

ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ (05.14.08)

УДК 620.92

DOI: 10.24160/1993-6982-2022-4-75-89

Опыт Уральского федерального университета по подготовке специалистов в области возобновляемых источников энергии

С.Е. Щеклеин, В.И. Велькин, Ю.Е. Немихин, А.И. Попов, В.Ю. Балдин, С.А. Коржавин, Н.Т. Алван

Описан многолетний опыт подготовки инженерных кадров для исследований и разработки возобновляемых источников энергии в Уральском федеральном университете (УрФУ). Приведены данные о количественных показателях объемов подготовки специалистов за период с 1997 по 2021 гг., направлениях и результатах научных исследований кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии. Дана информация об используемых в учебно-образовательном процессе экспериментальных стендах и установках. Показана эффективность использования в обучении экспериментальных исследований и проектно-конструкторской работы студентов.

Ключевые слова: стендовая база, цифровые технологии, возобновляемая энергия.

Для цитирования: Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Немихин Ю.Е., Попов А.И., Балдин В.Ю., Коржавин С.А., Алван Н.Т. Опыт Уральского федерального университета по подготовке специалистов в области возобновляемых источников энергии // Вестник МЭИ. 2022. № 4. С. 75—89. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-4-75-89.

Experience of the Ural Federal University in Training Specialists in the Field of Renewable Energy Sources

S.E. Shcheklein, V.I. Vel'kin, Yu.E. Nemikhin, A.I. Popov, V.Yu. Baldin, S.A. Korzhavin, N.T. Alvan

The article describes the long-standing experience gained at the Ural Federal University (UrFU) with training engineering personnel for research and development of renewable energy sources. Quantitative indicators characterizing the numbers of specialists trained in the period from 1997 to 2021, areas and results of scientific researches carried out at the Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources are presented. Information on the test benches and installations used in the educational process is given. The effectiveness of using experimental research and design work of students in the educational process is shown.

Key words: test bench facilities, digital technologies, renewable energy.

For citation: Shcheklein S.E., Vel'kin V.I., Nemikhin Yu.E., Popov A.I., Baldin V.Yu., Korzhavin S.A., Alvan N.T. Experience of the Ural Federal University in Training Specialists in the Field of Renewable Energy Sources. Bulletin of MPEI. 2022;4:75—89. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2022-4-75-89.

Введение

Подготовка специалистов по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» в Уральском федеральном университете (УрФУ) началась в 1997 г. по инициативе Президента РАО ЕС чл.-корр. РАН А.Ф. Дьякова при поддержке Правительства Свердловской области. В ее основу положено

привлечение студентов всех курсов (под руководством профессорско-преподавательского состава, аспирантов и научных сотрудников УрФУ) к разработке и освоению новых энергетических технологий в областях солнечной, ветровой, малой гидравлической и биологической энергетики, а также электрохимических, термоэмиссионных, термоэлектрических технологий

прямого преобразования термической и химической энергии в электрическую форму.

В отличие от других учебных заведений в УрФУ было принято решение о развитии материальной базы учебного процесса путем освоения крупномасштабных научно-учебных стендов и установок с целью дальнейшего использования их на территории области, разработки новых типов установок, адаптированных к местным условиям.

Для координации работ по проектированию, конструированию, изготовлению, монтажу и наладке большого количества стендов и установок в университете в 2008 г. организован хозрасчетный Центр возобновляемых источников энергии и энергосбережения. Его директором назначен доцент кафедры атомных станций и ВИЭ А.И. Попов. В связи с обращениями граждан зарубежных стран, а также вхождением УрФУ в Программу повышения международной конкурентоспособности Министерства науки и образования РФ (ТОП-100), в 2014 г. при кафедре организован Евроазиатский центр возобновляемых источников энергии и энергосбережения, финансируемый из средств государственного бюджета [1].

Научно-исследовательская работа

За истекший период кафедрой и ее структурными подразделениями выполнено более 50 научно-исследовательских проектов, наиболее крупные из которых приведены в табл. 1.

В НИР и ОКР принимали участие студенты и аспиранты под руководством научных сотрудников и преподавателей кафедры и ее структурных подразделений.

По результатам исследований подготовлено 77 диссертационных работ на соискание степеней кандидатов (10) и магистров (67) наук. Опубликовано более 500 статей в российских и зарубежных журналах и трудах конференций. Получено более 120 патентов РФ на изобретения, полезные модели и программы для ЭВМ. Динамика публикационной и патентной работы кафедры дана на рис. 1, а, б.

Учебно-методическая работа

Подготовка специалистов по ВИЭ в Уральском регионе базировалась на имеющейся учебно-методической базе, созданной ведущими российскими вузами: МЭИ, СПбГПУ, МГУ, МВТУ. Однако учет региональных потребностей выявил необходимость ее расширения в направлении создания новых видов топлив из местных ресурсов, использования ВИЭ для теплоснабжения, в том числе, в составе гибридных когенерационных установок. Сотрудниками и преподавателями кафедры разработано свыше 50 учебников, учебных и методических пособий, наиболее крупные из которых представлены в табл. 2.

Опыт преподавателей кафедры, многие из которых пришли из большой энергетики и промышлен-

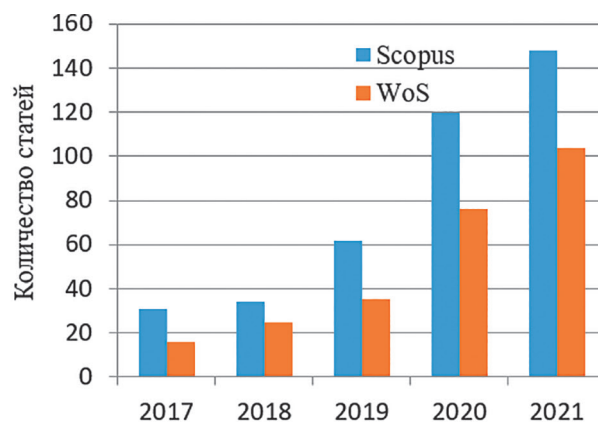
ности, поддержка ведущих ученых страны, таких как В.И. Виссарионов, Д.С. Стребков, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, С.В. Алексеенко позволили организовать подготовку специалистов всех уровней: инженеров (до 2014 г.), бакалавров, магистров, кандидатов и докторов наук. На рисунке 2 продемонстрировано количество подготовленных специалистов.

Особое значение имеет подготовка специалистов по ВИЭ высшей квалификации — кандидатов и докторов наук. За последние годы выпускниками кафедры защищена одна докторская и более 10 кандидатских диссертаций: В.И. Велькин (2018), А.В. Ефимова (2006), А.В. Матвеев (2008), Е.В. Стариков (2010), А.Ю. Кисельников (2010), Г.И. Худякова (2015), Е.А. Сироткин (2019), Аль-Джаноби Акрам Хамзах Абед (2020), А.Д. Никитин (2020), Алхарбави Насир Тавфик Алван (2021), Е.П. Шароварова (2021), Хоссейн Исмаил (2021).

