



**ОПЫТ УрФУ ПО ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ
ДЛЯ НОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

В.А. Кокшаров, С.Е. Щеклеин, Н.И. Данилов

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002 Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
Тел: (343) 375-95-08, e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Заключение совета рецензентов: 24.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

В статье представлены данные о работах, проводимых в Уральском Федеральном университете, по освоению новых технологий в атомной и возобновляемой энергетике, а также некоторые результаты работ по решению задач энергосбережения в вузах, промышленности и ЖКХ Свердловской области. Работы ученых УрФУ по данным направлениям связаны с разработкой теоретических и методологических основ новых технологий, разработкой конструкций новых систем преобразования природной энергии в полезные формы; разработкой технологий интеграции нерегулярных приходов возобновляемой энергии в существующие системы жизнеобеспечения.

Ключевые слова: новые технологии, образование, энергоэффективность.

**UrFU EXPERIENCE IN TRAINING FOR INNOVATION ENERGY TECHNOLOGIES
AND IMPROVE ENERGY EFFICIENCY**

V.A. Koksharov, S.E. Shcheklein, N.I. Danilov

Urals Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin
19 Mira str., Ekaterinburg, 620002, Russia
Tel.: (343) 375-95-08, e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Referred: 24.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

The article presents the work carried out in the Ural Federal University on the development of new technologies in the nuclear and renewable energy, as well as some results of studies on the challenges energy saving in universities, industry and housing and communal services of Sverdlovsk region. The work of scientists UrFU in these destinations are associated with the development of theoretical and methodological foundations of new technologies, development of new systems designs transform natural energy into useful form; development of technologies for the integration of irregular parishes of renewable energy in existing life support systems.

Keywords: new technologies, education, energy efficiency.



Виктор Анатольевич
Кокишаров
Victor A. Koksharov

Сведения об авторе: канд. ист. наук, ректор Уральского федерального университета (1986). Награжден орденом Святого Благоверного Князя Даниила Московского II степени.

Образование: Уральский гос. университет (1986).

Область научных интересов: инновационные технологии в науке, технике и образовании, эффективность управления, энергоэффективность, международное сотрудничество.

Публикации: более 50.

Information about the author: Candidate of Historical Sciences, Rector of Ural Federal University. Awarded by the Order of the Holy Prince Daniel of Moscow II degree.

Education: Ural State University (1986).

Research area: innovative technologies in science, machines and education, managerial efficiency, energy performance, international cooperation.

Publications: more than 50.



Сергей Евгеньевич
Щеклеин
Sergey E. Shcheklein

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

Научный руководитель ряда реализованных инновационных проектов, в т. ч. «Энергоэффективный дом для села», «Системы солнечного энергоснабжения автономных потребителей специального назначения», «Солнечные системы охранной сигнализации» и др.

Член редколлегии журнала «Известия вузов. Ядерная энергетика», сборника трудов УГТУ-УПИ «Теплофизика ядерных энергетических установок», научно-технического журнала «Энергоэффективность и анализ». Заслуженный энергетик России, действительный член Международной энергетической академии.

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

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, энергосбережение, энергоэффективность.

Публикации: более 450, в том числе 6 монографий и учебников, 28 изобретений.

Information about the author: doctor of technical science, professor, Urals State Technical University "Atomic Stations and Renewable Energy Sources" Department head.

A scientific director of several realized innovation projects, including "The energoefficient house for the village", "Special systems of individual consumer solar energy supply", "The solar systems for the guarding alarm" etc.

A member of the editorial board of "Institute of Higher Education News. Nuclear Power" magazine, "Nuclear power units heat engineering" USTU article collection, "Energoeffectiveness and analysis" scientific magazine. A Honoured power engineering specialist of Russian Federation, a member of International Energy Academy.

Education: Urals Polytechnic Institute (1972).

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, energy conservation, energy efficiency.

Publications: more than 450 scientific works, including 6 monographs and textbooks, 28 inventions.



