



Методологические принципы подготовки специалистов в области возобновляемой энергетики

Рецензия эксперта на статью получена 29.09.2023 [The expert review of the article was received on September 29, 2023]

Энергетика является движущей силой развития современной технологической революции и имеет важное значение как для социально-экономического развития, так и улучшения качества жизни человека. В условиях значительных глобальных климатических изменений на Земле, согласно «Концепции устойчивого развития на XXI век», для сокращения выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ от энергетического сектора экономики следует развивать экологически обоснованные энергетические системы и комплексы на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В настоящее время технологии ВИЭ, прежде всего солнечная и ветровая энергетика, развиваются с ежегодным трендом около 12–15% и всё шире внедряются в различные сферы жизни человека. Поэтому знание принципов преобразования энергии возобновляемых источников и выбор оптимальных параметров установок на их основе является актуальной и важной задачей. Технологии возобновляемой энергетики — это наиболее инновационно ёмкие, энергоэффективные и динамичные технологии, в наибольшей степени отвечающие требованиям эффективного производства и потребления энергии. Их активное использование стало локомотивом развития и энергетической отрасли, и всей национальной экономики многих развитых стран мира.

Развитие ВИЭ неизбежно связано:

- с проведением глубоких комплексных фундаментальных и прикладных исследований по изучению процессов получения энергии от первичных источников (энергии Солнца, геотермальной и гравитационной энергии) и оценки их ресурсов с учётом временной и пространственной изменчивости;

В настоящее время технологии ВИЭ развиваются с ежегодным трендом около 12–15% и всё шире внедряются в различные сферы жизни человека

- созданием новых технологий вовлечения возобновляемой энергии в систему энергообеспечения и сооружение энергетических объектов;
- изучением, оценкой и районированием природного, технического, экологического и экономического потенциала ВИЭ;
- разработкой государственной и региональной нормативно-правовой базы использования, внедрения и стимулирования ВИЭ для централизованного и автономного/локального энергоснабжения;
- формированием новых принципов ценообразования, инвестиционного обеспечения и оценки эффективности в сфере возобновляемых источников энергии.

УДК 620.91:621.22 (075.8). Научная специальность: 2.4.5 (05.14.01).

Методологические принципы подготовки специалистов в области возобновляемой энергетики

В. В. Елистратов, д.т.н., профессор; **И. Г. Кудряшева**, к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)

Приводится информация о многоуровневой подготовке студентов и аспирантов в области возобновляемой энергетики в условиях цифровой трансформации. Рассмотрены аспекты многоуровневой подготовки специалистов в области эксплуатации и управления объектами возобновляемой энергетики с использованием современных цифровых технологий. Разработанное междисциплинарное образовательное пространство позволяет сформировать знания и компетенции специалистов в области возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: многоуровневая подготовка, цифровые технологии, возобновляемая энергетика, методический комплекс.

UDC 620.91:621.22 (075.8). The number of scientific specialty: 2.4.5 (05.14.01).

Methodological principles for training specialists in the field of renewable energy

V. V. Elistratov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **I. G. Kudryasheva**, PhD, Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU)

Information is provided on multi-level training of undergraduate and graduate students in the field of renewable energy in the context of digital transformation. There are considered aspects of multi-level training of specialists in the field of operation and management of renewable energy facilities using modern digital technologies. The developed interdisciplinary educational space allows to develop the knowledge and competencies of specialists in the field of renewable energy.

Key words: multi-level training, digital technologies, renewable energy, methodological complex.

Современные тренды развития экономики РФ связаны с цифровизацией всех этапов жизненного цикла создания энергетического объекта, особенно такого сложного и интегрированного в природную среду, как объект возобновляемой энергетики. Процесс создания таких сложных сооружений и объектов требует разработки и внедрения современных цифровых технологий проектирования, строительства, эксплуатации и управления, обеспечивающих высокое качество проекта, надёжность и безопасность эксплуатации, энергетическую и экономическую эффективность, минимизацию воздействия на окружающую среду [1, 2].

В связи с этим принципы подготовки научных, инженерных и технических кадров для отрасли возобновляемой энергетики России должны в полной мере отражать современные тенденции организации образовательного процесса, разумно сочетать принципы очного и дистанционного образования подготовки научных, инженерных и технических кадров.

