



ОБРАЗОВАНИЕ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЦЕНТРЫ

EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH CENTRES

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ВУЗАХ

EDUCATIONAL ACTIVITY IN INSTITUTES OF HIGHER EDUCATION

Статья поступила в редакцию 16.07.20. Ред. Рег. №11-05

The article has entered in publishing office 16.07.20 Ed. Reg. No. 11-05

УДК 621.314

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*С.Е. Щеклеин<sup>1</sup>, Ю.Е. Немихин<sup>1</sup>, А.И. Попов<sup>1</sup>, В.И. Велькин<sup>1</sup>,  
С.А. Коржавин<sup>1</sup>, Н.Т. Алван<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
ул. Мира, 19, Екатеринбург 620002, Россия

<sup>2</sup> Киркукский технический колледж, Северный технический университет,  
36001, Киркук, Ирак, тел.: +7(343)375-95-08; e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

doi: 10.15518/isjaee.2020.09.016

Заключение совета рецензентов: 23.08.20

Заключение совета экспертов: 23.08.20

Принято к публикации: 29.08.20

При решении задач использования возобновляемых источников энергии возникают проблемы учета ряда статистических изменений важных для разработки их структуры и практического применения. Стохастический характер имеют следующие факторы:

- приходы энергии (солнца, ветра, гидроресурсы и пр)
- потребление энергии (в быту, коммунальной и промышленной сферах)
- изменение температуры окружающей среды.

Данные факторы имеют широкие масштабы временных изменений, содержат периодические и случайные составляющие.

Совершенно очевидно, что эти группы факторов являются коррелированными, так рост прихода энергии солнца ведет к повышению температуры воздуха и освещенности, те в свою очередь приводит к снижению потребности в тепловой и электрической энергии у потребителя.

С целью выявления и детального анализа корреляционных связей между климатическими факторами, влиянием их на эффективность существующего в УрФУ парка установок возобновляемой энергетики была разработана и введена в эксплуатацию многоканальная быстродействующая система мониторинга климатических и энергетических характеристик. Система включает в себя распределенную сеть локальных устройств, связанных с центральным сервером осуществляющим сбор, накопление и обработку данных более, чем по 100 измеряемым параметрам с периодичностью 1 сек. В статье приведено описание основных типов установок возобновляемой энергетики, используемых в учебном процессе, концепция и опыт использования цифровой системы оценки характеристик эффективности установок возобновляемой энергетики и результаты исследований установок солнечной энергетики в условиях резко- континентального климата.

Использование системы позволило на основании анализа длительного ряда наблюдений осуществить оценку производительности установок возобновляемой энергетики для условий переменных температур окружающей среды, характерных для Урала. Полученные результаты показывают перспективность использования цифровых технологий при исследовании процессов и верификации теоретических моделей; позволяют ставить задачи о дальнейшем совершенствовании моделей расчета и совершенствовании конструкций установок возобновляемой энергетики.



**Ключевые слова:** цифровая система, мониторинг, возобновляемые источники энергии, энергия солнца, энергия ветра, температура окружающей среды, энергоэффективный дом.

## USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN STUDY POTENTIAL AND EFFICIENCY OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES

*S.E. Shcheklein<sup>1</sup>, Y.E. Nemikhin<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, V.I. Velkin<sup>1</sup>, S.A. Korzhavin<sup>1</sup>, N.T. Alvan<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin  
19 Mira St., Yekaterinburg 620002, Russia

<sup>2</sup> Kirkuk Technical College, Northern Technical University,  
36001 Kirkuk, Iraq, phone: +7(343)375-95-08, e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

doi: 10.15518/isjaee.2020.09.016

Referred: 23.08.20

Received in revised form: 23.08.20

Accepted: 29.08.20

While solving the renewable energy tasks, problems with the calculation of some statistical changes, important for the development of their structure and practical application may arise. The following factors are stochastic:

- Energy reception (solar, wind, water resources, etc.)
- Energy consumption (domestic, municipal and industrial areas)
- Changes in ambient temperature.

These factors have a wide range of time changes, periodic and random components.

It is obvious that these groups of causes are correlated, the growth of the solar energy reception leads to the increase in temperature and illumination, which in turn reduces the need for heat and electricity consumption.

In order to fulfill the detailed analysis of the connection between climatic factors, their influence on the efficiency of the existing renewable energy equipment in the UrFU, a high-speed multi-channel monitoring system for climate and energy characteristic has been developed and put into operation. The system includes a distributed network of local devices connected to the central server that collects, accumulates and processes data of more than 100 measured parameters gathered every second.

Based on the long series of observations, the system allowed an assessment of renewable energy productivity in the conditions of variable ambient temperatures, typical for the region with extreme continental climate.

Article is devoted to the development and experience of the use of a digital system to assess the performance characteristics of renewable energy plants. Extensive research capabilities are shown with a fast-acting system of digital monitoring, allowing to receive information with a frequency of 1 sec. The article describes the main types of renewable energy plants used in the training process, the concept and experience of the digital system for assessing the performance of renewable energy installations, and the results of studies of solar power plants in a climate of sharp-continental climate.

The use of the system allowed, on the basis of an analysis of a long-term number of observations, to assess the performance of renewable energy plants for the conditions of variable ambient temperatures characteristic of the Urals. The results show the promise of using digital technologies in the study of processes and verification of theoretical models; allow to set goals on further improvement of the models of calculation and improvement of the design of renewable energy plants.

**Keywords:** digital system, monitoring, renewable energy, solar energy, wind energy, ambient temperature, energy efficient home.



Щеклеин Сергей  
Евгеньевич  
Sergey E. Shcheklein

**Сведения об авторе:** доктор технических наук, профессор, действительный член Международной энергетической академии

**Место работы:** Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», заведующий кафедрой.

**Образование:** Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ) (1972 г.).

**Награды и научные премии:** Заслуженный энергетик России, Лауреат

**Information about the author:** Doctor of technical science, professor, a full member of the International Energy Academy.

**Workplace:** Urals Federal University, head of Atomic Stations and Renewable Energy Sources Department.

**Education** Urals Polytechnic Institute (1972).

**Awards and scientific awards:** Distinguished Energy of Russia, Winner of the national environmental award of the V. I. Vernadsky.

**Research area:** nuclear power units thermodynamics; questions of nuclear energy and thermophysics of the two-phase flows; NPP equipment lifetime enduring and reliability increasing; solar, wind and bioenergetics.



Национальной экологической премии Фонда им. В.И. Вернадского.

**Область научных интересов:** термодинамика ядерных энергетических установок, проблемы атомной энергетики и теплофизики двухфазных потоков, продление ресурса и повышение надежности оборудования АЭС, солнечная энергетика, ветровая энергетика, биоэнергетика.

**Публикации:** более 450 научных трудов, в том числе 5 монографий, 80 изобретений,

**индекс Хирша РИНЦ -13.**

**Сведения об авторе:** Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»

**Образование:** Уральский государственный университет имени А.М. Горького (УрГУ) (1971 г.).

**Награды и научные премии:** Почетная грамота министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области за многолетний добросовестный труд по подготовке кадров для энергетических предприятий страны (2011).

**Область научных интересов:** разработка физических основ нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, методы компьютерной диагностики и мониторинга в энергетике.

**Публикации:** более 30, в том числе 5 в реферируемых журналах.

**Сведения об авторе:** ст. преподаватель Уральского Федерального Университета, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии, Россия;

**Место работы:** ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».

**Образование** высшее, Уральский политехнический институт имени С.М. Кирова (ныне-УрфУ).

**Награды и научные премии:** диплом Роспатента «100 лучших изобретений России-2016 года», Почетный знак «Заслуженный предприниматель», нагрудный знак «Почетный монтажник Монтажспецстроя», бронзовая медаль ВДНХ. Лауреат премии ВОИР имени И.И. Ползунова.

**Область научных интересов:** Возобновляемые источники энергии, атомная энергетика, энергосбережение

**Публикации:** более 50 публикаций, 117 патентов РФ.

**Publications:** more than 450 scientific works, including 5 monographs, 80 inventions,

**Hirsch Index -13.**

**Information about the author:** : FSAEI VPO "Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin, "the department" Nuclear power plants and renewable energy sources "

**Education:** Ural State University named after AM Gorky (Ural State University) (1971).

**Awards and scientific prize:** Diploma of the Ministry of Energy and Housing and Utilities of the Sverdlovsk region for many years of hard work training for energy companies in the country (2011).