Николай Игоревич
Данилов
Nikolay I. Danilov

Сведения об авторе: д-р экон. наук, профессор, Заслуженный экономист РФ (1996), награжден Орденом Почета (2000), знаком отличия «За безупречную службу. XXV лет» (2005), знаком отличия «За заслуги перед Свердловской областью» III степени (2009), памятными медалями Готфрида Вильгельма фон Лейбница (2011), Александра фон Гумбольдта (2013) и Владимира Вернадского (2014) Европейской академии естественных наук; профессор-консультант кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского энергетического института УрФУ, научный руководитель, председатель коллегии, член коллегии Некоммерческого партнерства «Союз «Энергоэффективность», зав. кафедрой «Энергосбережение» УрФУ (1999-2014), инициатор создания ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения», первый директор, научный руководитель, главный специалист (2009-2013).

Образование: Ленинградский электротехнический институт (ЛЭТИ), 1969.

Область научных интересов: проблемы устойчивого развития промышленного региона, повышение энергоэффективности региональной экономики, научные и методические основы формирования и оптимизации топливно-энергетического баланса региона, внедрение методов энергетического анализа хозяйственной деятельности, разработка и внедрение системы энергетического менеджмента, региональных программ энергосбережения, системы непрерывного образования в сфере энергосбережения.

Публикации: более 300 научных статей и докладов, 50 монографий, учебных, справочных и учебно-методических пособий.

Information about the author: Doctor of Economical Sciences (PhD), Professor, the Deserved economist of the Russian Federation (1996), he was awarded the Order of Honour (2000), the official insignia "For faultless service. XXV years" (2005), the official insignia "Merit for the Sverdlovsk region" III degree (2009), commemorative medals of the European Academy of natural Sciences: Gottfried Wilhelm von Leibniz (2011), Alexander von Humboldt (2013) and Vladimir Vernadsky (2014); Consultant Professor of the Academic Department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Ural power engineering Institute UrFU, scientific director, chairman of the board, member of the Board of Non-Commercial Partnership "Union" Energy", head of Department "Energy Saving" (1999-2014), the initiator of creation of the State Budget Institution of Sverdlovsk region "Institute of energy saving", the first Director, scientific director, chief specialist (2009-2013).

Education: Leningrad Electrotechnical Institute (LETI), 1969.

Research area: problems of sustainable development of the industrial region, improvement of energy efficiency of the regional economy, scientific and methodical bases of formation and optimization of the energy balance in the region, introduction of methods of energy analysis of economic activities, development and implementation of energy management systems, regional energy efficiency programs, continuing education system in the field of energy saving.

Publications: more than 300 scientific articles and conference papers, 50 monographs, academic, reference books and textbooks.

Введение

Как известно, современная энергетика большинства стран мира (в том числе и в России) базируется в основном на органических видах топлив. Продолжающийся в последние 50 лет поиск новых энергетических возможностей крупномасштабного энергетического

производства показал реальную возможность применения для этих целей ядерной энергии. Однако использование атомной энергетики (как и энергетики на органическом топливе) ограничивается природными запасами изотопа урана-235 (рис. 1).