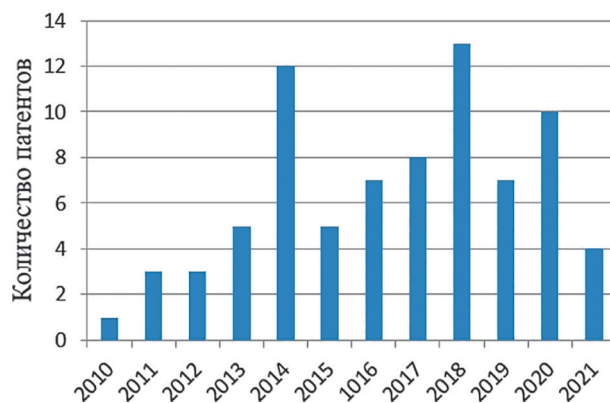
Развитие экспериментально-стендовой базы

В настоящее время кафедра располагает тремя основными площадками для организации учебного и научно-исследовательского процесса:

- аудиторным и лабораторным комплексами в здании УралЭНИН УрФУ;



а



б

Рис. 1. Динамика публикационной (а) и патентной (б) работы

Таблица 1

Перечень наиболее крупных научно-исследовательских проектов

Тема	Период, гг.	Заказчик
Оценка гидроэнергетического потенциала ГТС Свердловской области	2000 — 2001	Министерство энергетики Свердловской области
Разработка проектно-конструкторской документации ВЭУ-16	2000 — 2001	
Научное исследование и разработка оптимального использования местных топливно-энергетических ресурсов Слободо-Туринского района	2003 — 2004	
Выполнение работ по оценке гидроморфологических характеристик в створе плотины белоярского водохранилища	2004 — 2005	Белоярская АЭС
Интенсификация электролиза воды с целью получения водородного топлива при помощи ультразвуковых полей	2004 — 2005	ГК Росатом
Энергоэффективный сельский дом с резервированием ответственных потребителей энергии на основе комплекса возобновляемых источников	2004 — 2006	ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002 — 2006
Разработка и испытания модернизированного источника бесперебойного питания аппарата управляемой и вспомогательной искусственной вентиляции легких «ФАЗА-21» с использованием солнечной энергии	2005 — 2006	ОАО Уральский приборостроительный завод
Разработка научных основ создания системы автономного энергообеспечения объектов специального назначения на основе возобновляемых источников энергии	2004 — 2010	УрВО МО РФ
Разработка научных основ термодинамической оптимизации высокотемпературных ядерных энергоисточников для металлургических и водородогенерирующих предприятий	2009 — 2012	Минобрнауки России
Получение спиртовых топлив из растительной биомассы для аккумулирования нерегулярных энергетических потоков от ВИЭ	2009 — 2011	
Выравнивание графика нагрузки и повышения полезного отпуска электрической энергии в сети ОАО «ЕЭСК» за счет использования электрических теплонакопителей и водонагревателей	2012 — 2013	АО Екатеринбургские городские электрические сети
Разработка и создание БГУ для районов с высоким значением ГСОП	2011 — 2013	ОАО Авангард
Выполнение работ по оценке гидроморфологических характеристик в створе плотины Нязепетровского водохранилища	2012 — 2013	Администрация г. Екатеринбурга
Разработка ветроэнергетической установки (ВЭУ) в комплекте с электрогенератором для низкопотенциальных ветровых потоков в зонах отчуждения объектов атомной энергетики	2012 — 2013	ГК Росатом
Экспериментально-теоретическое исследование методов повышения эффективности и надежности энергетического оборудования на стадиях проектирования и эксплуатации	2014 — 2015	Минобрнауки России
Возможные варианты переработки, обезвреживания и использования навоза КРС сельскохозяйственного предприятия «Бородулинское»	2018 — 2019	АО АФК
Разработка и поставка в монастырь «Афон» микро ГЭС	2018 — 2019	АО АФК
Разработка проектного предложения по энергообеспечению входной базы Ульбан за счет приливной электростанции в Ульбанском заливе	2020 — 2021	АО «Полиметалл УК»

• автономным лабораторным полигоном с закрытыми и открытыми площадками для проведения исследований в реальных климатических условиях;

• загородным полигоном для исследования опытно-промышленных полноразмерных установок разработки УрФУ и других производителей.

Площадки объединены в единую систему сбора и обработки информации с помощью wi-fi-каналов, оптоволоконной связи и протоколов Интернет. На рисунках 3 — 13 изображены некоторые установки. Всего

создано и испытано более 100 образцов энергетических систем разного типа.

Цифровая система сбора измерительной информации

Наличие большого количества постоянно действующих в круглосуточном цикле экспериментальных установок и стендов потребовало создания специальной быстродействующей многоканальной системы мониторинга необходимых характеристик установок с синхронной регистрацией параметров окружающей среды.

Основные учебные и методические пособия

Авторы	Наименование	Вид, место издания, издательство, год
Щеклеин С.Е.	Человек — энергия — природа	Учебное пособие, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1998.
Щеклеин С.Е.	Мини- и микрогидроэлектростанции	Учебное пособие, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1999.
Баскаков А.П., Щеклеин С.Е., Данилов Н.И., Балдин В.Ю., Велькин В.И., Немихин Ю.Е.	Энергосбережение и повышение эффективности использования энергоресурсов в зданиях и сооружениях	Учебное пособие, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002.
Велькин В.И., Пуркин Д.А., Шестак А.Н.	Основы ветроэнергетики	Учебное пособие, Екатеринбург: Уралюриздат, 2005.
Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е.	Применение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в системах теплоснабжения	Учебное пособие, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008.
Щеклеин С.Е., Радченко Р.В.	Электрохимические источники энергии	Учебное пособие, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010.
Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е.	Когенерационные автономные системы энергообеспечения на основе нетрадиционных возобновляемых источников энергии	Учебно-методическое пособие, Екатеринбург: УрФУ, 2011.
Новопашин Л.А., Щеклеин С.Е., Данилов Н.И., Немихин Ю.Е.	Использование спиртобензиновых и маслодизельных топливных композиций для двигателей внутреннего сгорания	Учебное пособие, Екатеринбург: изд-во Уральского ГАУ, 2006.
Велькин В.И.	Энергоснабжение удаленного объекта на основе оптимизации кластера ВИЭ	Монография, Екатеринбург: УрФУ, 2013.
Велькин В.И.	Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах	Монография, Екатеринбург: УрФУ, 2015.
Касобов Л.С., Немихин Ю.Е., Тарасов Ф.Е.	Эксплуатация электрооборудования	Учебное пособие, Екатеринбург: УрФУ, 2016.
Новопашин Л.А., Панков Ю.В., Денежко Л.В., Щеклеин С.Е., Дубинин А.М., Садов А.А.	Растительные масла, жирные кислоты, биодизель	Учебное пособие, Екатеринбург: изд-во Уральского ГАУ, 2020
Велькин В.И., Щелоков Я.М., Щеклеин С.Е.	Возобновляемая энергетика и энергосбережение	Учебник для студентов вуза. Екатеринбург: УрФУ, 2020.
Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В.	Общая энергетика: водород в энергетике	Учебное пособие. Москва: Юрайт, 2021.