**Research area:** the development of the physical foundations of non-conventional and renewable sources of energy, methods of computer diagnostics and monitoring in the energy sector.

**Publications:** more than 30, including 5 referrals in Scopus.

**Information about the author:** Professor of the Ural Federal University, Department of nuclear power plants and renewable energy sources, Russia;

**Place of work:** Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Department of Nuclear power plants and renewable energy sources.

**Education:** higher, graduated from the Ural Polytechnic Institute named after S. M. Kirov (now-Urfu).

**Awards and scientific prizes:** Rospatent's diploma "100 best inventions of Russia-2016", honorary badge "Honored Entrepreneur", badge "Honorary installer of Montagespetstroy", bronze medal VDNH. Polzunov, winner of the WOIR Award

**Research area:** Renewable energy sources, nuclear power, energy saving

**Publications:** more than 50 publications, 117 patents of the Russian Federation.



Немихин Юрий  
Евгеньевич  
Iurii Ye. Nemikhin



Попов Александр  
Ильич  
Popov Alexandr Ilyich



*Коржавин Сергей Александрович  
Korzhavin Sergey Aleksandrovich*

**Место работы:** Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», заведующий лабораторией.

**Образование:** Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (2009 г.).

**Награды и научные премии:** Стипендиат Президента РФ.

**Область научных интересов:** Возобновляемая энергетика, биотоплива, цифровые системы сбора данных.

**Публикации:** 17 научных трудов, в том числе 3 индексированных в Scopus.

**Workplace:** "Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin" the department" Nuclear power plants and renewable energy sources ", laboratory manager

**Education:** Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin (2009).

**Awards and scientific prize:** Scholar of the President of the Russian Federation.

**Research area:** the development of the physical foundations of non-conventional and renewable sources of energy, methods of computer diagnostics and monitoring in the energy sector.

**Publications:** 17 scientific papers, including 3 referrals in Scopus.



*Велькин Владимир Иванович  
Velkin Vladimir Ivanovich*

**Сведения об авторе:** профессор кафедры Уральского Федерального Университета, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии, Россия; зам руководителя научной лаборатории «Евроазиатский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения»

**Место работы:** «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».

**Образование:** высшее, Уральский политехнический институт имени С.М. Кирова (ныне-Урфу).

**Награды и научные премии:** Лауреат Национальной экологической премии Фонда им. В.И. Вернадского, (номинация «Энергетика будущего», 2009 г.)

**Область научных интересов:** Возобновляемые источники энергии, атомная энергетика, энергосбережение

**Публикации:** более 150 публикаций, три монографии, 11 патентов РФ.

**Information about the author:** Professor of the Ural Federal University, Department of nuclear power plants and renewable energy sources, Russia; Deputy head of the scientific laboratory "Euro-Asian center for renewable energy and energy saving"

**Place of work:** Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Department of Nuclear power plants and renewable energy sources.

**Education:** higher, graduated from the Ural Polytechnic Institute named after S. M. Kirov (now-Urfu).

**Awards and scientific prizes:** Winner Of the national environmental award of the V. I. Vernadsky Foundation, (nomination "Energy of the future", 2009)

**Research area:** Renewable energy sources, nuclear power, energy saving

**Publications:** more than 150 publications, three monographs, 11 patents of the Russian Federation.



*Насир Тавфик Алван  
Naseer Tawfeeq Alwan*

**Сведения об авторе:** аспирант уральского федерального университета, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии, Инженер-исследователь

**Место работы:** ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»

**Образование:** Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ по специальности «теплоэнергетика и теплотехника» (2014 г.).

**Награды и научные премии:** Почетная грамота министерство образования и науки республики Татарстан за большие успехи в учебе и высокие творческие достижения, (2014).

**Область научных интересов:** Возобновляемые источники энергии, Солнечное опреснение воды, тепломассоперенос.

**Публикации:** более 10, в том числе 5 в реферируемых журналах.

**Information about the author:** PhD Candidate at Ural Federal University, Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources, Researcher

**Place of work:** Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources

**Education:** Kazan National Research Technical University. A. N. Tupolev - KAI in the specialty "Heat and Power Engineering" (2014).

**Awards and scientific awards:** Certificate of Honor from the Ministry of Education and Science of the Republic of Tatarstan for great academic success and high creative achievements, (2014).

**Research area:** Renewable energy sources, Solar desalination, heat and mass transfer.

**Publications:** more than 10, including 5 in referrals in Scopus.



**Введение**

Подготовка специалистов по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» в УрФУ была начата в 1991 году по инициативе Президента РАО ЕЭС чл. корр. РАН Дьякова А.Ф., поддержанной Правительством Свердловской области. В основе подготовки специалистов данной специальности в УрФУ лежит привлечение студентов всех курсов под руководством профессорско-преподавательского состава, аспирантов и научных сотрудников УрФУ к разработке и освоению новых энергетических

технологий в области 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 было принято решение развивать материальную базу учебного процесса путем освоения крупномасштабных научно-учебных стендов и установок с целью дальнейшего применения их на территории области, разработки новых типов установок, адаптированных к местным условиям.

Список обозначений	
Единицы измерения	
В	Вольт
А	Ампер
Вт	Ватт
Вт/м <sup>2</sup>	Ватт на квадратный метр
кВт*ч	Киловатт-час
Аббревиатуры	
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии

**1.Стенды и установки УрФУ для использования возобновляемых источников энергии.**

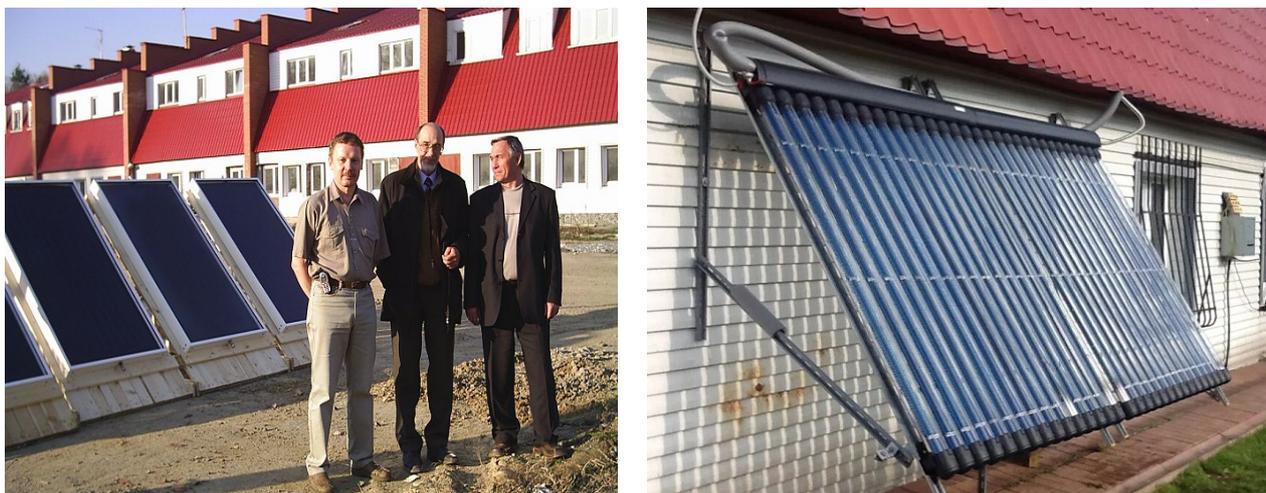
Для координации работ по проектированию, конструированию, изготовлению, монтажу и наладке большого количества стендов и установок в УрФУ в 2008 г. был организован Центр возобновляемых источников энергии и энергосбережения. Директором Центра был назначен доцент кафедры атомных станций и ВИЭ Попов А.И.

На рисунках 1-9 приведены фотографии ряда таких установок. Всего было создано и испытано более 100 образцов энергетических систем разного типа.



**Рис.1.Гибридная теплогенерирующая установка.**  
**Fig.1. Hybrid heat-generating plant.**





**Рис.2.** Монтаж солнечных коллекторов на жилом доме.  
**Fig. 2.** Installation of solar collectors on an apartment building.