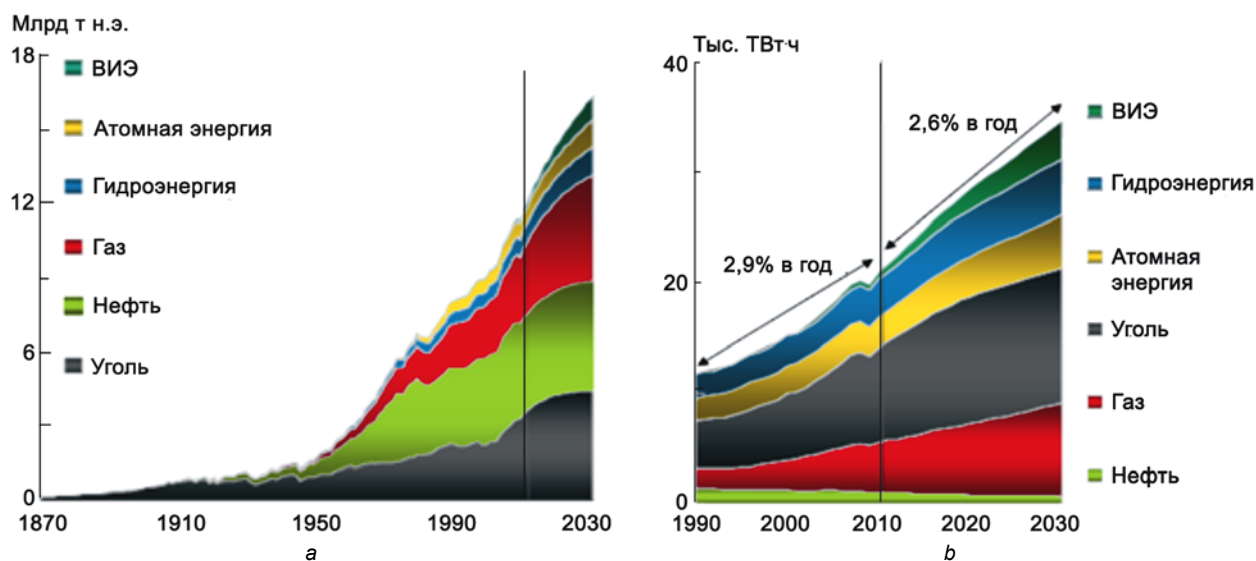
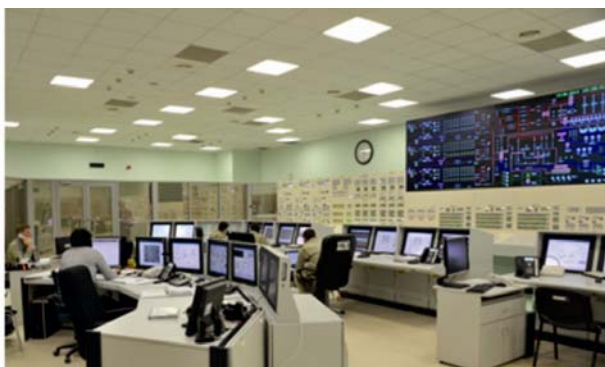


Рис. 1. Мировое потребление энергии (а) и производство электроэнергии (б) (по данным BP [1])
Fig. 1. World energy consumption (a) and electricity generation (b) (according to BP [1])



a



b

Рис. 2. Общий вид (a) и блочный щит управления (b) энергоблока БН 800 Белоярской АЭС
Fig. 2. General view (a) and the unit control board (b) of the BN-800 power unit of the Beloyarsk NPP

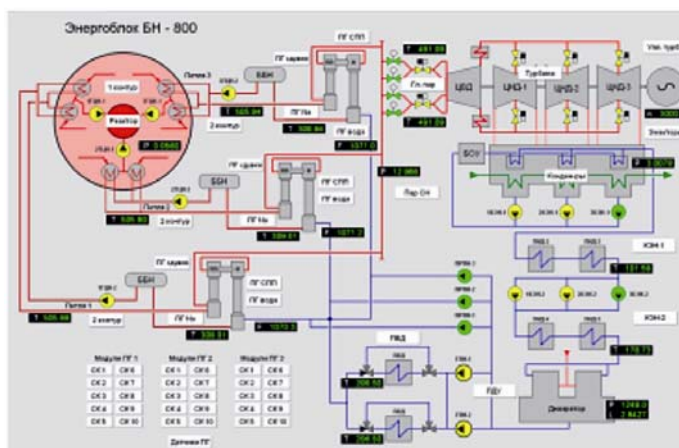


Рис. 3. Тренажерный комплекс управления энергоблоком БН 800
Fig. 3. BN-800 power unit control complex simulator

По оценкам [2, 3], современный уровень потребления урана-235 обеспечит существование отрасли не более чем на 40-50 лет. Одним из перспективных путей решения данной проблемы является разработка и широкомасштабное использование ядерных реакторов-размножителей (бридеров), способных производить из распространенного в природе изотопа урана-238 искусственного ядерного топлива – плутония. Плутониевое или смешанное уран-плутониевое топливо может успешно применяться практически на всех типах существующих АЭС, расширяя эру атомной энергетики на столетия. В России создана и в течение более чем 30 лет успешно работает на Белоярской площадке вблизи г. Екатеринбурга АЭС (БАЭС) с ядерным реактором на быстрых нейтронах – БН 600 (рис. 2). Опыт эксплуатации БН 600 показывает беспрецедентно высокие экологические параметры установки [4]. В 2014 г. введен в эксплуатацию новый энергоблок такого типа БН 800. В завершающей стадии проектирования находится ядерный энергоблок БН 1200.