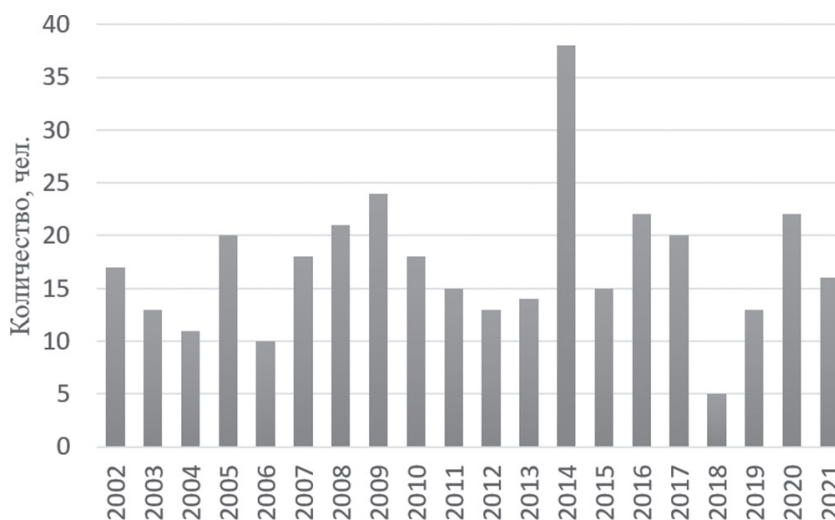


Рис. 2. Ежегодное количество подготовленных специалистов



Рис. 3. Гибридная теплогенерирующая установка

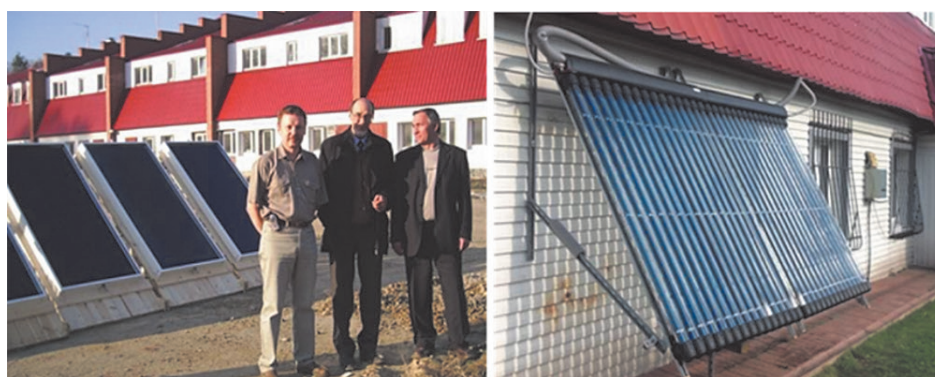


Рис. 4. Монтаж солнечных коллекторов на жилом доме



Рис. 5. Монтаж солнечных концентраторов

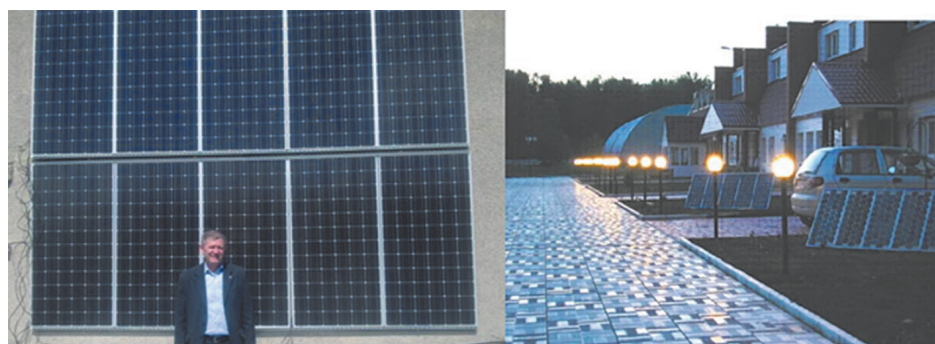


Рис. 6. Солнечные фотоэлектрические установки системного и автономного типов



Рис. 7. Губернатор Свердловской области Э.Э. Россель (2006 г.) на испытаниях системы солнечного энергоснабжения аппарата искусственной вентиляции легких «Фаза-21»



Рис. 8. Низкоскоростная ветроэнергетическая установка «Ветроток- УрФУ»



Рис. 9. Вертикально-осевая и шнековая ветроэнергетические установки ООО «Вертикаль» и НПО «Автоматика»



Рис. 10. Безнапорная шнековая микро-ГЭС УрФУ

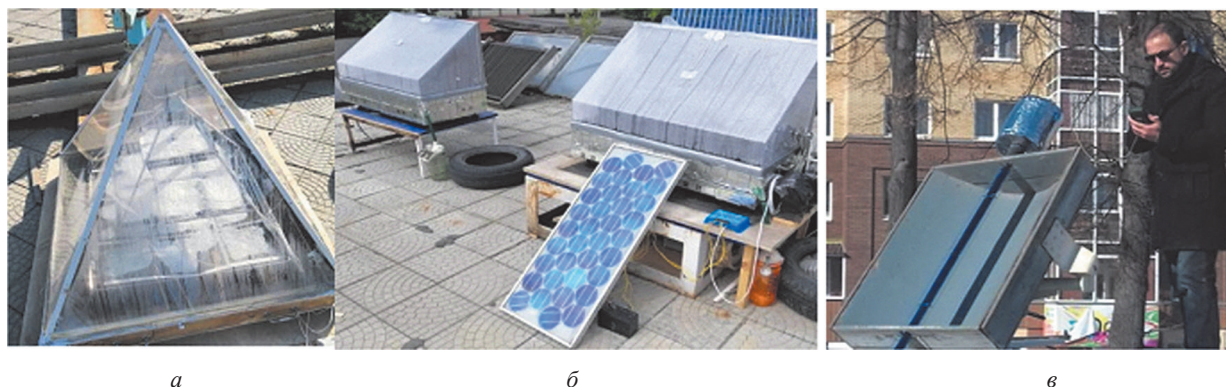


Рис. 11. Солнечные опреснительные установки
а — сорбции воды из воздуха; *б* — солнечного испарения; *в* — солнечного парообразования



Рис. 12. Система солнечной дистилляции топливного этанола (*а*), малая биогазовая установка (*б*) и гибридная теплонаносная станция (*в*)