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого осуществляется многоуровневая подготовка студентов (бакалавров, магистров, аспирантов) по направлению проектирования, строительства, эксплуатации и управления объектами гидроэнергетики и возобновляемой энергетики, а также проектирования гражданских зданий с использованием принципов солнечной архитектуры, энерго- и водосбережения, высоким классом энергоэффективности и внедрением установок ВИЭ. При этом большое внимание уделяется взаимодействию с работодателями и выполнению научно-исследовательских и практических работ под руководством сотрудников и лабораторной базы Научно-образовательного центра «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» (рис. 1) [3–5].

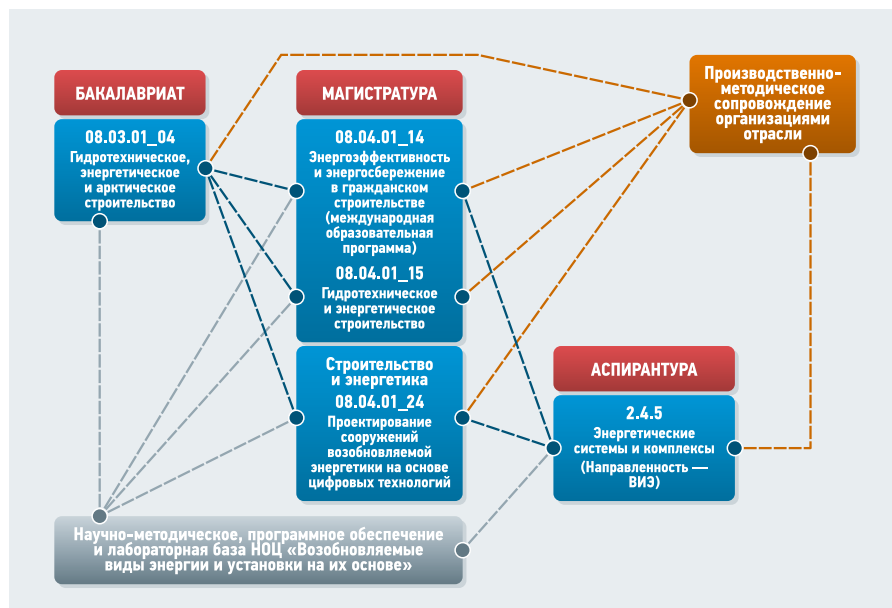


Рис. 1. Синергетическое взаимодействие обучающихся в СПбПУ с работодателями и НОЦ «ВИЭ»

Область знаний в системе высшего профессионального образования — возобновляемые источники энергии — представляет собой организацию междисциплинарного инновационного образовательного пространства, опирающегося на оригинальные учебные и научные разработки. Специфика подготовки проявляется в составе знаний, ориентированном на особую область знаний, как по составу, так и по динамике развития. Образование в области ВИЭ является весьма многоплановым и требующим сочетание

различных областей знаний, поскольку объект возобновляемой энергетики является уникальным природно-техническим комплексом, и специалист в области ВИЭ должен обладать широким системным политехническим образованием, позволяющим объединить физико-математическую подготовку, технические и технологические дисциплины, знания в областях электроэнергетики и строительства, а также экологии и экономики.

Регламент функционирования образовательного пространства в области ВИЭ, обеспечиваемый учебно-методическим комплексом, базируется на формировании знаний и компетенций об объекте или установке, использующей возобновляемые источники энергии, как о системном объекте, взаимодействующим с природными, техническими, экологическими, социально-экономическими подсистемами, в том числе:

- взаимодействия с окружающей средой (климатической, геологической, гидрологической);
- технических решений преобразования ВИЭ (параметры, конструкции, схемы);
- электроэнергетического окружения (режимы, транспорт, потребление);
- проектно-строительной (фазы жизненного цикла, технологии строительства, особенности эксплуатации);
- инвестиционно-экономического обоснования (дисконтирование, кредитование, прогноз тарифов, CAPEX, OPEX, LCOE, показатели эффективности);
- нормативно-правового регулирования (ГОСТы, СНиПы, ТУ, СО);
- оценок воздействия на окружающую среду (отчуждение земель, шум, воздействие на флору и фауну, утилизация).