Разработка и промышленная верификация данного типа АЭС направлена на решение ключевой про-

блемы атомной энергетики мира – ликвидации надвигающегося дефицита энергетического урана-235.

Ученые и преподаватели УрФУ внесли и продолжают вносить вклад в научную и инженерно-техническую поддержку развития этого направления. Сотрудниками БАЭС под руководством преподавателей кафедры защищено более 10 кандидатских и докторских диссертаций по данной тематике.

Особенно значителен вклад УрФУ, основного вуза России по подготовке специалистов для сооружения, наладки и эксплуатации энергоблоков АЭС с реакторами-размножителями на быстрых нейтронах, в комплектацию персонала инновационных энергоблоков. По этому направлению вуз располагает уникальной тренажерной базой, стендами-имитаторами оборудования и процессов (рис. 3).

Научная школа УрФУ по безопасности и эффективности АЭС объединяет в себе все современные достижения науки и техники в области управления экологической безопасностью ядерной системы, включая вопросы оптимизации радиационной защиты (в том числе создание новых защитных материалов, оптимизацию радиационных нагрузок методами

математического моделирования), переработки и кондиционирования радиоактивных отходов. Планируемые научные исследования нацелены также на реализацию проекта ядерной системы четвертого поколения с реакторными установками на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (БН 1200), включая программы управления знаниями и системной подготовки специалистов для данного направления.

К числу новых энергетических технологий принято относить возобновляемые источники энергии, основанные на преобразовании энергии солнца, ветра, теплоты земли, речных и океанических течений и волн в полезную электрическую и тепловую форму. Технический потенциал таких источников энергии для территории России чрезвычайно велик и оценивается на уровне более 4000 т у.т., что превосходит суммарное потребление всех ТЭС и АЭС страны более чем в 4 раза [5].

Работы ученых УрФУ по этому направлению связаны с разработкой конструкций новых систем преобразования природной энергии в полезные формы; разработкой технологий интеграции нерегулярных приходов возобновляемой энергии в существующие системы жизнеобеспечения.

Для решения этих задач в УрФУ созданы учебные и натурные полигоны, оснащенные рядом уста-

новок и систем возобновляемой энергетики. Основной полигон УрФУ оборудован рядом установок разного типа, данные с которых собираются и передаются в единый центр сбора и обработки информации (рис. 4).

Имеющиеся возможности быстрого получения количественной информации о климатических характеристиках (ветер, солнце, температура, влажность и пр.) с синхронным измерением параметров эффективности энергетических установок предоставляют возможности оптимизации конструкций последних, проведение верификационных исследований новых конструкций. В период с 2010 по 2014 гг. УрФУ зарегистрировано более 20 патентов на изобретения новых типов установок возобновляемой энергетики.

Важнейшей задачей освоения и использования является разработка технологий интеграции нерегулярных приходов возобновляемой энергии в существующие системы жизнеобеспечения. Решение данной проблемы осуществляется на натурном полигоне «Энергоэффективный дом» в поселке Растущий Белоярского района Свердловской области, где постоянно проживают 8 семей сотрудников университета (рис. 5).