**Рис.3** Монтаж солнечных концентраторов.  
**Fig. 3** Installation of Solar Hubs.



а



б

**Рис.4.** Солнечные фотоэлектрические установки системного (а) и автономного (б) типов.  
**Fig. 4.** Solar photovoltaic installations of system (a) and autonomous (b) types.



**Рис. 5.** Губернатор Свердловской области Э.Э. Россель (2006 г.) на испытаниях системы солнечного энергоснабжения аппарата вентиляции легких человека «Фаза 21».

**Fig. 5.** Governor of the Sverdlovsk region E.E. Rossel (2006) during tests of the solar power supply system of the «Faza 21» human lung ventilation.



**Рис.6** Низкоскоростная ветроэнергетическая установка ООО «Ветропарк»- УрФУ.

**Fig. 6** Low-speed wind power plant LLC «Wind farm»- UrFU.



а



б

**Рис.7.** Вертикально-осевая (а) и шнековая (б) ветроэнергетические установки ООО «Вертикаль» и НПО «Автоматика».

**Fig. 7.** Vertical-axis (a) and schnek (б) wind power plants of «Vertical» LLC and the NGO «Automatics».



Рис.8. Безнапорная шнековая мини ГЭС УрФУ.  
Fig. 8. UrFU's unpressured HPP mini.



а



б



в

Рис.9. Солнечные опреснительные установки.  
а- сорбции воды из воздуха; б- солнечного испарения; в- солнечного парообразования.  
Fig.9. Solar desalination plants. a- sorption of water from the air; б - solar evaporation; в- solar vaporization.



а



б



в

Рис.10. Система солнечной дистилляции топливного этанола (а) и малая биогазовая установка (б) и гибридная теплоносная станция (в).  
Fig. 10. Solar distillation system of fuel ethanol (а) and small biogas installation (б) and hybrid heat pumping station (в).



а



б

**Рис. 11.** Представление текущей информации по действующим установкам (а) студенты за монтажом технологической системы (б).

**Fig. 11.** Presenting current information on current installations (a) students behind the installation of the technology system (б).

## 2. 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. В табл.1 приведены основные установки и измеряемые параметры, вошедшие в состав системы.

Перечень установок и регистрируемых параметров.

Табл.1

List of installations and registered parameters

Table.1

Наименование стенда	Основные исследуемые параметры
Метеорологический комплекс	-температура -влажность, -уровень осадков -скорость ветра -направление ветра -полная солнечная радиация - солнечная радиация в ИК диапазоне - солнечная радиация в УФ диапазоне
Фотоэлектрическая установка	- напряжение выхода ФЭУ - ток - мощность
Ветроэнергетическая установка	- напряжение выхода ВЭУ - ток -мощность - частота вращения
Солнечный коллектор	-температура входа - температура выхода -расход теплоносителя - тепловая мощность
Солнечный концентратор	-температура входа - температура выхода - расход теплоносителя - тепловая мощность
Тепловой насос	-температура входа - температура выхода - расход теплоносителя -тепловая мощность



Биогазовая установка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- температура входа биомассы</li> <li>- температура в биореакторе</li> <li>- расход биогаза</li> <li>- давление биогаза</li> <li>- индекс pH в биореакторе</li> </ul>
----------------------	--

С целью верификации теоретических моделей и оценки эффективности в комплексе действующих энергетических установок была разработана и реализована система сбора информации о поступлении и эффективности преобразования энергии в [1,2].

Система строится на базе программируемой платформы National instruments CompactRIO (Compact Reconfigurable Input Output), представляющей собой многофункциональную встраиваемую платформу для сбора данных и управления, разработанную для задач, требующих высокой производительности и надёжности [3, 4].

National instruments CompactRIO – встраиваемая контрольно-измерительная система, основой которой является технология реконфигурируемого ввода/вывода NI RIO. Она состоит из шасси с встроенной ПЛИС, контроллера реального времени и модулей ввода/вывода (рис.12).

Ввиду пространственной распределенности исследуемых установок по значительной территории, не охватываемой единой оптоволоконной сетью, связь локальных измерительных комплексов с центральной платформой и сервером организована при помощи Wi-Fi каналов (рис.13).



Рис. 12. Внешний вид платформы.  
Fig. 12. The appearance of the platform.

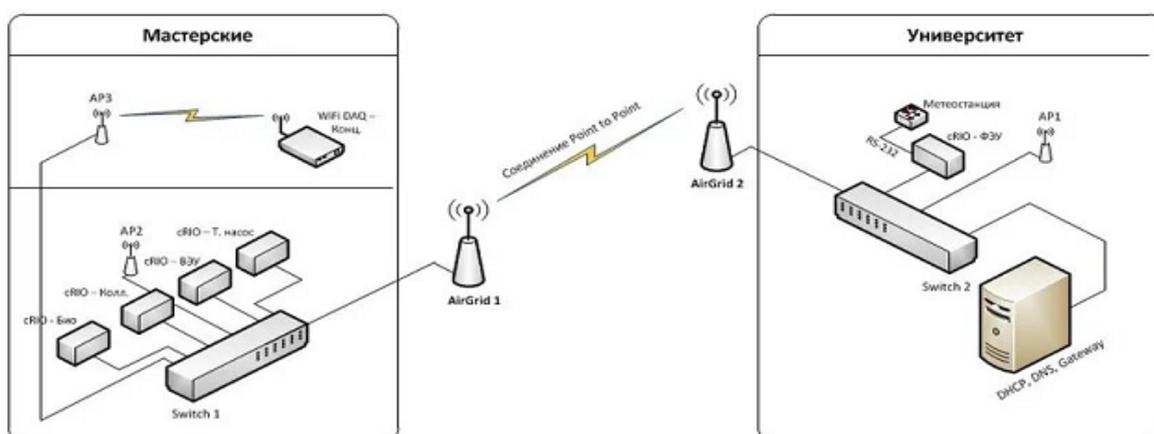


Рис.13 Размещение стенов на территории УрФУ.  
Fig.13. Accommodation of stands on the territory of UrFU.



Система осуществляет непрерывный сбор информации от более, чем 100 первичных преобразователей и 3 быстродействующих видеокамер, контролирующих параметры и изображения ветроэнергетических, фотоэлектрических, биогазовых и прочих исследовательских стендов возобновляемой энергетики, распределенных по территории ряда корпусов УрФУ (рис.5); хранит их и транслирует через каналы Wi-Fi на сервер и периферийные рабочие станции пользователей для последующего анализа и обработки.

Для оперативного мониторинга характеристик установок в среде LabVIEW разработан программный комплекс, экранный интерфейс которого представлен на рисунке 14.

При обращении к соответствующей установке справочная система интерфейса позволяет визуализировать конкретные точки и характеристики измеряемых параметров в виде блок-схемы измерений (рис. 15).

Система мониторинга позволяет с задаваемым временным интервалом от 1 сек до 1 месяца формировать массивы измеренных величин, производить из статистическую обработку, хранить данные первичных измерений и обработать результаты в буферной памяти сервера; Получать синхронную информацию об изменении климатических параметров и эффективности установок.

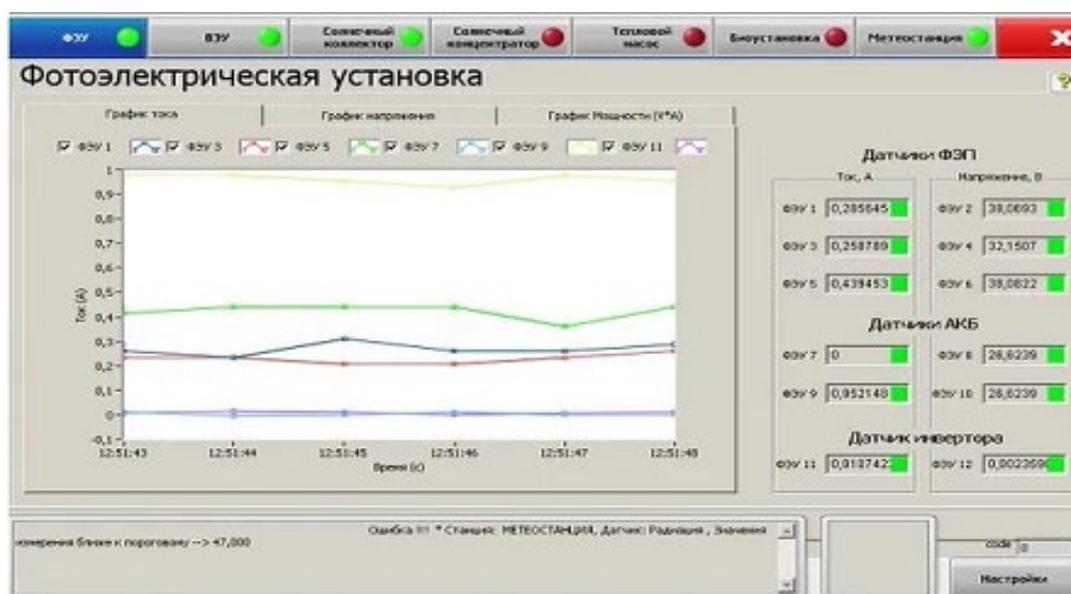


Рис. 14. Экранный интерфейс системы мониторинга.  
Fig. 14. The screen interface of the monitoring system.