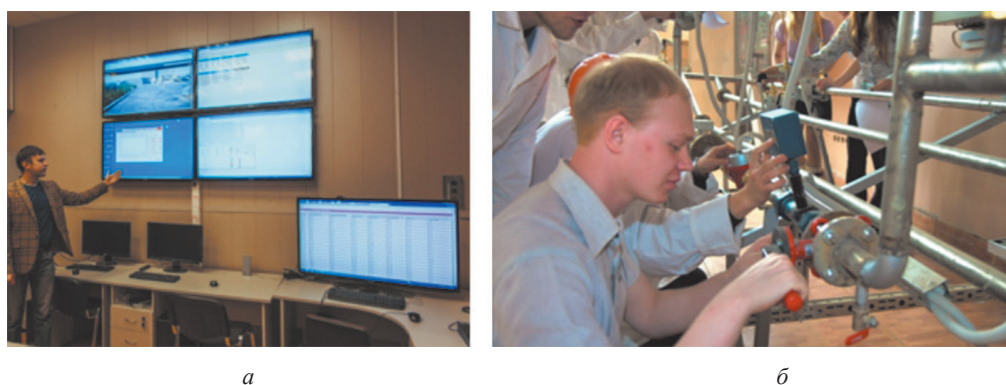


Рис. 13. Представление текущей информации по действующим установкам (*а*), студенты за монтажом технологической системы (*б*)

Основные установки и измеряемые параметры, вошедшие в состав системы

Метеорологический комплекс:

- температура;
- влажность;
- уровень осадков;
- скорость и направление ветра;
- полная солнечная радиация;
- солнечная радиация в ИК- и УФ- диапазонах

Фотоэлектрическая установка:

- напряжение выхода ФЭУ;

- ток;
- мощность

Ветроэнергетическая установка:

- напряжение выхода ВЭУ;
- ток;
- мощность;
- частота вращения

Солнечный коллектор:

- температуры входа и выхода;
- расход теплоносителя;
- тепловая мощность

Солнечный концентратор:

температуры входа и выхода;
расход теплоносителя;
тепловая мощность

Тепловой насос:

температуры входа и выхода;
расход теплоносителя;
тепловая мощность

Биогазовая установка:

температура входа биомассы;
температура в биореакторе;
расход биогаза;
давление биогаза;
индекс pH в биореакторе

С целью оценки эффективности энергетического использования разработана и реализована система сбора измерительной информации о поступлении и эффективности преобразования энергии в комплексе установок [2, 6]. Она построена на базе программируемой платформы NI Compact RIO (Compact Reconfigurable Input Output), представляющей собой многофункциональную встраиваемую платформу для сбора данных и

управления, разработанную для задач, требующих высокой производительности и надёжности. NI Compact RIO — встраиваемая контрольно-измерительная система, основой которой является технология реконфигурируемого ввода/вывода NI RIO. Она состоит из шасси со встроенной ПЛИС, контроллера реального времени и модулей ввода/вывода (рис. 14).

Ввиду распределённости исследуемых установок по территории, не охватываемой единой оптоволоконной сетью, связь локальных измерительных комплексов с центральной платформой и сервером в ряде случаев организована при помощи wi-fi-каналов и сети интернет (рис. 15).

Система ведёт непрерывный сбор информации от более чем ста первичных преобразователей и трех быстродействующих видеокamer, контролирующих параметры и изображения ветроэнергетических, фотоэлектрических, биогазовых и прочих исследовательских стендов возобновляемой энергетики, находящихся на территории ряда корпусов УрФУ (рис. 15), хранит их и транслирует через каналы wi-fi на сервер и периферий-

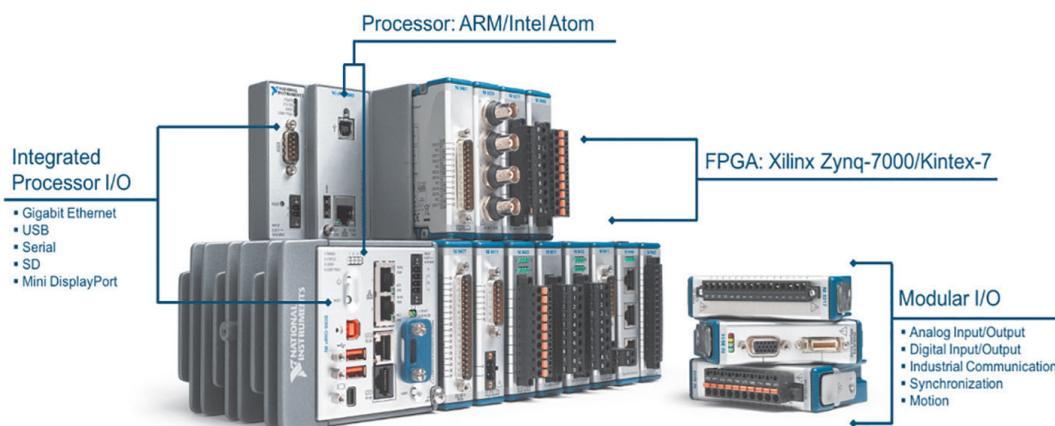


Рис. 14. Внешний вид платформы

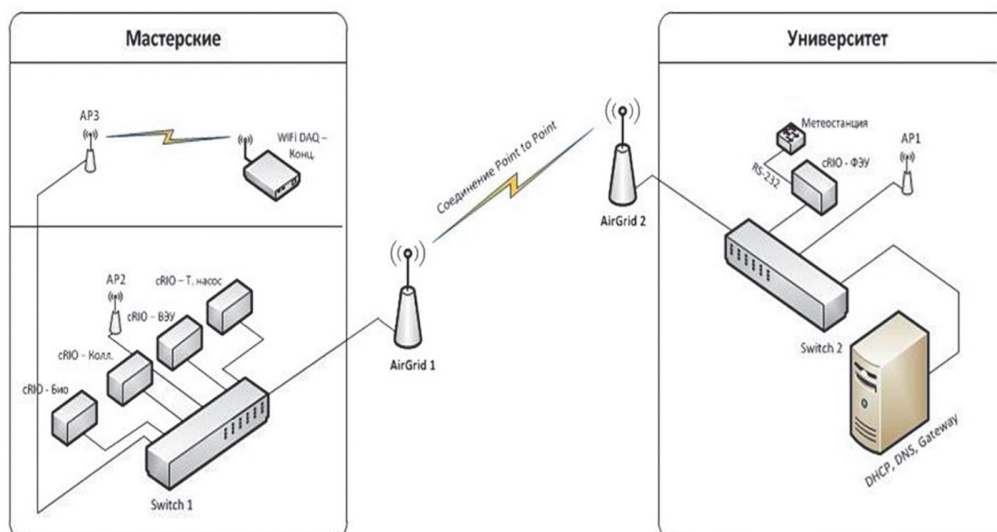


Рис. 15. Размещение стендов на территории УрФУ

ные рабочие станции пользователей для последующего анализа и обработки.