Рис. 4. Экспериментальные стенды УрФУ
Fig. 4. UrFU test installations



Рис. 5. «Энергоэффективный дом» в зимнее (а) и летнее (b) время
Fig. 5. "Energy-efficient house" in winter (a) and summer (b) time



a



b

Рис. 6. Студенты и аспиранты 10 вузов Великобритании (а) и ученые Уральского НИИ сельского хозяйства (b) на семинарах по обмену опытом использования установок возобновляемой энергетики на Урале
Fig. 6. Students and Ph.D. fellows of 10 UK universities (a) and scientists of the Ural Research Institute of Agriculture (b) in the seminars for the exchange of experiences in the use of renewable energy installations in the Urals

Объект оснащен ветроэнергетическими установками общей мощностью 8 кВт, системами солнечного нагрева воды для горячего водоснабжения, фотоэлектрическими системами с аккумуляторными накопителями энергии и системного типа с системами синхронизации с сетью МРСК Урала. Для производства тепловой энергии отрабатываются варианты с теплонасосными установками. Следует отметить, что большая часть используемого оборудования разработана учеными университета и изготовлена в Экспериментально-производственном комбинате УрФУ.

Длительный (свыше 10 лет) опыт эксплуатации установок позволил разработать схемы оптимального сочетания установок возобновляемой энергетики с электросетевыми и газоснабжающими системами энергоснабжения – существенно (на 30-40%) снизить потребление объектом традиционных энергоресурсов без снижения качества жизни.

Данный объект широко используется для пропаганды возможностей возобновляемой энергетики, обмена опытом с зарубежными учеными (рис. 6).

Одним из важнейших выводов длительного изучения проблем использования возобновляемых источников энергии для российских регионов является требование применения их на объектах с высокой энергетической эффективностью (малыми потерями тепла, высокой эффективностью использования электрической энергии, эффективным использованием горячей и холодной воды). Накопленный опыт полностью подтвердил разработанную совместно с кафедрой «Энергосбережение» УрФУ необходимость реализации комплексного подхода к повышению эффективного использования каждой единицы получаемой энергии.

Создание новых энергетических установок, повышение эффективности существующего оборудования сотен электростанций и котельных, систем передачи энергии теряют свое значение при низкой эффективности использования ее у сотен тысяч потребителей, к которым она поступает.

По оценкам УрФУ и ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения», технический потенциал энергосбережения Свердловской области составляет 17,2 млн т у.т. На рис. 7 приведены данные по динамике снижения энергоемкости ВРП региона по отношению к 2000 г. [6].



Рис. 7. Потенциал энергосбережения отраслей Свердловской области и динамика снижения энергоемкости ВРП региона по отношению к 2000 г.
Fig. 7. Energy saving potential of the Sverdlovsk region's sectors and the rate of the region's GRP energy intensity reduction compared to 2000

В микрорайоне Академический г. Екатеринбурга специалистами УрФУ совместно с ГБУ СО «Институт энергосбережения» и ЗАО «РСГ-Академическое» проведены комплексные обследования, рассчитаны классы энергоэффективности многоквартирных жилых домов (МКЖД). Разработка и реализация рекомендаций по повышению энергоэффективности вновь проектируемых и возводимых зданий обеспечила достижение класса энергетической эффективности МКЖД «В».

Проводившийся сотрудниками УрФУ энергетический аудит зданий всех государственных вузов города Екатеринбурга и крупнейших вузов Уральского федерального округа показал наличие в большинстве сооружений сверхнормативных утечек тепла через ограждающие конструкции. Типичный вид термограммы фасада здания показан на рис. 8.



Рис. 8. Фотография (а) и термограмма (b) фасадной части здания вуза (красный, желтый и зеленый цвет на термограмме – локализация утечек тепла)
Fig. 8. Photo (a) and thermogram (b) of the front of the university building (red, yellow and green on the thermogram – localization of heat leaks)



Рис. 9. Некоторые издания УрФУ по энергосбережению и энергоэффективности
Fig. 9. Some UrFU publications on energy saving and energy efficiency

Повышение энергетической эффективности объектов, снижение финансовых расходов на деятельность и, как следствие, на продукцию должно осознаваться всеми слоями населения и, в первую очередь, руководителями хозяйствующих субъектов.

С целью повышения энергетической культуры потребителей энергии УрФУ подготовлено и издано более 50 популярных и специальных книг для пропаганды и развития энергосбережения в быту и повышения энергоэффективности промышленности и ЖКХ (рис. 9).

