взаимодействия и сотрудничества между организациями стран-участников. Лидером в ENEN является Франция, в ANENT – Южная Корея. STAR-NET – самый свежий пример создания такой сети для региона Восточной Европы и Средней Азии (Азербайджан, Армения, Беларусь, Казахстан, Польша, Россия, Узбекистан, Украина). Примером международной узкоспециальной сети, созданной под эгидой МАГАТЭ, можно считать INSEN – международную сеть образования в области физической ядерной безопасности (Nuclear Security).

Помимо создания сетей, хорошей практикой является также международное (двустороннее или многостороннее) сотрудничество в рамках конкретных проектов. Примером может служить проект ENEN-RU, который направлен на гармонизацию образования и профессиональной подготовки в ядерной области между Европейской

сетью ядерного образования (ENEN) и российскими поставщиками подобных услуг⁹. Проект предусматривает следующие шаги: организация специализированных тренингов для европейских студентов и исследователей с последующим выходом на совместные исследовательские проекты; совместное участие организаций РФ и ENEN в международных проектах HORIZON 2020 и NEST OECD/NEA (образовательная и исследовательская траектории); реализация совместной российско-европейской магистерской программы по ядерным технологиям (REMSNE); совместное руководство аспирантами, обмен студентами и преподавателями. Ещё одним примером является сотрудничество МАГАТЭ с ведущими университетами, такими как University of Manchester (Англия), НИЯУ МИФИ (Россия), University of Tokyo (Япония), Texas A&M University (США) и др. Его результатом стало создание Международной академии ядерного менеджмента (International Nuclear Management Academy – INMA), в рамках которой университеты предоставляют программы магистратского уровня по стандартам МАГАТЭ, ориентированные на современные аспекты управления в области ядерных технологий, науки и техники [7].

Экспорт образования

Сегодня самый большой вклад в темпы роста мировой атомной энергетики вносят государства, которые только становятся на этот путь развития. Соответственно, «страны-поставщики» должны быть достаточно гибкими и готовыми отвечать на предъявленный спрос, в том числе на мировом рынке услуг в области ядерного образования и подготовки персонала. Выделяют три вида экспорта образовательных услуг.

К первому относится открытие филиалов учебных заведений за пределами госу-

⁹ ENEN. Cooperation with the Russian Federation. URL: <http://www.enen.eu/en/international-cooperation/enenru.html>

дарства. Примером может служить открытие филиала НИЯУ МИФИ в Узбекистане под задачи подготовки кадров для будущей АЭС¹⁰. Второй вид экспортных услуг включает в себя академическую мобильность. По этой схеме иностранные граждане учатся в вузах страны, экспортирующей образовательные услуги. Наконец, третья разновидность экспорта связана с трансграничным образованием. С его помощью удобно проводить внешнюю образовательную деятельность в больших масштабах. Так, студенты могут обучаться в стране, в которой они проживают, а государство-экспортёр становится защищённым от отрицательных эффектов пребывания студентов-иностранцев на его территории.

Пример НИЯУ МИФИ:

- продвижение на зарубежные рынки образовательных программ и модулей образовательных программ университета, в том числе на английском языке;
- использование зарубежных представительств и филиалов Госкорпорации «Росатом» в качестве основы сети приёма зарубежных абитуриентов (Admission Office Network);
- формирование уникальных инновационных образовательных программ подготовки на базе ресурсных центров, включающих полномасштабные тренажёры и полигон корпусных деталей АЭС;
- сотрудничество с университетами-партнёрами по привлечению абитуриентов на магистерские программы, развитие схемы взаимодействия с вузами-партнёрами в виде «бакалавриат в зарубежном университете – магистратура в НИЯУ МИФИ». Первоочередными целевыми рынками для таких программ определены Иордания, Турция, Египет. Преимущество в том, что, с одной стороны, НИЯУ МИФИ выполняет заказ отрасли на подготовку иностранных студентов

со стороны ГК «Росатом», с другой – позволяет отобрать и направить перспективных студентов в магистратуру уже в России [14].

Экспорт образования – это огромный рынок, в котором российские вузы играют сегодня совершенно недостаточную роль. Для выхода на рынок нужны долгосрочные вложения, способствующие росту репутации и узнаваемости вуза в международном научном сообществе.

Профильная ориентация школьников

При рассмотрении спроса на специалистов необходимо рассматривать не только уровень высшего образования. Ведь для того, чтобы заполнить этот «конвейер», следует убедить талантливых старшеклассников выбирать «ядерные» предметы. Поэтому важно повышать уровень школьного образования, пропагандировать среди молодёжи достижения науки и техники, стимулировать их интерес к обучению в технических вузах. В качестве примера можно привести следующие инициативы:

- организация Атомклассов, которые прикреплены к учебным лабораториям, научно-образовательным центрам и кафедрам обособленных структурных подразделений НИЯУ МИФИ;
- создание инновационного образовательного проекта для школьников атомных городов, проявивших творческие способности и интерес к инженерной деятельности, – «Школа Росатома»;
- проведение олимпиады «Росатом» для выявления одарённых школьников, ориентированных на инженерно-технические специальности и проявляющих интерес к вопросам ядерной энергетики и высоких технологий;
- Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор» [15; 16].

