

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

В рамках реализации Государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2009–2020 годы на энергетическом факультете (ЭФ) Белорусского национального технического университета (БНТУ) в 2008 году открыта новая специальность 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», выпуск специалистов по которой обеспечивает кафедра «Тепловые электрические станции» (ТЭС).

Строительство атомной электростанции является одним из стратегических направлений развития энергетики Беларуси, а подготовка собственных высококвалифицированных специалистов – одним из важнейших факторов реализации этого проекта.

Подготовка кадров для зарождающейся ядерной энергетики Беларуси – престижное, востребованное и ответственное направление, поскольку атомная отрасль в любой стране, эксплуатирующей АЭС, является средоточием самых талантливых специалистов.

Отличительной чертой подготовки инженеров для энергетики, в особенности для работы на объектах атомной энергетики, является сочетание глубоких теоретических знаний и приобретенных практических навыков.

Теоретическая подготовка

Выпускники специальности 1-43 01 08 готовятся для профессиональной деятельности не только в сфере производства в области проектирования и эксплуатации АЭС, но также в сфере образования и науки. Они могут применить свои знания, проводя научные исследования в области проектирования и эксплуатации паротурбинных установок АЭС, модернизации оборудования, оптимизации технологических схем и природоохранных мероприятий и взаимодействия АЭС с окружающей средой. В настоящее время два выпускника этой специальности работают на кафедре ТЭС БНТУ, обеспечивая учебный процесс по специальным дисциплинам в лабораториях, ассистируя

и самостоятельно проводя учебные занятия.

На кафедре ТЭС БНТУ студенты получают разносторонние теоретические знания по специальности, включая базовые знания по ядерной и нейтронной физике, работе ядерных энергетических реакторов, радиационной безопасности, теоретическим основам работы основного тепломеханического оборудования: паротурбинных установок, парогенераторов, вспомогательного оборудования и пр.

С целью повышения уровня подготовки инженеров для чтения лекций по специальным дисциплинам приглашаются опытные специалисты отечественных и иностранных вузов и предприятий, среди которых: Обнинский институт атомной энергетики, Ульяновский государственный университет, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности (Украина, ныне входит в состав Севастопольского государственного университета, Россия), Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси, Белорусский государственный университет, Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова и др.

Ежегодно несколько студентов кафедры принимают участие в школе-семинаре «Ядерная энергетика и нераспространение: ответ на вызовы современности», которая проходит в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» (НИЯУ «МИФИ», г. Москва).

Г.А. ВЕРШИНА,
к.т.н., доцент, первый
проректор БНТУ,
Н.Б. КАРНИЦКИЙ,
д.т.н., профессор, заведующий
кафедрой ТЭС ЭФ БНТУ,
А.Л. БУРОВ,
старший преподаватель
кафедры,
С.А. КАЧАН,
к.т.н., доцент кафедры

Об уровне подготовки выпускников специальности 1-43 01 08 свидетельствует тот факт, что все они на защите дипломов получили только хорошие и отличные оценки (таблица 1).

В период 2013–2016 годов выпуск первых инженеров-энергетиков по специальности 1-43 01 08 на кафедре ТЭС БНТУ составил 101 человек. Из них около 40 прибыли на работу в РУП «Белорусская атомная электростанция» и Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор). При этом два студента 5-го курса еще во время обучения были включены в рабочую группу Госатомнадзора по проведению и экспертизе вероятностного анализа безопасности энергоблоков Белорусской АЭС и позже распределены в эту организацию на работу.

Многие молодые специалисты, отработав положенные два года по распределению на традиционных ТЭС на органическом топливе и получив там базовые практические навыки, перешли на современный объект – Белорусскую АЭС, о чем мечтали еще при поступлении.

Практическое освоение теоретических знаний

Строительство Белорусской АЭС потребует специалистов, способных обеспечить пуск и эксплуатацию энергоблоков с соблюдением требований ядерной и радиационной безопасности. При комплектовании штата АЭС необходим подготовленный оперативный персонал блочных щитов управления:

Таблица 1. Успеваемость выпускников кафедры ТЭС специальности 1-43 01 08

Год выпуска	Всего студентов, чел.	Из них получили		
		оценка за защиту диплома		диплом с отличием, чел.
		«отлично»	«хорошо»	
2013	25	60 %	40 %	7
2014	29	40 %	60 %	2
2015	26	20 %	80 %	2
2016	21	25 %	75 %	2
Всего за период 2013–2016	101	100 %		11

ведущие инженеры по управлению реактором (ВИУР) и турбиной (ВИУТ).