Для оперативного мониторинга характеристик установок в среде LabVIEW разработан программный комплекс, экранный интерфейс которого дан на рис. 16.

При обращении к соответствующей установке справочная система интерфейса визуализирует конкретные точки и характеристики измеряемых параметров в виде схемы измерений (рис. 17).

Созданная система мониторинга с задаваемым временным интервалом от 1 с до 1 месяца формирует массивы измеренных величин, выполняет их статистическую обработку, хранит данные первичных измерений и обработки результатов в буферной памяти сервера, получает по запросу пользователя через интернет син-

хронную информацию об изменении климатических параметров и эффективности установок.

Некоторые результаты экспериментальных исследований

Приведем пример экспериментального исследования получения информации о достаточности приходов солнечной радиации для производства требуемого количества энергии и определения необходимости и объемов систем накопления энергии в годовом, месячном и суточном циклах.

На рисунке 18, 19 изображены экспериментальные данные поступлений солнечной радиации по характерным месяцам летнего и зимнего периодов.

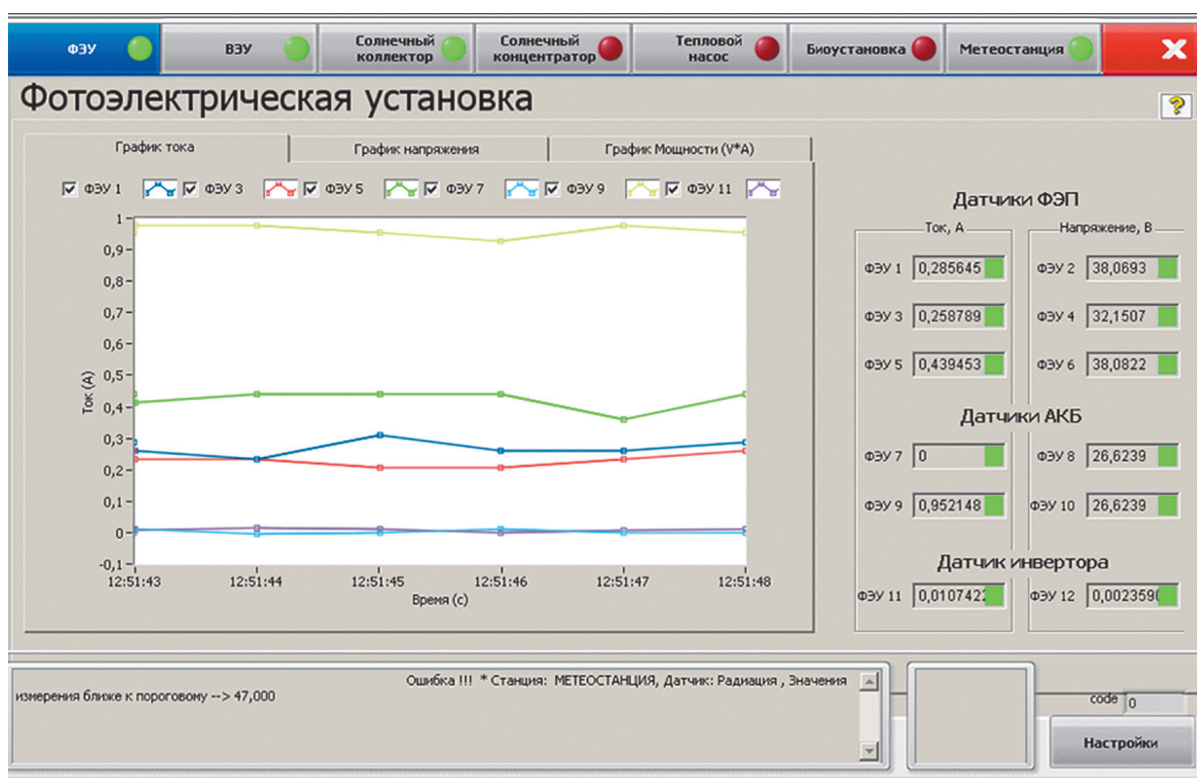


Рис. 16. Экранный интерфейс системы мониторинга

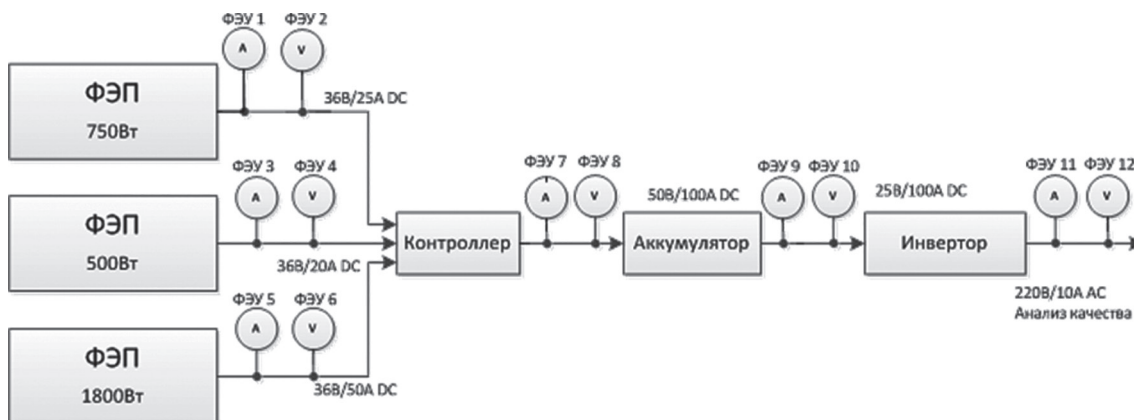


Рис. 17. Схема точек измерения для фотоэлектрической станции

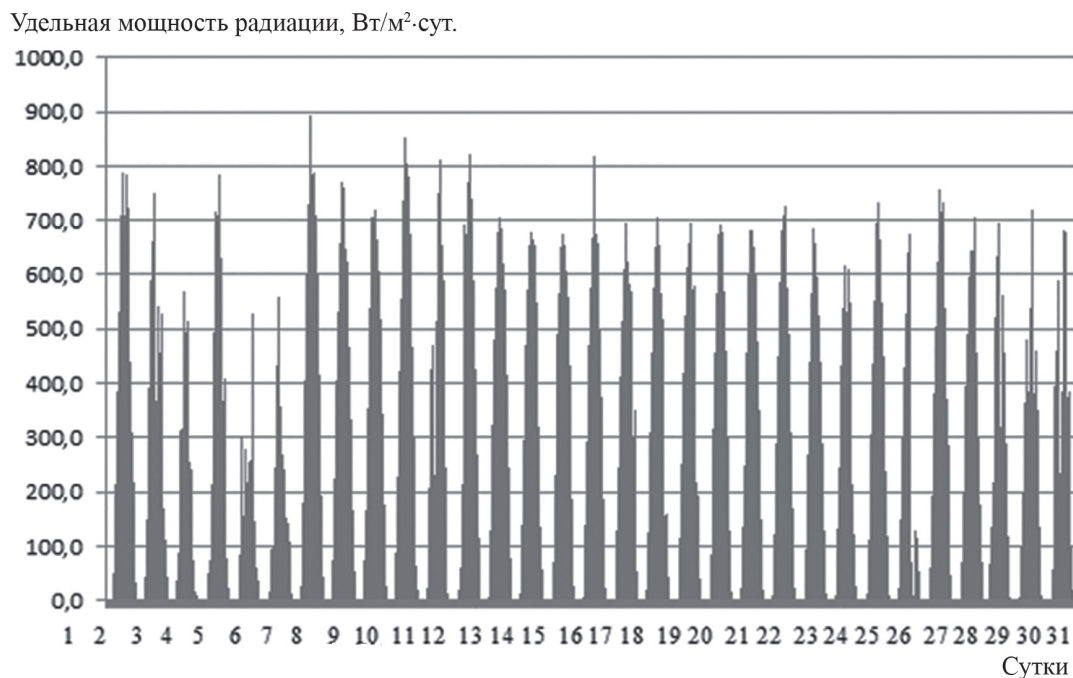


Рис. 18. Удельная мощность поступления солнечной радиации для летнего месяца (июль 2014 г.)

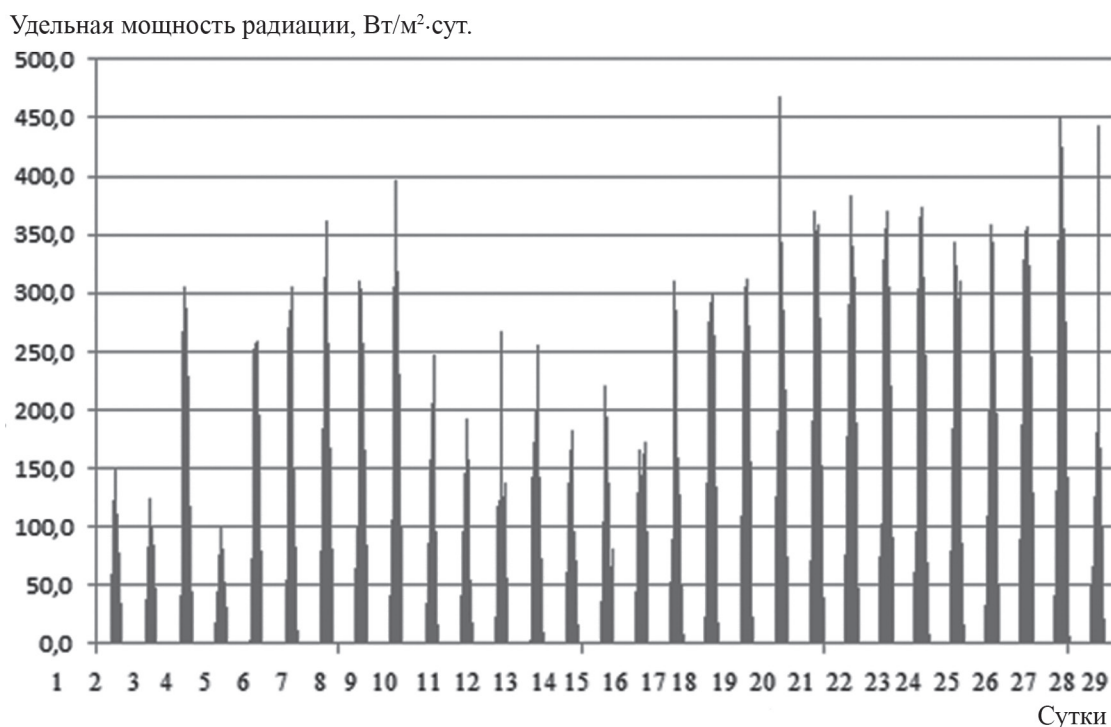


Рис. 19. Удельная мощность поступления солнечной радиации для зимнего месяца (февраль 2014 г.)

Анализ результатов показал существенное снижение удельной суточной продолжительности поступления солнечной энергии в зимний период. Данные полностью подтверждают адекватность разработанной математической модели и прогнозирования на ее основе осредненных характеристик поступлений солнечной энергии [7]. Полученные сведения также демонстрируют и различия в поступлении энергии по

дням месяца, особенно значительные в зимние месяцы (см. рис. 17). Данное обстоятельство указывает на необходимость введения в состав системы энергоснабжения компенсирующего источника энергии на основе традиционных энергетических технологий.

Результаты исследования поступлений энергии по часам суток для летнего периода года показаны на рис. 20, 21.