СПбПУ — один из старейших ведущих вузов в России. Основан в 1899 году

Исходя из данного подхода сформулированы методологические основы формирования единого междисциплинарного инновационного образовательного пространства, состоящего из взаимосвязанных областей-подпространств подготовки специалистов по ВИЭ (рис. 2). Такой подход к междисциплинарному обучению позволяет структурировать и объединять в единую цепочку знания по каждому компоненту, получаемому студентом на всех ступенях обучения по группам дисциплин — гуманитарным и социально-экономическим, математическим и естественно-научным, общепрофессиональным и специальным, обеспечивая системные знания при изучении объекта, использующего ВИЭ [6–8].

Многолетний опыт образовательного процесса в области подготовки специалистов по гидроэнергетике, а с 1980-х годов по использованию ВИЭ позволил сформировать в СПбПУ учебно-методический комплекс, включающий:

- лицензированные в полном соответствии с ФГОС учебные планы и учебные программы бакалаврской и магистерской подготовки;
- совокупность учебников и учебных пособий;
- оригинальные лекционные курсы;
- видеоматериалы, презентации, системы дистанционного образования и другие средства технического обучения;
- деловые игры и ситуации;
- тестовые материалы для контроля знаний обучающихся;
- научно-методическое обеспечение и лабораторную базу Научно-образовательного центра «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» (НОЦ «ВИЭ») СПбПУ [3].

Современные тренды развития экономики РФ связаны с цифровизацией всех этапов жизненного цикла объекта, в том числе создания цифровых моделей и цифровых двойников [4]. Процесс создания таких сложных структур требует разработки и внедрения современных цифровых технологий проектирования и методов управления, обеспечивающих высокую экономическую эффективность, повышение качества проекта, минимизации воздействия на окружающую среду. Разработка и внедрение новых цифровых технологий проектирования, строительства, эксплуатации и управления требуют подготовки кадров нового уровня, способных быстро встраиваться в производственные проблемы, принимать конструктивные решения и предлагать новые инновационные решения, как в области конструктивных решений по созда-



Рис. 2. Формирование единого междисциплинарного образовательного пространства в СПбПУ

нию технических объектов, так и обоснованию принятия решений по выбору наиболее эффективного варианта реализации проекта с минимальным воздействием на окружающую среду. В процесс обучения вводятся новые дисциплины: 3D-моделирование объекта, BIM-технологии, современные программные комплексы для проектирования [9].

Системная подготовка специалистов в Инженерно-строительном институте (ИСИ) СПбПУ опирается на базовую программу бакалавриата 08.03.01_04 «Гидротехническое, энергетическое и арктическое строительство». Современные задачи развития экономики требуют специалистов, способных осуществлять проектирование, реконструкцию и эксплуатацию объектов энергетического и гидротехнического строительства, в том числе в Арктике, к которым не применимо типовое проектирование и для каждого проекта необходим индивидуальный подход по разработке новых технических решений. Поэтому к компетенциям проектировщиков, разрабатывающим проекты в области энергетического строительства, предъявляются особенно высокие требования с учётом большого разнообразия объектов и их специфики.

Магистерский уровень подготовки в СПбПУ обеспечивается двумя магистер-

скими программами, одна из которых — 08.04.01_24 «Проектирование объектов возобновляемой энергетики с использованием цифровых технологий» — позволяет получить квалификацию магистра по двум направлениям — «Строительство» и «Энергетика».

Целью этой программы является подготовка магистров, обладающих навыками научно-исследовательской, проектной, производственно-технологической деятельности, знаниями и компетенциями в области ресурсного обоснования, проектирования, электроэнергетического и режимного функционирования, технико-экономического и экологического обоснования объектов энергетики с использованием ВИЭ — гидроэлектростанций, ветроэлектростанций, солнечных электростанций, энергокомплексов на основе ВИЭ, в том числе создаваемых в сложных природно-климатических условиях.

На этапе обучения вводятся новые дисциплины в соответствии с требованиями и запросами отрасли: 3D-моделирование, прототипирование, создание объектов с использованием технологий виртуальной реальности, BIM-технологии, использование современных программных комплексов для проектирования и моделирования объектов солнечной, ветровой и гидроэнергетики (фото 1).