Оперативный персонал в ходе своего обучения должен получить знания, достаточные для самостоятельной деятельности по управлению энергоблоком АЭС; развить навыки приема, оценки и переработки информации, принятия решений и их реализации, увязки сведений, получаемых от средств отображения информации, с ходом технологических процессов. Для будущих работников атомной электростанции важно понимать взаимосвязь между состоянием технического оборудования и ходом технологического процесса, знать эталонные модели состояния объекта управления, цели и мотивы, которыми должен руководствоваться оператор в своей деятельности.

Поскольку трудовая деятельность, кроме знаний, требует умений и навыков, молодой специалист, попав на предприятие, проходит этап практической адаптации. И чем сложнее производственный процесс, тем более длительным будет этот период. Это требует пересмотра процесса подготовки и использования нового, системного подхода к обучению: структура подготовки специалистов для атомной энергетики в вузе должна согласовываться с требованиями подготовки оперативного персонала на АЭС.

Для закрепления теоретических знаний студенты младших курсов специальности 1-43 01 08 проходят практику на тепловых электростанциях Беларуси. На старших курсах производственная и преддипломная практики проводится за рубежом: на действующих АЭС, в их учебно-тренировочных центрах (УТЦ) и подразделениях (УТП), а также в учебных вузах, научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтах. Это филиалы АО «Концерн Росэнергоатом»: Смоленская, Нововоронежская, Калининская и Ростовская атомные станции; Нижегородский государственный техни-

ческий университет им. Р.Е.Алексеева, Институт ядерной энергии и промышленности Севастопольского государственного университета и др.

Производственная практика, несомненно, повышает уровень подготовки студентов, однако отработка практических навыков до автоматизма достигается лишь активной тренировкой на аналитических или полномасштабных тренажерах (такие тренажеры для подготовки оперативного персонала в УТП и УТЦ есть на каждой АЭС).

В ходе реализации Государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2009–2020 годы лабораторная база кафедры ТЭС БНТУ пополнилась современными лабораторными стендами и установками, что позволило существенно повысить уровень организации обучения будущих инженеров-энергетиков.

В рамках реализации проектов технического сотрудничества Беларуси с МАГАТЭ в лаборатории «Математическое моделирование» кафедры ТЭС внедрена компьютерная обучающая система (КОС) по основам Политики, Руководства и Технологии АЭС (проект МАГАТЭ № ВУ E0006-93646) и аналитический тренажер турбинного отделения АЭС с ВВЭР-1000, что позволило в итоге ввести в 2015 году в обучающий процесс специализированную учебную лабораторию «Турбинное отделение АЭС с ВВЭР-1000» на базе компьютерного тренажера турбинного отделения АЭС.

Решение о создании учебной лаборатории было принято по инициативе Министерства образования Республики Беларусь в лице консультанта управления высшего образования Н.С. Маруды и ответственного за подготовку кадров для ядерной энергетики от БНТУ – проректора Г.А. Вершины. Успешная реализация замысла во многом была обусловлена поддержкой МАГАТЭ в лице технического

офицера проекта ВУ 2004 В.В. Коломийца (г. Вена, Австрия) и активной позицией работников кафедры ТЭС.

Программно-техническое обеспечение практических занятий

В марте 2013 года в МАГАТЭ поступил запрос о подготовке технического задания на аналитический компьютерный тренажер турбинного отделения АЭС, предназначенный для проведения лабораторных и практических занятий по спектру дисциплин специальности, связанных с проектированием и эксплуатацией АЭС, управлением турбоагрегатом и его вспомогательными системами, а также научно-исследовательской работы студентов, магистрантов и аспирантов.

К приезду экспертной группы в составе А.Н. Косилова, Г.Ф. Артюшкина (МАГАТЭ) и С.А. Мищерина (НИЯУ «МИФИ») 13 июня 2013 года технические требования к учебной лаборатории были составлены и переданы в тендерную комиссию МАГАТЭ. Подписантами выступили: от МАГАТЭ – руководитель проекта И. Веденович (США), технический руководитель проекта В.В. Коломиец, от БНТУ – руководитель проекта, проректор Г.А. Вершина, технический руководитель проекта, заведующий кафедрой ТЭС Н.Б. Карницкий.

В соответствии с техническим заданием БНТУ были выполнены требования к комплексу технических средств лаборатории: закуплено современное компьютерное оборудование в виде десяти двухмониторных рабочих станций обучающихся и одной двухмониторной рабочей станции преподавателя (инструктора).

По результатам тендера, проведенного МАГАТЭ, поставщиком программного обеспечения (ПО) программно-технического комплекса (ПТК) был определен НИЯУ «МИФИ», который и осуществил установку ПО на рабочие станции тренажера.