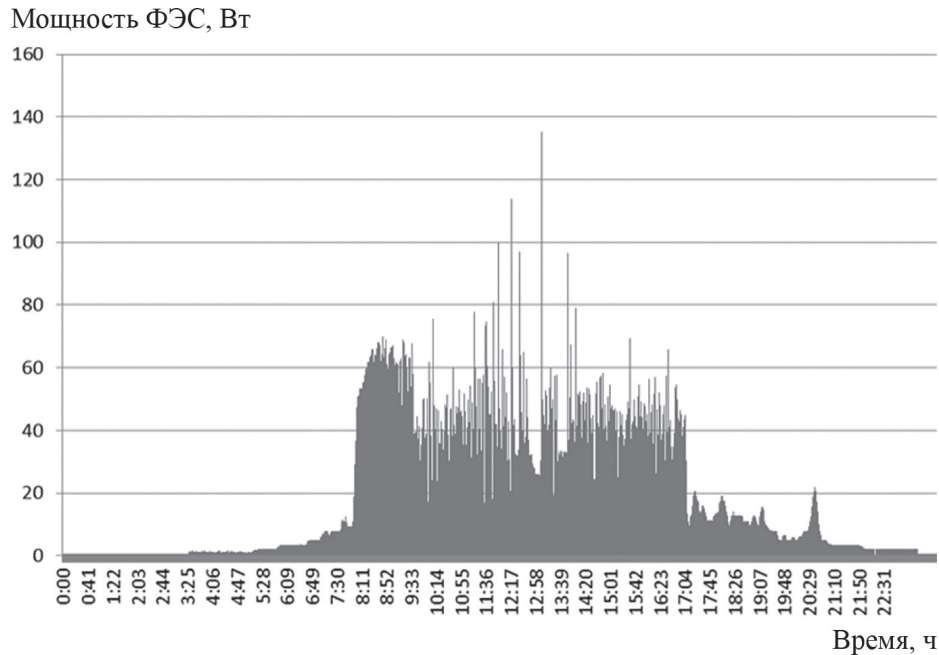


Рис. 20. Мощность тестовой ФЭС 07.07.2014 г. по часам

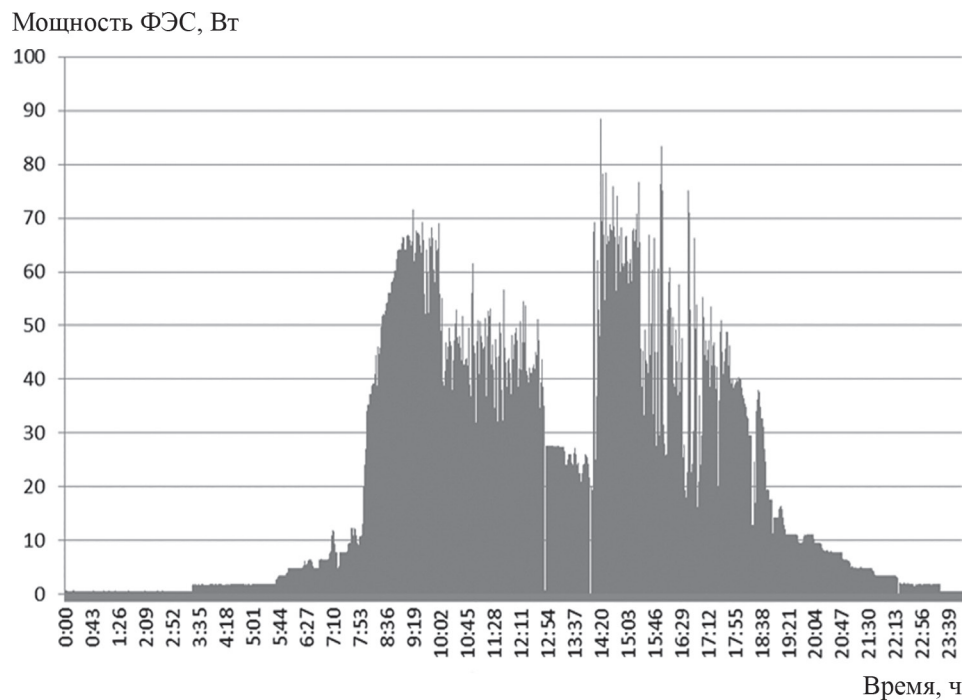


Рис. 21. Мощность тестовой ФЭС 09.07.2014 г. по часам

Полученные результаты указывают на наличие неравномерности поступления солнечной энергии даже в условиях летнего периода. Выработка энергии тестовой ФЭС (пиковой мощностью 150 Вт), вследствие влияния облачности, ниже потенциальных значений в 1,5...2 раза.

Устойчивое энергообеспечение потребителей в условиях стохастического характера поступления энергии требует применения в составе системы энергообеспечения аккумулирующего устройства, способного

к сглаживанию интегрирования колебаний поступления энергии солнца.

Выполненные верификационные исследования позволили разработать ряд технических решений, гарантирующих надежное энергообеспечение потребителей при комбинировании солнечной энергетики с традиционными энергетическими технологиями [3 — 5].

В качестве примера на рис. 22 представлена принципиальная схема реализованной в УрФУ комбинированной системы обеспечения тепловой энергией

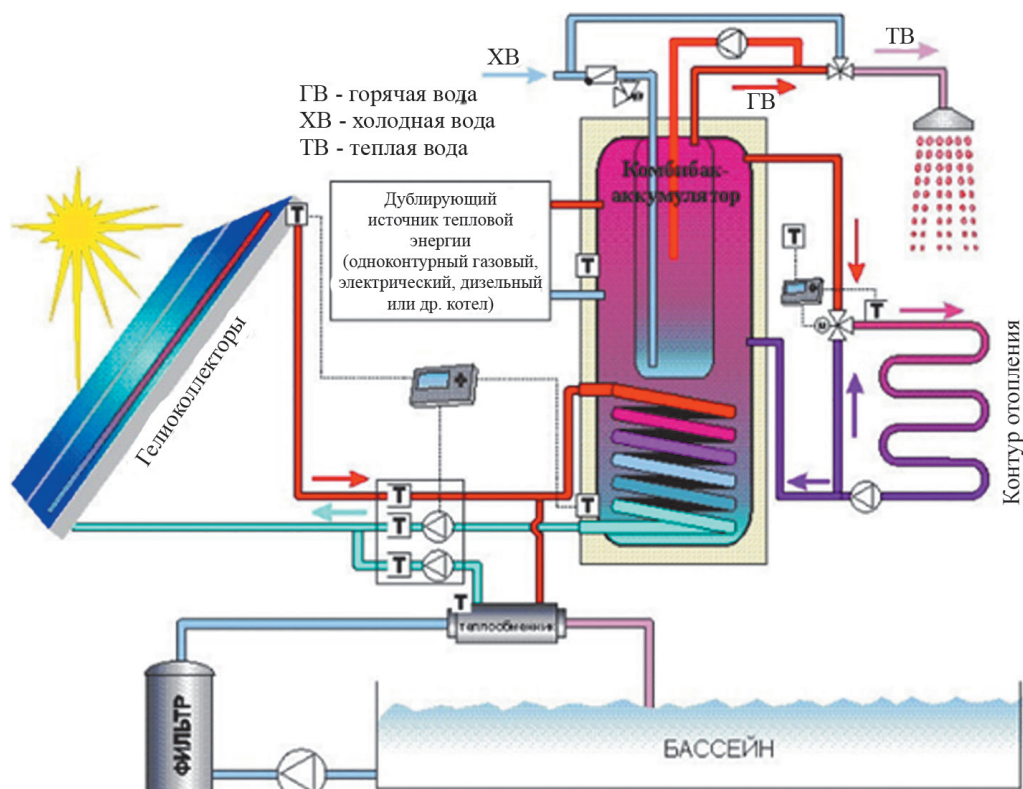


Рис. 22. Схема комбинированной системы обеспечения тепловой энергией потребителей с использованием солнечных коллекторов

потребителей с использованием солнечных коллекторов.

Она обеспечивает надежное производство тепла в летний период за счет использования энергии солнца, и в зимний период — за счет энергии газового топлива, электрических тэнов, либо работы теплового насоса. Бак-аккумулятор сглаживает неравномерность поступления солнечной энергии в суточном цикле и накапливает тепло за счет низкого ночного тарифа на электрическую энергию из энергосистемы в зимний период года.

Внедрение результатов исследований и разработок

Использование массовой цифровизации исследований позволило быстро и с высокой надежностью отработать новые конструкции установок и проверить эффективность новых идей. Студенты, магистранты и аспиранты кафедры по специальности «Энергетические установки, электростанции на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии», в том числе магистранты и аспиранты, находящиеся за рубежом, выполняют лабораторные, практические работы, готовят материалы для выпускной квалификационной работы, используя данные по работе установок из системы мониторинга, размещенные на сайте самой системы. Только за последние 5 лет сотрудниками, аспирантами и студентами УрФУ зарегистрировано более 80 изобретений. По поручению правительства Свердловской области и промышленных предприятий разработано более 10 проектов.

Реализован типовой проект энергоэффективного сельского дома с использованием ВИЭ (рис. 23).