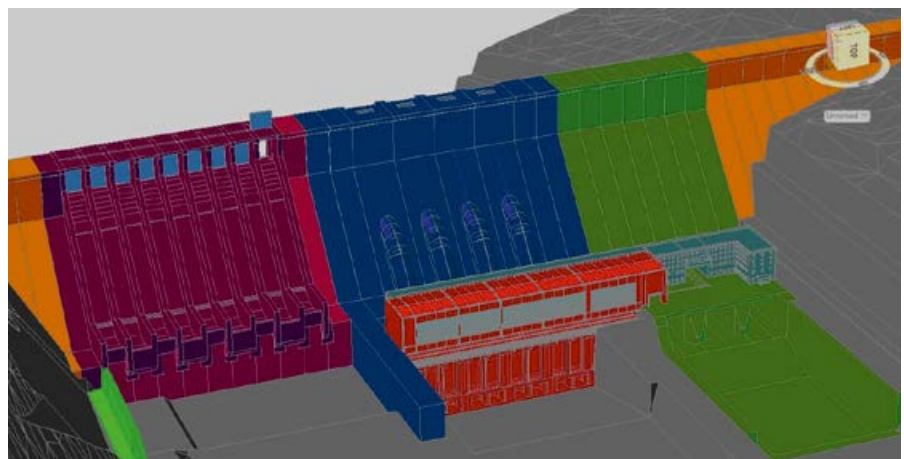


Фото 1. 3D-моделирование — новая дисциплина в отрасли возобновляемой энергетики

Вторая профильная магистерская образовательная программа — 08.04.01_14 «Энергоэффективность и энергосбережение в гражданском строительстве» (*Energy Efficient and Sustainable Building*) — реализуется на английском языке. Программа ориентирована в том числе на привлечение иностранных студентов. Целью подготовки магистров по данной образовательной программе является формирование у студентов знаний по проектированию и внедрению новых энергоэффективных конструктивных решений зданий и сооружений, энергосберегающих технологий и мероприятий, в том числе с использованием зарубежного опыта (к проведению занятий привлекаются зарубежные преподаватели), направленных на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов, внедрение возобновляемых источников энергии, использование принципов солнечной архитектуры и энергосбережения при проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских сооружений, использование современных расчётных и инструментальных методов проведения энергетических обследований (энергоаудита) и оформления энергетических паспортов с присвоением класса энергоэффективности на объектах капитального строительства.

Принцип многоуровневой подготовки и подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре по направлению ВИЭ ведётся в соответствии с новой номенклатурой специальностей ВАК РФ и реализуется в рамках специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы», которая образована объединением старых специальностей 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы», 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» и 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты». Цель разделов программы по ВИЭ — подготовка квалифицированных кадров к деятельности, требующей углублённой фундаментальной и профессиональной подготовки и знаний в области гидроэнергетики и возобновляемых видов энергии, технологий их преобразования, обоснования параметров и режимов гибридных энергетических комплексов для научно-исследовательской, проектно-конструкторской, технико-экономической, организационно-управленческой деятельности и педагогической работы. Для защиты диссертаций в СПбПУ (приказом от 6 марта 2023 года №450) создан Диссертационный совет У 2.4.5.45 (председатель — д.т.н., профессор В. В. Елистратов).



Фото 2. Экспериментальный стенд для исследования режимов работы энергокомплекса на основе использования ВИЭ с интеллектуальной системой управления

Распределение учебных дисциплин, педагогической практики, итоговой государственной аттестации по отдельным учебным циклам и периодам обучения отвечает требованиям логики и соотносится с конечными результатами обучения: знаниями, умениями, приобретаемыми компетенциями, как в целом, так и по её отдельным структурным элементам.

Большое внимание уделяется самостоятельной работе аспирантов, что позволяет увязать учебный процесс с матрицами компетенций, представленными в учебных планах и обеспечивающими установленный университетом обязательный объём профессиональных знаний.

Распределение учебных дисциплин, педагогической практики, итоговой государственной аттестации по отдельным учебным циклам и периодам обучения отвечает требованиям логики и соотносится с конечными результатами обучения в СПбПУ



Программа предусматривает исследовательскую и педагогическую подготовку обучающихся. Выполняемые научно-исследовательские проекты и активное привлечение к их реализации бакалавров, магистров и аспирантов позволяет формировать у них системное мышление и активную адаптацию к текущим проблемам.

Научно-методическое сопровождение процесса подготовки кадров осуществляется НОЦ «ВИЭ», являющимся структурированной научной платформой подготовки студентов и позволяющим сочетать передовые научные направления, внедрять их в учебный процесс и реальные проекты с учётом цифровых технологий.