Организовано преподавание курса «Основы энергосбережения» студентам всех технических специальностей (направлений подготовки) институтов (факультетов) университета; организована работа по масштабному повышению квалификации руководителей промышленности и ЖКХ. За период с 2000 по 2014 год обучение прошли более 30000 специалистов и студентов [7].

Ведется повышение квалификации специалистов в сфере энергосбережения по Президентской программе повышения квалификации инженерных кадров (2012-2014 гг.).



Рис. 10. Победители и призеры олимпиады 2013-2014 гг.
Fig. 10. The winners of the 2013-2014 contest

Для привлечения к реализации государственной политики энергосбережения УрФУ в течение 15 лет организует и проводит всероссийские олимпиады «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», в которых принимают участие студенты десятков вузов страны (рис. 10).

Эффективность образовательного процесса в области энергосбережения и энергоэффективности достаточно быстро проявляется в первую очередь в вузах – носителями знаний и передовых технологий.

Так, по итогам энергетических аудитов, выполненных УрФУ, являющимся головным вузом региона по проблеме энергосбережения, совместно с крупнейшими вузами Свердловской области и Уральского федерального округа проводится аудит энергоэффективности и выполнения программ энергосбережения, показывающий положительное изменение в снижении удельных расходов энергии практически по всем вузам региона (рис. 11, 12).

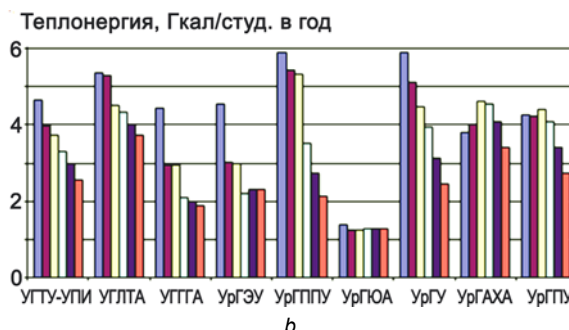
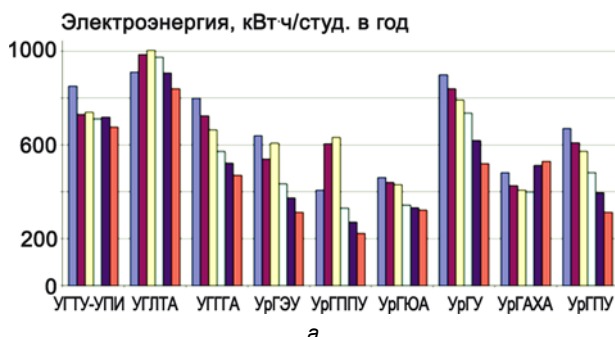


Рис. 11. Изменение за 5 лет удельного энергопотребления электрической (а) и тепловой (б) энергии на 1 студента в год вузов Свердловской области
Fig. 11. The change over 5 years in the consumption of electrical (a) and thermal (b) power per 1 student a year of the Sverdlovsk region's universities

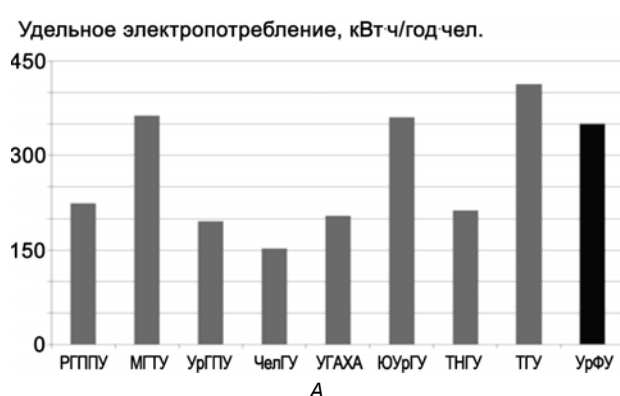


Рис. 12. Достигнутые к 2014 г. удельные показатели потребления электрической (а) и тепловой (б) энергии на 1 студента в год крупнейших вузов УрФО
Fig. 12. The specific indicators of consumption of electricity (a) and thermal (b) power per 1 student a year in major universities achieved by 2014 in the Urals Federal District

Научные разработки УрФУ в области энергосбережения и энергоэффективности легли в основу созданной Методологии сквозного энергетического анализа промышленных предприятий и после широкого обсуждения приняты крупнейшей саморегули-

руемой организацией России в области энергосбережения – НП «Союз «Энергоэффективность».