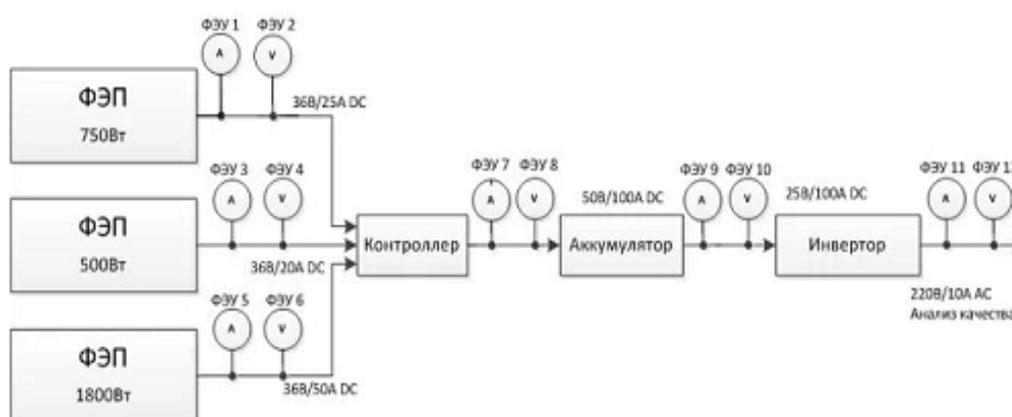


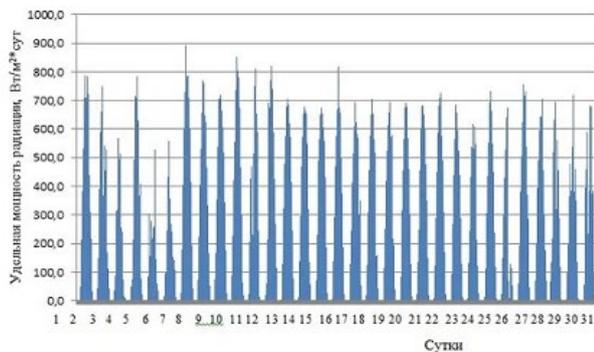
Рис.15. Схема точек измерения для фотоэлектрической станции.  
Fig.15. Measurement points for photovoltaic station.

### 3. Некоторые результаты экспериментальных исследований.

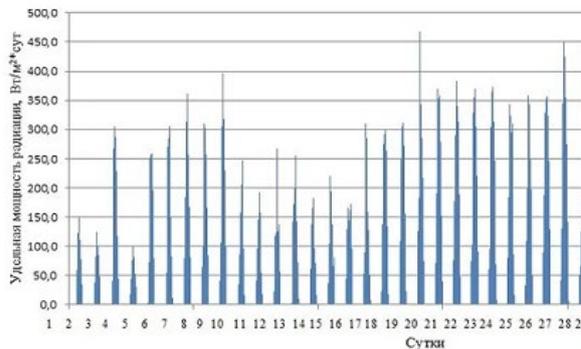
Ниже приведены примеры получения информации о приходе солнечной радиации для производства требуемого количества энергии и

определение необходимости и достаточности ее для энергообеспечения в годовом, месячном и суточном циклах.

На рисунках 16,17 приведены экспериментальные данные поступлений солнечной радиации по характерным месяцам летнего и зимнего периодов.



**Рис.16.** Удельная мощность поступления солнечной радиации для летнего месяца (июль 2014 г.)  
**Fig.16.** The specific capacity of solar radiation intake for the summer month (July 2014)

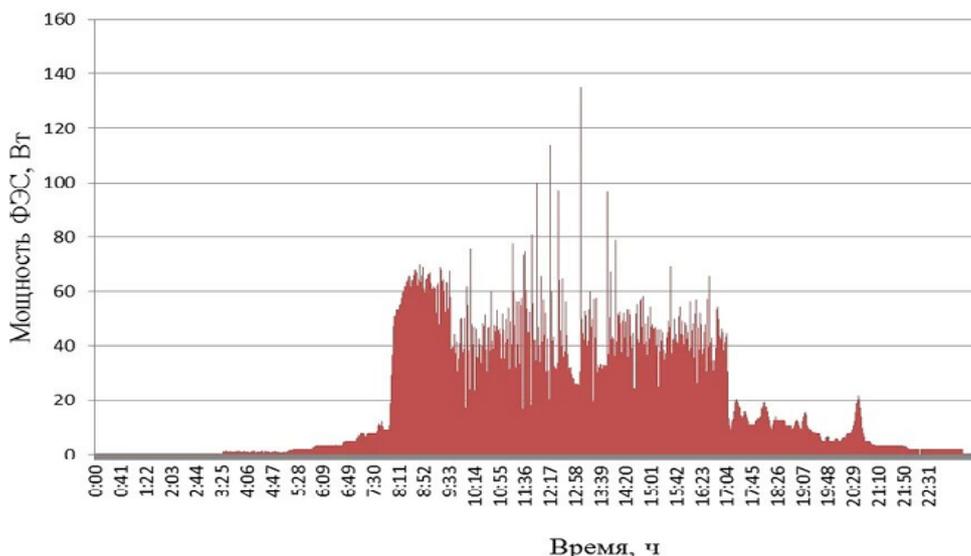


**Рис. 17.** Удельная мощность поступления солнечной радиации для зимнего месяца (февраль 2014 г.)  
**Fig. 17.** Solar radiation capacity for the winter month (February 2014)

Анализ результатов показывает существенное снижение удельной, суточной продолжительности поступления солнечной энергии мощности в зимний период. Данные результаты полностью подтверждают адекватность разработанной математической модели и адекватность прогнозирования на ее основе осредненных характеристик поступлений солнечной энергии. Однако полученные данные показывают наличие различия в поступлении энергии по дням

месяца, особенно значительное в зимние месяцы (рис.17). Данное обстоятельство указывает на необходимость иметь в составе системы энергоснабжения компенсирующий источник энергии на основе традиционных энергетических технологий.

Результаты исследования поступлений энергии по часам суток для летнего периода года приведены на рисунках.18,19.



**Рис.18.** Мощность тестовой ФЭС по часам суток 7.07.2014  
**Fig. 18.** Power of test FES by hours of the day 7.07.2014



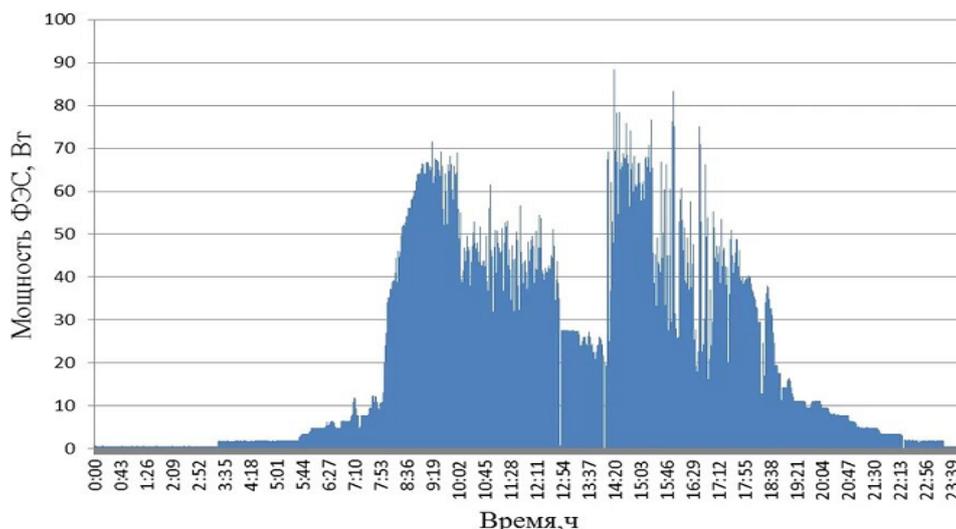


Рис.19. Мощность тестовой ФЭС по часам суток 9.07.2014  
 Fig. 19. Power of test FES by hours of the day 9.07.2014

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 теоретических значений 1,5- 2 раза.