НОЦ «ВИЭ» располагает современным экспериментальным и лабораторным оборудованием:

- автономный энергокомплекс в составе фотоэлектрической установки мощностью 2 кВт и ветроагрегата мощностью 2 кВт с горизонтальной осью вращения с системой мониторинга, аккумулирования и резервного электропитания;
- учебно-демонстрационная система теплоснабжения с тепловым насосом и аккумулятором мощностью 5 кВт;
- гелиосистема с вакуумированными тепловыми коллекторами площадью 4 м²;
- установка дистанционного зондирования ветрового потока до высоты 200 м SODAR Wind Explorer;
- экспериментальный стенд для исследования режимов работы энергокомплекса на основе традиционных и возобновляемых источников энергии с интеллектуальной системой управления (фото 2);
- солнечные батареи, в том числе с концентраторами солнечной энергии.

Также имеется библиотека программных продуктов для расчёта ресурсов возобновляемых источников энергии и параметров энергоустановок на основе ВИЭ:

- ветроэнергетика (Wind Pro, Meteodyn WT, Windographer, Sander + Partner, Blaesoft Weather Observer);
- солнечная энергетика (PV*SOL Expert 6.0 set, T*SOL Expert 4.5 set);
- геотермальная энергетика (GeoT*SOL basic);
- энергокомплексы на базе совместного использования традиционных и возобновляемых источников энергии (Homer Energy 2.81, EnergyPro);
- оценка экономической эффективности проектов ВИЭ («Альт-Инвест 7.0», Project Expert);
- гидроэнергетика (FlowVision 2.5.04; «Гидроудар 1.0», ANSYS по расчёту конструкций и моделирования движения воздушных и водных потоков в элементах установок ВИЭ).

Среди самых известных работодателей в области ВИЭ — ПАО «РусГидро», входящее в перечень стратегических предприятий и стратегических акционерных обществ Российской Федерации. В рамках стратегического договора о сотрудничестве между СПбПУ и ПАО «РусГидро» (заключён в 2012 году) в инженерно-строительном институте СПбПУ создана демонстрационная коворкинг-зона компании (фото 3). Стенды и интерактивные мониторы информируют студентов о новостях компании, направлениях деятельности, географии объектов, перечне требуемых профессий, а также создаёт комфортную среду для досуга и коммуникации студентов. Ежегодно ПАО «РусГидро» проводит конкурсы «Энергия развития», целью которых является выявление перспективной талантливой молодёжи, способной в будущем работать на объектах компании.

В СПбПУ активно внедряется система онлайн-курсов, реализуемых на национальной платформе открытого образования «Опен Политех», которая имеет конкурентное преимущество на рынке образовательных услуг, особенно в современных условиях, когда для российских вузов закрыли платформу Coursera. В рамках платформы «Опен Политех» размещён образовательный курс на английском языке *Renewable Energy: Resources and Technologies* (фото 4) [10], являющийся структурированным массовым открытым онлайн-курсом, включающим видеолекции, текстовые материалы, презентации, форум и практические задания, что позволяет сделать процесс обучения более результативным и комфортным.



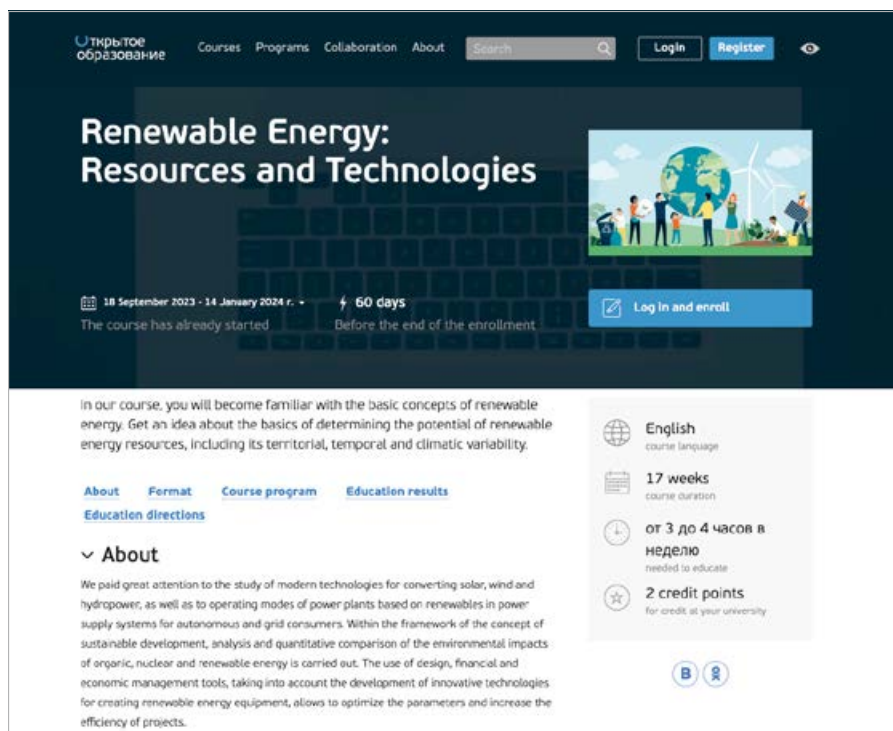
:: Фото 3. Демонстрационная коворкинг-зона ПАО «РусГидро» в СПбПУ