Выводы

Ядерное образование не стоит на месте, оно меняется сообразно условиям и задачам, которые на данный момент стоят перед конкретным государством. Университеты

¹⁰ Ташкентский филиал НИЯУ МИФИ. URL: Available at: <https://mephi.ru/about/affiliated/tb.php>

должны ответить на вопрос: каким образом можно определить компетенцию и квалификацию, необходимые в следующем десятилетии для долгосрочной безопасной эксплуатации существующих АЭС, сооружения более безопасных и экономичных проектов ядерных энергетических установок с учётом увеличения числа проектов по выводу из эксплуатации и проблем по обращению с отходами.

Безопасность ядерных технологий – это международный глобальный проект, который поддерживается такими организациями, как ООН, МАГАТЭ, WANO. Здесь национальные и наднациональные сети и объединения университетов и организаций, осуществляющих профессиональное обучение, играют определяющую роль.

Необходимо и дальше развивать сотрудничество государственных органов, предприятий промышленности, научно-исследовательских организаций и учреждений высшей школы по созданию условий для широкой поддержки ядерного образования и профессиональной подготовки.

Литература

1. *Агапов А.М., Михайлов М.В., Новиков Г.А.* Роль «человеческого фактора» в обеспечении безопасности атомной отрасли // Безопасность окружающей среды. 2010. № 2. URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/07/23/35004>
2. International Atomic Energy Agency. Status and Trends in Nuclear Education // Nuclear Energy Series. No. NG-T-6.1. IAEA, Vienna (2011), 226 p.
3. International Atomic Energy Agency. Nuclear Engineering Education: A Competence Based Approach to Curricula Development // Nuclear Energy Series. No. NG-T-6.4. IAEA, Vienna, 2014.
4. Nuclear Education and Training: From Concern to Capability // Nuclear Development, OECD Publishing, Paris, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264177604-en>
5. Nuclear Education and Training. Key Elements of a Sustainable European Strategy // Sustainable Nuclear Energy Technology Platform. URL: <http://s538600174.onlinehome.fr/snetp/wp-content/uploads/2014/05/reportet-km.pdf>
6. International Atomic Energy Agency. Knowledge Management and Its Implementation in Nuclear Organizations. Nuclear Energy Series. No. NG-T-6.10. IAEA, Vienna, 2016.
7. *Kosilov A.N., Volkov Yu.N., Geraskin N.I., Kulikov E.* Implementation of International Nuclear Management Academy Master's Program at NRNU MEPhI // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1133. No. 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1133/1/012035
8. School of Nuclear Knowledge Management (2018) // IAEA, ICTP Hold 14th Joint Nuclear Knowledge Management School. URL: <https://www.iaea.org/services/education-and-training/schools/school-of-nuclear-knowledge-management>
9. *Барбашина Н.С., Гераскин Н.И., Тихомиров Г.В.* Ядерное образование в МИФИ // Высшее образование в России. 2017. № 6 (213). С. 101–107.
10. *Крючков Э.Ф., Кириллов-Узрюмов В.Г., Юрова Л.Н.* А.И. Лейпунский и ядерное образование // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2003. № 3. С. 36–41.
11. *Двуличанская Н.Н., Пясецкий В.Б.* Инженерное образование: практико-ориентированный подход // Высшее образование в России. 2017. № 7 (214). С. 147–151.
12. *Козлачков А.Н., Быков М.А., Сирягин В.Н.* Применение искусственных нейронных сетей для исследования надёжности аварийной защиты реактора // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика ядерных реакторов». 2015. Вып. 3. С. 3–14.
13. *Yakovlev D., Pryakhin A., Medvedeva L.* (2017). Overview of codes and tools for nuclear engineering education // AIP Conference Proceedings 1797, 020019. 2017. Jan 5. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4972439>
14. *Леонова Т.Н.* Экспорт российского ядерного образования: стратегический подход НИЯУ МИФИ // Известия вузов. Ядерная

- энергетика. 2019. № 2. С. 230–235. DOI: <https://doi.org/10.26583/пре.2019.2.20>
15. Цветков И.В., Правник Д.Ю. Система довузовской подготовки «Школа – НИЯУ МИФИ» // Высшее образование в России. 2017. № 6 (213). С. 121–125.
16. Муравьев С.Е., Скритный В.И. Олимпиады школьников // Высшее образование в России. 2017. № 6 (213). С. 126–130.
- Статья поступила в редакцию 20.09.19
Принята к публикации 15.10.19