Устойчивое энергообеспечение потребителей в условиях стохастического характера поступления энергии требует применения в составе системы энергоснабжения аккумулирующего устройства, способного к сглаживанию интегрированию колебаний поступления энергии солнца.

Выполненные исследования позволили разработать ряд технических решений, позволяющих обеспечить надежное энергообеспечение потребителей при комбинировании солнечной

энергетики с традиционными энергетическими технологиями [5-6].

На рисунке 20 приведена в качестве примера принципиальная схема комбинированной системы обеспечения тепловой энергией потребителей с использованием солнечных коллекторов. Данная система обеспечивает надежное производство тепла в летний период за счет использования энергии солнца и в зимний период за счет энергии газового топлива, либо работы теплового насоса. Бак аккумулятор- сглаживает неравномерность поступления солнечной энергии в суточном цикле и дает возможность накопления тепла за счет использования низкого ночного тарифа на электрическую энергию из энергосистемы в зимний период года.

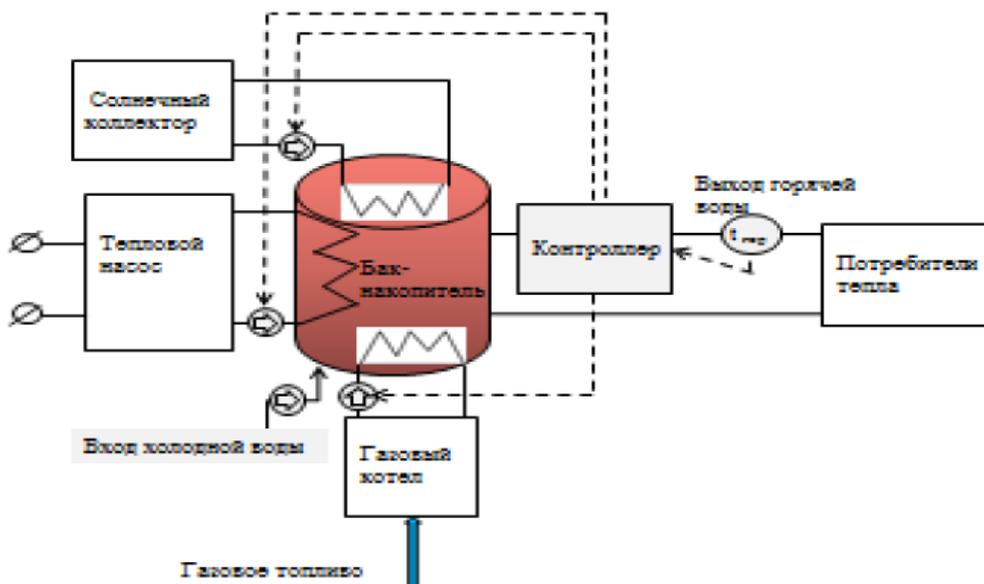


Рис.20. Схема комбинированной системы обеспечения тепловой энергией потребителей с использованием солнечных коллекторов.

Fig.20. Scheme of combined system of providing thermal energy to consumers using solar collectors.



#### 4. Практическое применение результатов исследований и разработок.

Использование массовой цифровизации исследований позволило быстро и с высокой надежностью обрабатывать новые конструкции установок и проверять эффективность новых идей. Только за последние 5 лет сотрудниками, аспирантами и студентами УрФУ было

зарегистрировано более 50 изобретений [7-68]. По поручению Правительства области и промышленных предприятий разработано более 10 проектов (в т.ч система автономного солнечного энергоснабжения аппарата искусственной вентиляции легких- «Фаза-21»). Реализован типовой проект энергоэффективного сельского дома с использованием ВИЭ (рис. 21).



**Рис.21.** Энергоэффективный сельский дом с использованием ВИЭ.  
**Fig..21.** Energy-efficient rural house using renewable energy.

*Работы УрФУ по разработке и внедрению установок возобновляемой энергии в жилищное строительство были удостоены Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского (рис. 22).*



**Рис.22.** Ректор УрФУ А.И. Матерн (2009г.) вручает профессору, д.т.н. В.И. Велькину диплом Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского  
**Fig. 22.** UrFU Rector A.I. Matern (2009) presents the professor, Dr. V.I. Velkin with a diploma of the National Environmental Award to them. V.I. Vernadsky



Решение многочисленных экспериментальных задач оказалось возможным благодаря опережающему созданию в УрФУ мощного, интегрального цифрового измерительного комплекса.

### Выводы.

Разработанная система цифрового мониторинга позволила осуществить реалистичную оценку применения в Уральском регионе различных технологий возобновляемой энергетики. Проверку эффективности новых конструкций установок для производства и аккумулирования энергии ВИЭ.

Полученные результаты указывают на целесообразность энергообеспечения в климатических зонах с суровым и резко-континентальным климатом гибридных установок ВИЭ, интегрированных с источникам энергии традиционного типа.

На основании полученных данных разработаны варианты оптимизированных для условиях сурового и резко-континентального климата конструкции, методология создания схем производства тепловой и электрической энергии с использованием ВИЭ, обеспечивающая наименьшие экономические затраты потребителей.

### Список литературы

1.Щеклеин С.Е., Власов В.В. Моделирование нестационарных случайных процессов в задачах обоснования возобновляемых источников энергии/Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). –2012. –№3. –С. 67-71

2.Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах / науч. ред. С.Е. Щеклеин. - Екатеринбург: УрФУ, –2015. –226 с

3.Shcheklein S.E., Nemikhin Y.E., Nevyantsev S.V., Korzhavin S.A., Postovalov A.O., Nosov D.A., Zagafuranova Y.Z. Renewable energy-based plant remote monitoring complex using wi-fi channels and elements of artificial vision/ WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. –Т. 190.– V. 2. –р. 1185-1194.

4.<http://www.ni.com>- сайт National instruments.

5.Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Обеспечение минимальных энергетических потребностей удаленного дома за счет солнечных ФЭП/Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE).–2012. –№ 3.– С.52-54

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

7.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Устройство для пассивного отвода избыточной тепловой энергии от объекта.Патент на изобретение RU 2711404 С1, 17.01.2020.

8.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Устройство для пассивного отвода избыточной тепловой энергии из внутреннего объема защитной оболочки объекта (варианты). Патент на изобретение RU 2682331 С1, 19.03.2019.

9.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Система регулируемого аварийного отвода энерговыделений активной зоны реактора АЭС. Патент на изобретение RU 2682722 С1, 21.03.2019.

10.Попов А.И., Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Кадочников А.Г., Кочнев И.В., Фархушин Р.С. Устройство для увеличения объемов извлекаемого биогаза с полигонов твердых бытовых отходов. Патент на изобретение RU 2700817 С1, 23.09.2019.

11.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Солнечный опреснитель с параболоцилиндрическими отражателями. Патент на изобретение RU 2668249 С1, 27.09.2018.

12.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Термосифон. Патент на изобретение RU 2646273 С1, 02.03.2018.

13.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Универсальный термоэнергетический генератор. варианты. Патент на изобретение RU 2650439 С1, 13.04.2018.

14.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Бурдин И.А., Горелый К.А. Ветрогидроэнергетическая установка на основе использования эффекта Магнуса. Патент на изобретение RU 2642996 С2, 29.01.2018.