Приемо-сдаточные испытания проводились сотрудниками кафедры ТЭС БНТУ (заведующим кафедрой Н.Б. Карницкий, заведующим лабораториями Г.В. Круком, преподавателями А.Л. Буровым, А.В. Нерезько и др.) с участием экспертов МАГАТЭ и представителей НИЯУ «МИФИ» С.А. Королева, С.А. Мищерина, М.А. Калиша (г. Москва, Россия) и В.Н. Заваруева (г. Южноукраинск, Украина).



Подписание акта о вводе компьютерного тренажера турбинного отделения АЭС в эксплуатацию

В феврале 2015 года тренажер был введен в эксплуатацию.

Наряду со стандартным программным обеспечением в состав ПО ПТК лаборатории вошло специальное системное ПО (система поддержки программно-моделирующего комплекса, ПО защиты от несанкционированного копирования) и прикладное ПО (моделирующее программное обеспечение, система проектирования и сопровождения учебных задач).

Первоначально в лаборатории были реализованы режимы нормальной эксплуатации: пуск и останов турбоагрегата, а также описательная часть систем, моделируемых в данном компьютерном тренажере, и режим плановых переходов по оборудованию.

С учетом возможностей материальной базы лаборатории в октябре 2015 года кафедра ТЭС БНТУ направила в МАГАТЭ запрос-предложение на расширение спектра реализуемых с использованием тренажера задач, а также внесла предложение о включении мероприятий по развитию данного тренажера в концепцию программы Союзного государства России и Беларуси «Совершенствование подходов к регулированию безопасности при использовании атомной энергии, аварийной готовности и аварийному реагированию».

В настоящее время программно-технически реализованы сценарии следующих режимов:

1) режимы нормальной эксплуатации:
– режимы подачи питательной воды в парогенераторы: включение в работу деаэрационной установки (заполнение и прогрев); включение в работу тракта питательной воды (включение ВПЭН), подогревателей высокого давления (ПВД), ввод в работу регуляторов уровня парогенератора; включение в работу турбопитательных насосов (ТПН);

– режим расхолаживания: сброс пара из главного парового коллектора через БРУ-К (RC); сброс пара из главного парового коллектора через БРУ-СН (RQ) в КСН (RQ), в ТК (RR);

2) режимы с нарушением нормальных условий эксплуатации и аварийные режимы (срабатывание штатных аварийных защит турбоагрегата и оборудования): увеличение осевого сдвига ротора; снижение давления масла в системе смазки; повышение давления пара на выходе из ЦВД; снижение давления пара в главном паровом коллекторе; повышение уровня в парогенераторе; отключение двух ТПН; отключение генератора от сети; отключение одного ТПН из двух работавших; отключение одного циркуляционного насоса из четырех в разных конденсатных группах; повышение скорости вращения ротора; снижение давления масла в системе автоматического регулирования; повышение уровня в ПВД до IV предела; повышение уровня в баках деаэратора.

На аналитическом тренажере, объектом моделирования которого является конденсационная турбоустановка АЭС с обеспечивающими ее нормальную работу системами и агрегатами, реализовано управление регуляторами, позволяющими поддерживать параметры технологического процесса в заданных пределах и работающими в автоматическом и дистанционном режимах, задвижками на открытие/закрытие, насосами, быстродействующими редуцированными установками, импульсными предохранительными клапанами.

В настоящее время тренажер эксплуатируется при проведении лабораторных работ по дисциплинам «АЭС», «Турбины АЭС», «Наладка и эксплуатация оборудования АЭС», «Вспомогательное оборудование АЭС», «Типовые элементы

систем автоматического управления».

Важно отметить, что тренажер позволяет приобретать практические навыки не только студентам, но и преподавателям.

Разработка программного обеспечения – это дорогостоящее мероприятие, с огромным перечнем решаемых задач. Но не менее важно также обеспечение учебного процесса учебно-методическими материалами, разработка которых является наиболее актуальной задачей дальнейшего развития учебной лаборатории.

Заключение

Целью обучения, реализуемого на базе лаборатории, является практическое освоение теоретических знаний по конструкции турбины и сопутствующему оборудованию, эксплуатационным режимам и принципам безопасной эксплуатации, назначению и структуре систем управления и защиты, принципам и алгоритмам управления турбогенератором.

Возможности тренажера обеспечивают выработку общих навыков по управлению турбогенератором АЭС с реактором ВВЭР в режимах нормальной эксплуатации, режимах с нарушениями нормальной эксплуатации и аварийных режимах, с тем чтобы молодой специалист – выпускник БНТУ – приходил на АЭС, обладая не только знаниями, но и умением работать с реальным оборудованием при разных условиях его эксплуатации, а также пониманием происходящих на АЭС процессов.

Полученный опыт и знания инженеры-энергетики – выпускники специальности «Паротурбинные установки атомных электрических станций» смогут успешно использовать для обеспечения надежной, безопасной и безаварийной эксплуатации первой Белорусской АЭС.