Nuclear Education in Russia and Abroad

Yury N. Volkov – Cand. Sci. (Engineering), senior lecturer, e-mail: yvolkov@mephi.ru
Nikolay I. Geraskin – Cand. Sci. (Engineering), Assoc. Prof., Head of the Department of Theoretical and Experimental Physics of Nuclear Reactors, e-mail: nigeraskin@mephi.ru
Andrey N. Kosilov – Cand. Sci. (Engineering), Prof., e-mail: a.kosilov@gmail.com
 National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia
 Address: 31, Kasirskoe shosse, Moscow, 115409, Russian Federation

Abstract. The education of a future nuclear professional provides the basic competencies that will influence the performance of a future specialist throughout his or her future professional career. The article discusses the best practices and main trends in higher education that have developed in the field of nuclear technologies in Russia and abroad. The analysis is based on the materials prepared by various international organizations and professional communities, and the experience of the MEPHI. The article discusses such issues as interaction between state, nuclear industry and higher education institution; the quality of nuclear education (four basic principles of training nuclear specialists in MEPHI), the transition to two-tier system in nuclear education; the international cooperation in nuclear sphere; export of nuclear education; and vocational guidance for school students.

Keywords: nuclear education, human resources development, nuclear industry, international cooperation, educational networks, education export, master’s degree programs

Cite as: Volkov, Yu.N., Geraskin, N.I., Kosilov, A.N. (2019). Nuclear Education in Russia and Abroad. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 11, pp. 105-116. (In Russ., abstract in Eng.)

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-11-105-116>

References

1. Agapov, A.M., Mikhailov, M.V., Novikov, G.A. (2010). [The Role of Human Factor in Providing Security in Atomic Industry]. *Bezopasnost' okruzhayushchej sredy* [Environmental Security]. No. 2. (In Russ.)
2. International Atomic Energy Agency. (2011). Status and Trends in Nuclear Education. *Nuclear Energy Series*. No. NG-T-6.1, IAEA, Vienna, 226 p.
3. International Atomic Energy Agency. (2014). Nuclear Engineering Education: A Competence Based Approach to Curricula Development. *Nuclear Energy Series*. No. NG-T-6.4, IAEA, Vienna.
4. Nuclear Education and Training: From Concern to Capability. Nuclear Development (2012). OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264177604-en>
5. Nuclear Education and Training. Key Elements of a Sustainable European Strategy. *Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*. Available at: <http://s38600174.onlinehome.fr/snetp/wp-content/uploads/2014/05/reportetkm.pdf>

6. International Atomic Energy Agency. (2016). Knowledge Management and Its Implementation in Nuclear Organizations. *Nuclear Energy Series*. No. NG-T-6.10, IAEA, Vienna.
7. Kosilov, A.N., Volkov, Yu.N., Geraskin, N.I., Kulikov E. (2018). Implementation of International Nuclear Management Academy Master's Program at NRNU MPhI. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1133, no. 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1133/1/012035
8. School of Nuclear Knowledge Management (2018). IAEA, ICTP Hold 14th Joint Nuclear Knowledge Management School. Available at: <https://www.iaea.org/services/education-andtraining/schools/school-of-nuclear-knowledge-management>
9. Barbashina, N.S., Geraskin, N.I., Tikhomirov, G.V. (2017). Nuclear Education in MPhI. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 6 (213), pp. 101-107. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Kryuchkov, E.F., Kirillov-Ugryumov, V.G., Yurova, L.N. (2003). [A.I. Leipunsky and Nuclear Education]. *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika = Nuclear Energy and Technology*. No. 3, pp. 36-41. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Dvulichanskaya, N.N., Piasetsky, V.B. (2017). [Engineering Education: A Practice-Oriented Approach]. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 7 (214), pp. 147-151. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Kozlachkov, A.N., Bykov, M.A., Siryapin, V.N. (2015). Application of Artificial Neural Networks for Scram Reliability Analyses. *Voprosy atomnoi nauki i tekhniki. Seriya «Fizika yadernykh reaktorov» = Physics of Atomic Nuclei*. No. 3, pp. 3-14. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Yakovlev, D., Pryakhin, A., Medvedeva, L. (2017). Overview of Codes and Tools for Nuclear Engineering Education. *AIP Conference Proceedings 1797*, 020019. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4972439>
14. Leonova, T.N. (2019). Export of Russian Nuclear Education: Strategic Approach of National Research Nuclear University MPhI. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zawedeniy, Yadernaya Energetika = Nuclear Energy and Technology*. No. 2, pp. 230-235. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.2.20> (In Russ., abstract in Eng.)
15. Tsvetkov, I.V., Pravnik, D.Yu. (2016). System of Pre-University Training "School – MPhI". *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 6 (213), pp. 121-125. (In Russ., abstract in Eng.)
16. Muraviev, S.E., Skrytnyi, V.I. (2016). [MPhI's Olympiads for Schoolchildren]. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 6 (213), pp. 126-130. (In Russ., abstract in Eng.)

*The paper was submitted 20.09.19
Accepted for publication 15.10.19*