15.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Устройство для получения льда, пресной воды и концентрации растворов вымораживанием. Патент на изобретение RU 2653166 С2, 07.05.2018.

16.Шагин А.Г., Щеклеин С.Е. Способ и устройство разогрева двигателей внутреннего сгорания. Патент на изобретение RU 2661561 С2, 17.07.2018.

17.Попов А.И., Щеклеин С.Е. V-образно спаренный шнековый движитель для плавсредств (варианты). Патент на изобретение RU 2613472 С , 16.03.2017.

18.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Бурдин И.А., Горелый К.А. Ветрогидроэнергетическая установка с составными лопастями, использующая в потоке эффект Магнуса (варианты). Патент на изобретение RU 2615287 С2 , 04.04.2017.

19.Ошканов Н.Н., Щеклеин С.Е., Попов А.И. Система аварийного отвода энерговыделений активной зоны реактора на быстрых нейтронах. Патент на изобретение RU 2622408 С 2, 15.06.2017.

20.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Плавниковый лопастной движитель для плавсредств надводного и подводного плавания (варианты). Патент на изобретение RU 2622519 С2 , 16.06.2017.

21.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Установка для отверждения жидких радиоактивных отходов. Патент на изобретение RU 2626385 С , 26.07.2017.

22.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Кольцевой регулируемый термосифон. Патент на изобретение RU 2608794 С2 , 24.01.2017.





- 23.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Велькин В.И. Шнековая волновая электростанция (варианты). Патент на изобретение RU 2608795 С, 24.01.2017.
- 24.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Бурдин И.А., Горелый К.А. Система ускоренной аэробной переработки биомассы. Патент на изобретение RU 2579787 С1, 10.04.2016.
- 25.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Бурдин И.А., Горелый К.А. Биобарабан для аэробной переработки сырья. Патент на изобретение RU 2579789 С1, 10.04.2016.
- 26.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Мобильная волновая электростанция. Патент на изобретение RU 2580251 С1, 10.04.2016.
- 27.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Велькин В.И. Волновая электростанция. Патент на изобретение RU 2592094 С1, 20.07.2016.
- 28.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Бурдин И.А., Горелый К.А. Реактор для аэробной ферментации биомассы. Патент на изобретение RU 2595143 С1, 20.08.2016.
- 29.Щеклеин С.Е., Стариков Е.В., Никитин А.Д. Парожидкостный двигатель. Патент на полезную модель RU 160724 У1, 27.03.2016.
- 30.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Бесплотинная ГЭС с принудительным разгоном текущего потока (варианты). Патент на изобретение RU 2596478 С2, 10.09.2016
- 31.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Проников И.А. Аккумулятор тепловой энергии периодического действия. Патент на изобретение RU 2537661 С1, 10.01.2015.
- 32.Щеклеин С.Е., Попов А.И., Велькин В.И., Арбузова Е.В., Бурдин И.А., Горелый К.А. Биогазовая установка. Патент на изобретение RU 2539100 С1, 10.01.2015.
- 33.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Гидроротор. Патент на полезную модель RU 150036 У1, 27.01.2015.
- 34.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Карусельный ветродвигатель. Патент на полезную модель RU 150169 У1, 10.02.2015.
- 35.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Роторный гидродвигатель. Патент на полезную модель RU 158063 У1, 20.12.2015.
- 36.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Солнечная установка для выработки спирта и сопутствующих материалов. Патент на изобретение RU 2505520 С1, 27.01.2014.
- 37.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Термоэнергетическая ветроустановка. Патент на изобретение RU 2505704 С1, 27.01.2014.
- 38.Попов А.И., Щеклеин С.Е., Бурдин И.А., Горелый К.А. Анаэробный реактор. Патент на изобретение RU 2518307 С1, 10.06.2014.
- 39.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Ветродвигатель с эффектом Магнуса (варианты). Патент на изобретение RU 2526127 С2, 20.08.2014.
- 40.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Низкооборотный генератор для ветросиловой установки. Патент на изобретение RU 2531841 С2, 27.10.2014.
- 41.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Минитеплоцентральный для выравнивания графика нагрузки в электрических сетях. Патент на изобретение RU 2532639 С2, 10.11.2014.
- 42.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Мини-ГЭС. Патент на изобретение RU 2533281 С2, 20.11.2014.
- 43.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Система аккумулирования возобновляемой энергии. Патент на изобретение RU 2534590 С2, 27.11.2014.
- 44.Попов А.И., Щеклеин С.Е., Бурдин И.А., Горелый К.А. Реактор анаэробной переработки биомассы. Патент на изобретение RU 2536988 С2, 27.12.2014.
- 45.Попов А.И., Щеклеин С.Е., Бурдин И.А., Горелый К.А., Овчинник Д.А. Газгольдер. Патент на полезную модель RU 142512 У1, 27.06.2014.
- 46.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Преобразователь энергии потока с использованием свойств ленты Мебиуса. Патент на полезную модель RU 143124 У1, 20.07.2014.
- 47.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Роторный ветродвигатель с ветронаправляющим экраном. Патент на изобретение RU 2474725 С2, 10.02.2013.
- 48.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Ветроэнергетическая установка. Патент на полезную модель RU 125263 У1, 27.02.2013.
- 49.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Секция роторной гидротурбины. Патент на полезную модель RU 128250 У1, 20.05.2013.
- 50.Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Попов А.И. Солнечный коллектор с теплообменом в жидких пленках. Патент на полезную модель RU 128297 У1, 20.05.2013.
- 51.Щеклеин С.Е., Попов А.И. Индукторный генератор (варианты) Патент на полезную модель RU 131250 У1, 10.08.2013.
- 52.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Роторный ветрогидродвигатель. Патент на изобретение RU 2464443 С1, 20.10.2012.
- 53.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Солнечный коллектор-опреснитель. Патент на полезную модель RU 115451 У1, 27.04.2012.
- 54.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Роторный ветрогидродвигатель с принудительной установкой лопастей. Патент на полезную модель RU 117523 У1, 27.06.2012.
- 55.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Преобразователь энергии потока. Патент на полезную модель RU 101739 У1, 27.01.2011.
- 56.Попов А.И., Щеклеин С.Е. Рукавная деривационная мини ГЭС. Патент на полезную модель RU 104250 У1, 10.05.2011.
- 57.Попов А.И., Щеклеин С.Е., Попов Д.А. Бесплотинная шнековая гидроэлектростанция. Патент на полезную модель RU 94642 У1, 27.05.2010.



58. Зарипова Н.П., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е. Смеситель. Патент на изобретение RU 2362617 C2, 27.07.2009.

59. Попов А.И., Щеклеин С.Е., Каширин А.В., Попов Д.А. Ветрогидродвигательная установка. Патент на полезную модель RU 82782 U1, 10.05.2009.

60. Попов А.И., Щеклеин С.Е., Попов Д.А. Ветроколесо для ветродвигателя с регулированием парусности. Патент на полезную модель RU 89182 U1, 27.11.2009.

61. Щеклеин С.Е., Стариков Е.В., Петров А.С., Четвертаков Д.С., Ухов А.Л. Импульсный паровой двигатель. Патент на полезную модель RU 70694 U1, 10.02.2008.

62. Гарбузов В.Г., Смирнов Л.Н., Щеклеин С.Е. Способ прямого преобразования тепла в электрическую энергию переменного трехфазного тока. Патент на изобретение RU 2310253 C2, 10.11.2007.

63. Велькин В.И., Тягунов Г.В., Щеклеин С.Е., Ухов А.Л. Энергоэффективный дом. Патент на полезную модель RU 61760 U1, 10.03.2007.

64. Щеклеин С.Е., Власов В.В. Устройство системы резервного электроснабжения на основе источников разного принципа действия. Патент на полезную модель RU 63614 U1, 27.05.2007.

65. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Школьный А.В., Чулков Д.В., Кириллов М.П., Чебыкин А.В. Завихритель. Патент на полезную модель RU 54643 U1, 10.07.2006.

66. Щеклеин С.Е., Бегалов В.А., Ухов А.Л. Устройство системы ветрозащиты и утилизации воздушных масс. Патент на полезную модель RU 57841 U1, 27.10.2006.

67. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Ухов А.Л. Дом для легкового автомобиля. Патент на полезную модель RU 59486 U1, 27.12.2006.