Данный курс разработан преподавателями Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства (ВШГ-иЭС) СПбПУ совместно с Научно-образовательным центром «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе»: д.т.н., профессором В.В. Елистратовым, к.т.н., доцентом И.Г. Кудряшевой, к.т.н., доцентом М.В. Романовым и др.

Курс сфокусирован в первую очередь на первостепенные потребности и приоритеты вузов стран Европы, Азии, Африки, Латинской Америки в области изучения технологий возобновляемой энергетики, а также международную платформу для обучения и обмена знаниями. Курс предназначен для студентов, аспирантов и ориентирован на обновление стратегии,

корректировки образовательных проектов и управления схемами мобильности. Приобретённые навыки и знания в области использования ВИЭ распространяются на национальном и межконтинентальном уровнях путём организации семинаров и каскадных тренингов в университетах различных стран с широким привлечением профессорско-преподавательского состава, студентов и аспирантов посредством организации мероприятий, способствующих распространению новых технологий возобновляемой энергетики.

Около 2000 студентов из разных стран успешно завершили этот курс. В процессе освоения курса слушатели знакомятся с основными понятиями и определениями в области возобновляемой энергетики,



:: Фото 4. Образовательный онлайн-курс Renewable Energy: Resources and Technologies

получают представление об основах определения ресурсного потенциала ВИЭ, в том числе об его территориальной, временной и климатической изменчивости. Большое внимание уделяется изучению современных принципов и технологий преобразования солнечной, ветровой и гидроэнергии, режимам работы установок на их основе в системах энергоснабжения автономных и сетевых потребителей. В рамках концепции устойчивого развития проводится анализ и количественное сравнение экологических воздействий на окружающую среду органической и атомной энергетики с возобновляемой энергетикой.

Использование инструментов проектного, финансового и экономического менеджмента, с учётом развития инновационных технологий создания оборудования ВИЭ, позволяет оптимизировать параметры и повысить эффективность проектов. Курс содержит большое количество практических заданий, позволяющих закрепить полученные знания и навыки в области использования возобновляемых источников энергии.

Для методического сопровождения онлайн-курса подготовлено и издано учебное пособие на русском и английском языках «Ресурсы и технологии возобновляемых источников энергии» (*Renewable Energy Resources and Application Technologies*) [11] (фото 5), в котором в значительной степени отражены принципы системной подготовки студентов СПбПУ по направлению ВИЭ. В пособии рассмотрено современное состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики, методические основы определения ресурсного потенциала ВИЭ (солнечной, ветровой, гидроэнергии), с учётом территориальной, временной и климатической изменчивости. Изучаются современные принципы и технологии преобразования ВИЭ, методы обоснования параметров и режимов работы электрических станций, энергокомплексов и систем энергоснабжения на их основе. Использование



Фото 5. Учебное пособие на русском и английском языках «Ресурсы и технологии возобновляемых источников энергии» (*Renewable Energy Resources and Application Technologies*)

инструментов проектного, финансового и экономического менеджмента позволяет оптимизировать параметры объектов ВИЭ, используя методы энергоэкономического обоснования. В рамках концепции устойчивого и низкоуглеродного развития [12] проводится анализ и количественное сравнение экологических воздействий на окружающую среду объектов органической, атомной и возобновляемой энергетики с целью минимизации углеродного следа.