За комплекс работ по созданию и реализации проектов в области возобновляемой энергетики и энергоэффективности сотрудники УрФУ награжде-

ны Национальной экологической премией имени В.И. Вернадского (2009), медалью Г. Лейбница Европейской академии естественных наук (2009, 2011).

Это только начало длительного пути – для расширения масштабов работ в России и международ-

ного сотрудничества в сфере создания новых энергетических технологий и энергоэффективности принято решение создания в университете Евроазиатского центра возобновляемой энергетики и энергосбережения.

Список литературы

1. Статистический обзор мировой энергетики компании ВР. Лондон, июнь 2010.
2. Ошканов Н.Н., Мальцев В.В. Оценка времени начала ввода в эксплуатацию быстрых реакторов // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2012. № 4. С. 60-61
3. Ошканов Н.Н. Разработка проекта энергоблока с реактором большой мощности на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (БН-К) // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2011. № 1. С. 16-21.
4. Носов Ю.В., Смышляева О.Ю., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Обеспечение экологической безопасности при длительной эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах на примере Белоярской АЭС // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2012. № 4. С. 64-68.
5. Потенциал возобновляемых источников энергии в России. Существующие технологии. Российско-Европейский Технологический Центр [Электронный ресурс]. www.technologycentre.org. М., 2010.
6. Danilov N., Silin V., Dobrodey V., Popov V. Energy problems of the rational use of the economic potential of the region. Energy Production and Management in the 21st Century. The Quest for Sustainable Energy: First International Conference (23-25 April 2014, Ekaterinburg). Southampton, Boston: WIT Press, 2014. Vol. 1. P. 419-423.
7. Baldin V.U., Danilov N.I., Khudyakova G.I. The system of human resource development in energy saving in the Ural region // Source of the Document WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Issue 190. Vol. 2. P. 1205-1211.

References

1. Statističeskij obzor mirovoj ènergetiki kompanii VR. London, iùn' 2010.
2. Oškanov N.N., Mal'cev V.V. Ocenka vremeni načala vvoda v èkspluataciû bystryh reaktorov // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2012. № 4. S. 60-61
3. Oškanov N.N. Razrabotka proekta ènergobloka s reaktorom bol'shoj mošnosti na bystryh nejtronah s natrievym teponositelem (BN-K) // Izv. vuzov. Âdernaâ ènergetika. 2011. № 1. S. 16-21.
4. Nosov Ū.V., Smyšlâeva O.Ū., Tašlykov O.L., Šeklein S.E. Obespečenie èkologičeskoj bezopasnosti pri dlitel'noj èkspluatácii reaktorov na bystryh nejtronah na primere Beloârskoj AËS // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2012. № 4. S. 64-68.
5. Potencial vozobnovlâemyh istočnikov ènergii v Rossii. Sušestvuûšie tehnologii. Rossijsko-Evropejskij Tehnologičeskij Centr [Èlektronnyj resurs]. www.technologycentre.org. M., 2010.
6. Danilov N., Silin V., Dobrodey V., Popov V. Energy problems of the rational use of the economic potential of the region. Energy Production and Management in the 21st Century. The Quest for Sustainable Energy: First International Conference (23-25 April 2014, Ekaterinburg). Southampton, Boston: WIT Press, 2014. Vol. 1. P. 419-423.
7. Baldin V.U., Danilov N.I., Khudyakova G.I. The system of human resource development in energy saving in the Ural region // Source of the Document WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Issue 190. Vol. 2. P. 1205-1211.

Транслитерация по ISO 9:1995