68. Стариков Е.В., Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Гелиотроп. Патент на полезную модель RU 47496 U1, 27.08.2005.

## References

1. Shcheklein S.E., Vlasov V.V. Modelirovanie nestatsionarnykh sluchainykh protsessov v zadachakh obosnovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii/ Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal «Al'ternativnaya ehnergetika i ehkologiya» (ISJAEE). –2012. –№3. –S. 67-71

2. Vel'kin V.I. Metodologiya rascheta kompleksnykh sistem VIEH dlya ispol'zovaniya na avtonomnykh ob'ektakh / nauch. red. S.E. Shcheklein. - Ekaterinburg: URFU, – 2015. –226 s

3. Shcheklein S.E., Nemikhin Y.E., Nevyantsev S.V., Korzhavin S.A., Postovalov A.O., Nosov D.A., Zagafuranova Y.Z. Renewable energy-based plant remote monitoring complex using wi-fi channels and elements of artificial vision/ WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. –T. 190.– V. 2. –r. 1185-1194.

4. <http://www.ni.com>- sait National instruments.

5. Vel'kin V.I., Shcheklein S.E. Obespechenie minimal'nykh ehnergeticheskikh potrebnosti udalennogo

doma za schet solnechnykh FEHP/Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal «Al'ternativnaya ehnergetika i ehkologiya» (ISJAEE). – 2012. –№ 3.– S.52-54

6. Matveev A.V., Shcheklein S.E., Pakhaluev V.M. Ehnergoehffektivnyi dom s sistemoi solnechnogo goryachego vodosnabzheniya/Promyshlennaya ehnergetika. –2008.– № 6. –S.52-55

7. Popov A.I., Shcheklein S.E. Ustroistvo dlya passivnogo otvoda izbytochnoi teplovoi ehnergii ob"ekta. Patent na izobretenie RU 2711404 C1, 17.01.2020.

8. Shcheklein S.E., Popov A.I. Ustroistvo dlya passivnogo otvoda izbytochnoi teplovoi ehnergii iz vnutrennego ob"ema zashchitnoi obolochki ob"ekta (varianty). Patent na izobretenie RU 2682331 C1, 19.03.2019.

9. Shcheklein S.E., Popov A.I. Sistema reguliruemogo avariinogo otvoda ehnergovydelenii aktivnoi zony reaktora AEHS. Patent na izobretenie RU 2682722 C1, 21.03.2019.

10. Popov A.I., Shcheklein S.E., Nemikhin YU.E., Kadochnikov A.G., Kochnev I.V., Farkhushin R.S. Ustroistvo dlya uvelicheniya ob'emov izvlekaemogo biogaza s poligonov tverdykh bytovykh otkhodov. Patent na izobretenie RU 2700817 C1, 23.09.2019.

11. Popov A.I., Shcheklein S.E. Solnechnyi opresnitel' s parabolotsilindricheskimi otrazhatel'nyimi. Patent na izobretenie RU 2668249 C1, 27.09.2018.

12. Popov A.I., Shcheklein S.E. Termosifon. Patent na izobretenie RU 2646273 C1, 02.03.2018.

13. Popov A.I., Shcheklein S.E. Universal'nyi termoehnergeticheskii generator. varianty. Patent na izobretenie RU 2650439 C1, 13.04.2018.

14. Shcheklein S.E., Popov A.I., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Vetrogidroehtnergeticheskaya ustanovka na osnove ispol'zovaniya ehffekta Magnusa. Patent na izobretenie RU 2642996 C2, 29.01.2018.

15. Popov A.I., Shcheklein S.E. Ustroistvo dlya polucheniya l'da, presnoi vody i kontsentratsii rastvorov vymorazhivaniem. Patent na izobretenie RU 2653166 C2, 07.05.2018.

16. Shastin A.G., Shcheklein S.E. Sposob i ustroistvo razogreva dvigatelei vnutrennego sgoraniya. Patent na izobretenie RU 2661561 C2, 17.07.2018.

17. Popov A.I., Shcheklein S.E. V-obrazno sparenniy shnekoviy dvizhitel' dlya plavsredstv (varianty). Patent na izobretenie RU 2613472 C, 16.03.2017.

18. Shcheklein S.E., Popov A.I., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Vetrogidroehtnergeticheskaya ustanovka s sostavnymi lopast'yami, ispol'zuyushchaya v potoke ehffekt Magnusa (varianty). Patent na izobretenie RU 2615287 C2, 04.04.2017.

19. Oshkanov N.N., Shcheklein S.E., Popov A.I. Sistema avariinogo otvoda ehnergovydelenii aktivnoi zony reaktora na bystrykh neutronakh. Patent na izobretenie RU 2622408 C 2, 15.06.2017.

20. Popov A.I., Shcheklein S.E. Plavnikoviy lopastnoi dvizhitel' dlya plavsredstv nadvodnogo i podvodnogo plavaniya (varianty). Patent na izobretenie RU 2622519 C216.06.2017.