Трансформационные процессы высшего образования, наметившиеся в последнее время, предусматривают постепенное возвращение к традиционной подготовке студентов в формате базового высшего образования и восстановления квалификации инженера. Это будет способствовать как формированию единого междисциплинарного инновационного образовательного пространства, так и повышению качества образования специалистов в области энергетики с использованием возобновляемых источников энергии.

Выводы

1. В СПбПУ на примере подготовки студентов в инженерно-строительном институте реализована методология многоуровневой подготовки специалистов высшего образования в области ВИЭ, соответствующая современному развитию науки, техники, технологий в условиях цифровой трансформации.
2. Разработан системный подход при подготовке студентов в формате единого междисциплинарного образовательного пространства, обеспечивающего координацию и гармонизацию дисциплин естественно-научного, общепрофессионального и специального циклов, позволяющего сформировать системные знания, целостные компетенции при подготовке специалистов в области ВИЭ.

Трансформационные процессы высшего образования предусматривают возвращение к традиционной подготовке студентов в формате базового высшего образования и восстановления квалификации инженера

3. Впервые в СПбПУ лицензирована внутривузовская сетевая магистерская программа 08.04.01_24 «Проектирование объектов возобновляемой энергетики с использованием цифровых технологий», позволяющая студентам получить квалификацию магистра по двум направлениям — «Строительство» и «Энергетика».
4. Для получения знаний студентами процессов функционирования подсистем единого образовательного пространства издано учебное пособие на русском и английском языках «Ресурсы и технологии возобновляемых источников энергии» (*Renewable Energy Resources and Application Technologies*), ориентированное на системную подготовку специалистов в области возобновляемых источников энергии, в том числе на международном уровне. ●

1. Фёдоров М.П., Васильев Ю.С., Блинов Л.Н. Устойчивое развитие и образование // Научно-технические ведомости СПбПУ, 2012. №1–3. С. 26–36.
2. Васильев Ю.С., Елистратов В.В. Научно-образовательный центр «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» СПбПУ // Альтернативная энергетика и экология, 2014. №11. С. 13–20.
3. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники. Общие положения / Дата введ.: 01.01.2022.
4. Елистратов В.В. Современное состояние и тренды развития ВИЭ в мире // Альтернативная энергетика и экология, 2017. №1–3. С. 84–100.
5. Бутузov В.А., Безруких П.П., Елистратов В.В. Развитие науки и технологий возобновляемой энергетики // Академия энергетики РФ, 2022. №2. С. 34–42.

6. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Подготовка кадров для отрасли возобновляемой энергетики в условиях цифровой трансформации / Тенденции развития альтернативной и возобновляемой энергетики: проблемы и решения. Сб. докладов Межд. науч.-техн. конф. (МНТК). — Ташкент: ТашГТУ, 2021. С. 147–153.
7. Елистратов В.В., Красножен С.Е. Использование принципов солнечной архитектуры в гражданском строительстве для повышения энергоэффективности зданий // Новые горизонты низкоуглеродного развития в мире и Узбекистане: Сб. докладов МНТК. — Ташкент: ТашГТУ, 2022. С. 133–135.
8. Бутузov В.А. Специализация российских вузов по возобновляемой энергетике // Журнал СОК, 2023. №2. С. 53–64.

9. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Режимы работы установок и энергокомплексов на основе возобновляемых видов энергии: учебн. пособие. — СПб.: Политех-Пресс, 2021.
10. Renewable Energy: Resources and Technologies: специальный образовательный курс [Электр. текст]. «Открытый Политех». Режим доступа: openedu.ru. Дата обращения: 12.08.2023.
11. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г., Романов М.В. Ресурсы и технологии использования возобновляемых источников энергии: учебн. пособие. — СПб.: Политех-Пресс, 2022.
12. Elistratov V.V. Renewable energy trends within the concept of low-carbon development. *Applied Solar Energy*. 2022. Vol. 58. Pp. 594–599.

References — see page 78.

Methodological principles for training specialists in the field of renewable energy. Pp. 64–69.