Работы УрФУ по разработке и внедрению установок возобновляемой энергетики в жилищное строительство удостоены Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского (рис. 24).

Введены в эксплуатацию системы горячего водоснабжения 201-й военной базы РФ в Таджикистане и авиабазы «Кант» в Киргизии (рис. 25).

Студенческие олимпиады и конференции

В целях выявления и государственной поддержки талантливой молодежи УрФУ в течение 20 лет организует и проводит Всероссийские олимпиады и международные научно-практические конференции и выставки научно-технического творчества «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», в которых принимают участие студенты, аспиранты и молодые ученые десятков вузов страны и других стран мира (рис. 26).

Выпущенные сборники материалов научно-практических конференций, размещенные в электронном научном архиве УрФУ, а также в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru, пользуются научным интересом в России и за рубежом [8].

Решение задач подготовки кадров и проведения научных исследований по широкому кругу направлений возобновляемой энергетики стало возможным благодаря опережающему созданию в университете мощной



Рис. 23. Энергоэффективный сельский дом с использованием ВИЭ



Рис. 24. Ректор УрФУ А.И. Матерн (2009 г.) вручает профессору кафедры, д.т.н. В.И. Велькину диплом Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского



Рис. 25. Наладка системы солнечного ГВС в Таджикистане с использованием солнечных коллекторов Каменск-Уральского металлургического завода



Рис. 26. Победители и призеры олимпиад, конференций и выставок 2013 — 2014 гг.

стендовой базы и интегрального измерительного комплекса.

Заключение

Многолетний опыт подготовки в Уральском федеральном университете инженерных кадров для ис-

следований и разработок возобновляемых источников энергии показал высокую эффективность использования в образовательном процессе экспериментальных исследований и проектно-конструкторской работы студентов.

Литература

References

1. **Научные** школы Уральского федерального университета / Под общ. ред. В.В. Запария. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2020.

2. **Щеклеин С.Е. и др.** Цифровые технологии при изучении студентами источников возобновляемой энергетики // Материалы I Междунар. науч. конф. по проблемам цифровизации. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2020. С. 406—418.

3. **Велькин В.И., Щеклеин С.Е.** Обеспечение минимальных энергетических потребностей удаленного дома за счет солнечных ФЭП // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 3(107). С. 52—54.

4. **Матвеев А.В., Щеклеин С.Е., Пахалуев В.М.** Энергоэффективный дом с системой солнечного горячего водоснабжения // Промышленная энергетика. 2008. № 6. С. 52—55.

5. **Пат. № 25055203 РФ.** Солнечная установка для выработки спирта и сопутствующих материалов / Попов А.И., Щеклеин С.Е. // Бюл. изобрет. 2014. № 3.

6. **Shcheklein S.E. et al.** Renewable Energy-based Plant Remote Monitoring Complex Using Wi-fi Channels and Elements of Artificial Vision // WIT Trans. Ecology and Environment. 2014. V. 190. Iss. 2. Pp. 1185—1194.

7. **Власов В.В., Щеклеин С.Е.** Моделирование нестационарных случайных процессов в задачах обоснования возобновляемых источников энергии // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 3(107). С. 67—71.

8. **Энерго-** и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика // Даниловские чтения — 2020. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2021.

1. **Nauchnye Shkoly Ural'skogo Federal'nogo Universiteta.** Pod Obshch. Red. V.V. Zapariya. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo Un-ta, 2020. (in Russian).

2. **Shcheklein S.E. i dr.** Tsifrovye Tekhnologii pri Izuchenii Studentami Istochnikov Vozobnovlyаемой Energetiki. Materialy I Mezhdunar. Nauch. Konf. po Problemam Tsifrovizatsii. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo Un-ta, 2020:406—418. (in Russian).

3. **Vel'kin V.I., Shcheklein S.E.** Obespechenie Minimal'nykh Energeticheskikh Potrebnostey Udalennogo Doma za Schet Solnechnykh FEP. Al'ternativnaya Energetika i Ekologiya. 2012;3(107):52—54. (in Russian).

4. **Matveev A.V., Shcheklein S.E., Pakhaluev V.M.** Energoeffektivnyy Dom s Sistemoy Solnechnogo Goryachego Vodospabzheniya. Promyshlennaya Energetika. 2008;6:52—55. (in Russian).

5. **Pat. № 25055203 RF.** Solnechnaya Ustanovka dlya Vyrabotki Spirta i Sopotstvuyushchikh Materialov. Popov A.I., Shcheklein S.E. Byul. izobret. 2014;3. (in Russian).

6. **Shcheklein S.E. et al.** Renewable Energy-based Plant Remote Monitoring Complex Using Wi-fi Channels and Elements of Artificial Vision. WIT Trans. Ecology and Environment. 2014;190;2:1185—1194.

7. **Vlasov V.V., Shcheklein S.E.** Modelirovanie Nestatsionarnykh Sluchaynykh Protseessov v Zadachakh Obosnovaniya Vozobnovlyаемых Istochnikov Energii. Al'ternativnaya Energetika i Ekologiya. 2012;3(107): 67—71. (in Russian).

8. **Energo-** i Resursosberezhenie. Energoobespechenie. Netraditsionnye i Vozobnovlyаемые Istochniki Energii. Atomnaya Energetika. Danilovskie Chteniya — 2020. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo Un-ta, 2021. (in Russian).

Сведения об авторах:

Щеклеин Сергей Евгеньевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Велькин Владимир Иванович — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: v.i.velkin@urfu.ru

Немихин Юрий Евгеньевич — старший преподаватель кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: j.e.nemikhin@urfu.ru

Попов Александр Ильич — кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: llob-22@yandex.ru

Балдин Виктор Юрьевич — старший преподаватель кафедры тепловых электрических станций Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: v.u.baldin@urfu.ru

Коржавин Сергей Александрович — заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: s.a.korzHAVIN@urfu.ru

Алван Насир Тавфик — кандидат технических наук, инженер-исследователь кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: nassir.towfeek79@gmail.com

Information about authors:

Shcheklein Sergey E. — Dr.Sci. (Techn.), Professor, Head of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Vel'kin Vladimir I. — Dr.Sci. (Techn.), Assistant Professor, Professor of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: v.i.velkin@urfu.ru

Nemikhin Yuriy E. — Senior Lecturer of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: j.e.nemikhin@urfu.ru

Popov Aleksandr I. — Ph.D. (Techn.), Senior Lecturer of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: llob-22@yandex.ru

Baldin Viktor Yu. — Senior Lecturer of Thermal Power Plants Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: v.u.baldin@urfu.ru

Korzhavin Sergey A. — Head of the Renewable Energy Laboratory of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: s.a.korzhavin@urfu.ru

Alvan Nasir Tavfik — Ph.D. (Techn.), Research Engineer of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Dept., Ural Federal University Named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, e-mail: nassir.towfeek79@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 10.02.2022

The article received to the editor: 10.02.2022