21. Popov A.I., Shcheklein S.E. Ustanovka dlya otverzheniya zhidkikh radioaktivnykh otkhodov. Patent na izobretenie RU 2626385 C, 26.07.2017.
22. Shcheklein S.E., Popov A.I. Kol'tsevoi reguliruemyi termosifon. Patent na izobretenie RU 2608794 C2, 24.01.2017.
23. Shcheklein S.E., Popov A.I., Vel'kin V.I. Shnekovaya volnovaya ehlektrostantsiya (varianty). Patent na izobretenie RU 2608795 C, 24.01.2017.
24. Shcheklein S.E., Popov A.I., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Sistema uskorennoi aehrobnoi pererabotki biomassy. Patent na izobretenie RU 2579787 C1, 10.04.2016.
25. Shcheklein S.E., Popov A.I., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Biobaraban dlya aehrobnoi pererabotki syr'ya. Patent na izobretenie RU 2579789 C1, 10.04.2016.
26. Shcheklein S.E., Popov A.I. Mobil'naya volnovaya ehlektrostantsiya. Patent na izobretenie RU 2580251 C1, 10.04.2016.
27. Shcheklein S.E., Popov A.I., Vel'kin V.I. Volnovaya ehlektrostantsiya. Patent na izobretenie RU 2592094 C1, 20.07.2016.
28. Shcheklein S.E., Popov A.I., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Reaktor dlya aehrobnoi fermentatsii biomassy. Patent na izobretenie RU 2595143 C1, 20.08.2016.
29. Shcheklein S.E., Starikov E.V., Nikitin A.D. Parozhidkostnyi dvigatel'. Patent na poleznuyu model' RU 160724 U1, 27.03.2016.
30. Shcheklein S.E., Popov A.I. Besplotinnaya GEHS s prinuditel'nym razgonom tekushchego potoka (varianty). Patent na izobretenie RU 2596478 C2, 10.09.2016.
31. Shcheklein S.E., Popov A.I., Pronikov I.A. Akkumulyator teplovoi ehnergii periodicheskogo deistviya. Patent na izobretenie RU 2537661 C1, 10.01.2015.
32. Shcheklein S.E., Popov A.I., Vel'kin V.I., Arbuzova E.V., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Biogazovaya ustanovka. Patent na izobretenie RU 2539100 C1, 10.01.2015.
33. Shcheklein S.E., Popov A.I. Gidrorotor. Patent na poleznuyu model' RU 150036 U1, 27.01.2015.
34. Shcheklein S.E., Popov A.I. Karusel'nyi vetrodvigatel'. Patent na poleznuyu model' RU 150169 U1, 10.02.2015.
35. Popov A.I., Shcheklein S.E. Rotornyi gidrodvigatel'. Patent na poleznuyu model' RU 158063 U1, 20.12.2015.
36. Shcheklein S.E., Popov A.I. Solnechnaya ustanovka dlya vyrabotki spirta i sopushtvuyushchikh materialov. Patent na izobretenie RU 2505520 C1, 27.01.2014.
37. Shcheklein S.E., Popov A.I. Termoehnergeticheskaya vetroustanovka. Patent na izobretenie RU 2505704 C1, 27.01.2014.
38. Popov A.I., Shcheklein S.E., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Anaehrobnyi reaktor. Patent na izobretenie RU 2518307 C1, 10.06.2014.
- gidroelektrostantsiya. Patent na poleznuyu model' RU 94642 U1, 27.05.2010.
39. Shcheklein S.E., Popov A.I. Vetrodvigatel' s ehffektom Magnusa (varianty). Patent na izobretenie RU 2526127 C2, 20.08.2014.
40. Shcheklein S.E., Popov A.I. Nizkooborotnyi generator dlya vetrosilovoi ustanovki. Patent na izobretenie RU 2531841 C2, 27.10.2014.
41. Popov A.I., Shcheklein S.E. Minitplotsentral' dlya vyravnivaniya grafika nagruzki v ehlektricheskikh setyakh. Patent na izobretenie RU 2532639 C2, 10.11.2014.
42. Shcheklein S.E., Popov A.I. Mini-GEHS. Patent na izobretenie RU 2533281 C2, 20.11.2014.
43. Shcheklein S.E., Popov A.I. Sistema akkumulirovaniya vozobnovlyaemoi ehnergii. Patent na izobretenie RU 2534590 C2, 27.11.2014.
44. Popov A.I., Shcheklein S.E., Burdin I.A., Gorelyi K.A. Reaktor anaehrobnoi pererabotki biomassy. Patent na izobretenie RU 2536988 C2, 27.12.2014.
45. Popov A.I., Shcheklein S.E., Burdin I.A., Gorelyi K.A., Ovchinnik D.A. Gazgol'der. Patent na poleznuyu model' RU 142512 U1, 27.06.2014.
46. Shcheklein S.E., Popov A.I. Preobrazovatel' ehnergii potoka s ispol'zovaniem svoistv lenty Mebiusa. Patent na poleznuyu model' RU 143124 U1, 20.07.2014.
47. Popov A.I., Shcheklein S.E. Rotornyi vetrodvigatel' s vetronapravlyayushchim ehkranom. Patent na izobretenie RU 2474725 C2, 10.02.2013.
48. Shcheklein S.E., Popov A.I. Vetroehnergeticheskaya ustanovka. Patent na poleznuyu model' RU 125263 U1, 27.02.2013.
49. Shcheklein S.E., Popov A.I. Sektsiya rotornoj gidroturbiny. Patent na poleznuyu model' RU 128250 U1, 20.05.2013.
50. Vel'kin V.I., Shcheklein S.E., Popov A.I. Solnechnyi kollektor s teploobmenom v zhidkikh plenkakh. Patent na poleznuyu model' RU 128297 U1, 20.05.2013.
51. Shcheklein S.E., Popov A.I. Induktornyi generator (varianty) Patent na poleznuyu model' RU 131250 U1, 10.08.2013.
52. Popov A.I., Shcheklein S.E. Rotornyi vetrogidrodvigatel'. Patent na izobretenie RU 2464443 C1, 20.10.2012.
53. Popov A.I., Shcheklein S.E. Solnechnyi kollektor-opresnitel'. Patent na poleznuyu model' RU 115451 U1, 27.04.2012.
54. Popov A.I., Shcheklein S.E. Rotornyi vetrogidrodvigatel' s prinuditel'noi ustanovkoi lopastei. Patent na poleznuyu model' RU 117523 U1, 27.06.2012.
55. Popov A.I., Shcheklein S.E. Preobrazovatel' ehnergii potoka. Patent na poleznuyu model' RU 101739 U1, 27.01.2011.
56. Popov A.I., Shcheklein S.E. Rukavnaya derivatsionnaya mini GEHS. Patent na poleznuyu model' RU 104250 U1, 10.05.2011.
57. Popov A.I., Shcheklein S.E., Popov D.A. Besplotinnaya shnekovaya
58. Zaripova N.P., Shastin A.G., Shcheklein S.E. Smesitel'. Patent na izobretenie RU 2362617 C2, 27.07.2009



59. Popov A.I., Shcheklein S.E., Kashirin A.V., Popov D.A. Vetrogidrodvigateľ'naya ustanovka. Patent na poleznuyu model' RU 82782 U1, 10.05.2009.

60. Popov A.I., Shcheklein S.E., Popov D.A. Vetrokoleso dlya vetrodvigatelya s regulirovaniem parusnosti. Patent na poleznuyu model' RU 89182 U1, 27.11.2009.

61. Shcheklein S.E., Starikov E.V., Petrov A.S., Chetvertakov D.S., Ukhov A.L. Impul'snyi parovoi dvigateľ'. Patent na poleznuyu model' RU 70694 U1, 10.02.2008.

62. Garbuzov V.G., Smirnov L.N., Shcheklein S.E. Sposob pryamogo preobrazovaniya tepla v ehlektricheskuyu ehnergiyu peremennogo trekhfaznogo toka. Patent na izobretenie RU 2310253 C2, 10.11.2007.

63. Vel'kin V.I., Tyagunov G.V., Shcheklein S.E., Ukhov A.L. Ehnergoehffektivnyi dom.

Patent na poleznuyu model' RU 61760 U1, 10.03.2007.

64. Shcheklein S.E., Vlasov V.V. Ustroistvo sistemy rezervnogo ehlektrosnabzheniya na osnove istochnikov raznogo printsipa deistviya. Patent na poleznuyu model' RU 63614 U1, 27.05.2007.

65. Vel'kin V.I., Shcheklein S.E., Shkol'nyi A.V., Chulkov D.V., Kirillov M.P., Chebykin A.V. Zavikhritel'. Patent na poleznuyu model' RU 54643 U1, 10.07.2006.

66. Shcheklein S.E., Begalov V.A., Ukhov A.L. Ustroistvo sistemy vetrozashchity i utilizatsii vozdushnykh mass. Patent na poleznuyu model' RU 57841 U1, 27.10.2006.

67. Shcheklein S.E., Nemikhin YU.E., Ukhov A.L. Dom dlya legkovo avtomobilya. Patent na poleznuyu model' RU 59486 U1, 27.12.2006.

68. Starikov E.V., Vel'kin V.I., Shcheklein S.E. Geliotrop. Patent na poleznuyu model' RU 47496 U1, 27.08.2005.

Транслитерация по BSI



## Саудовская Аравия осторожно взялась за атомную энергетику

*Саудовская Аравия в условиях нестабильного нефтяного рынка хочет продвигаться в развитии атомной энергетики.*

Страна обладает большими запасами урана, которые по оценке экспертов составляют порядка 5-7% от общемировых. В условиях глобального энергоперехода и отказа от использования ископаемых источников топлива ядерная энергетика может стать для Саудовской Аравии наиболее оптимальным вариантом диверсификации экономики. Королевство неоднократно заявляло, что готово реализовать на своей территории атомный проект полного цикла: добыча урана, обогащение, использование урана в реакторах и приобретение технологий и строительство АЭС.

Еще в 2018 году Саудовская Аравия объявила предквалификационный отбор на создание двух АЭС. Общая мощность реакторов должна составить 3 ГВт, обе станции планируется построить на побережье Персидского залива. Предквалификационный отбор прошли российский «Росатом», американская Westinghouse Electric, китайская China National Nuclear, южнокорейская Керсо и французская EDF. Контракты на проектирование и строительство планировалось заключить до конца 2022 года.

Однако Саудовская Аравия до сих пор не объявила об окончательном тендере на строительство АЭС. «В атомной энергетике мы двигаемся осторожно. Это нечто новое. Я часто описываю Саудовскую Аравию и Saudi Aramco как крупный авианосец — чтобы разогнать, нужно много усилий, но если пошел, то пошел», — пояснил в сентябре этого года министр энергетики королевства Абдель Азиз бен Сальман Аль Сауд.

В декабре этого года королевство вернулось к теме строительства атомных станций. Во время визита в Эр-Рияд вице-премьера РФ Александра Новака стороны отметили, что Россия и Саудовская Аравия считают перспективным сотрудничество не только в нефтяной отрасли, но и в атомной энергетике.

«Перспективным остаётся развитие взаимодействия двух стран в атомной промышленности», — сообщила пресс-служба правительства РФ по итогам переговоров А. Новака с принцем Абдель Азизом Бен Сальманом Аль Саудом.

При этом Эр-Рияд говорил, что «Росатом», скорее всего, войдет в третий квалификационный отбор на строительство АЭС.

[globalenergyprize.org](http://globalenergyprize.org)