Victor V. Elistratov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Irina G. Kudryasheva**, PhD, Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU)

1. M.P. Fedorov, Ju.S. Vasil'ev, L.N. Blinov. *Ustojchivoe razvitie i obrazovanie* [Sustainable development and education]. *Nautshno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU* [Scientific and technical bulletins of the St. Petersburg State Polytechnic University]. 2012. No. 1–3. Pp. 26–36.
2. Ju.S. Vasil'ev, V.V. Elistratov. *Nautshno-obrazovatel'nyj tsentr "Vozobnovljaemye vidy jenerгии i ustanovki na ikh osnove" SPbGPU* ["Renewable types of energy and installations based on them" Scientific and educational center of St. Petersburg State Polytechnic University]. *Alternativnaja jenergetika i jekologija* ["Alternative energy and ecology" Magazine]. 2014. No. 11. Pp. 13–20.
3. GOST R 57700.37–2021 [State Industry Standard of Russia No. 57700.37–2021]. *Komp'yuternye modeli i modelirovanie. Tsifrovye dvojniki. Obshhie polozenija* [Computer models and simulation. Digital twins. General provisions]. Date of impl.: January 1, 2022.
4. V.V. Elistratov. *Sovremennoe sostojanie i trendy razvitiya VIJe v mire* [Current state and trends in the development of renewable energy sources in the world]. *Alternativnaja jenergetika i jekologija* ["Alternative energy and ecology" Magazine]. 2017. No. 1–3. Pp. 84–100.
5. V.A. Butuzov, P.P. Bezrukikh, V.V. Elistratov. *Razvitie nauki i tekhnologii vozobnovljaemoj jenergetiki* [Development of science and technology of renewable energy]. *Akademija jenergetiki RF* ["Academy of Energy of the Russian Federation" Magazine]. 2022. No. 2. Pp. 34–42.
6. Ju.S. Vasil'ev, V.V. Elistratov, I.G. Kudryasheva. *Podgotovka kadrov dlja otrasli vozobnovljaemoj jenergetiki v uslovijakh tsifrovoj transformatsii* [Training for the renewable energy industry in the context of digital transformation]. *Tendentsii razvitiya al'ternativnoj i vozobnovljaemoj jenergetiki: problemy i reshenija: Sb. dokladov MNTK* [Trends in the development of alternative and renewable energy: problems and solutions: Coll. vol. of the International Scientific and Technical Conference]. Tashkent. *TashGTU* [Tashkent State Technical University]. 2021. Pp. 147–153.
7. V.V. Elistratov, S.E. Krasnozhen. *Ispolzovanie printsipov solnetshnoj arhitektury v grazhdanskom stroitel'stve dlja povyshenija jenergojeffektivnosti zdaniy* [Using solar architecture principles in civil engineering to improve the energy efficiency of buildings]. *Novye gori-zonty nizkouglerodnogo razvitiya v mire i Uzbekistane: Sb. dokladov MNTK* [New horizons for low-carbon development in the world and Uzbekistan: Coll. vol. of the International Scientific and Technical Conference]. Tashkent. *TashGTU* [Tashkent State Technical University]. 2022. Pp. 133–135.
8. V.A. Butuzov. *Spetsializatsija rossijskikh vuzov po vozobnovljaemoj jenergetike* [Specialization of Russian universities in renewable energy]. *Zhurnal Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2023. No. 2. Pp. 53–64.
9. V.V. Elistratov, I.G. Kudryasheva. *Rezhimy raboty ustanovok i jenergokompleksov na osnove vozobnovljaemykh vidov jenerгии: utshebnoe posobie* [Operating modes of installations and energy complexes based on renewable types of energy: A textbook]. St. Petersburg. *Politekh-Press* ["Polytech-Press" Publishers]. 2021.
10. *Obrazovatel'nyj kurs "Renewable Energy: Resources and Technologies"* ["Renewable Energy: Resources and Technologies" Educational class]. "Otkrytyj Politekh" [Open Polytech]. Web-source: openedu.ru. Access date: August 12, 2023.
11. V.V. Elistratov, I.G. Kudryasheva, M.V. Romanov. *Resursy i tekhnologii ispol'zovanija vozobnovljaemykh istochnikov jenerгии: utshebnoe posobie* [Resources and technologies for the use of renewable energy sources: A textbook]. St. Petersburg. *Politekh-Press* ["Polytech-Press" Publishers]. 2022.
12. V.V. Elistratov. Renewable energy trends within the concept of low-carbon development. *Applied Solar Energy*. 2022. Vol. 58. Pp. 594–599.