



ISJAEE

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

№ 08-09
(172-173)
2015

ISSN 1608-8298

Выходит 2 раза в месяц
Издается с июля 2000 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР А. Л. ГУСЕВ

Руководитель группы компаний «Водород»

А/я 683, 687, Саров, Нижегородская обл., 607183, Россия

Тел.: +7(83130) 94472, 63107, 91846, 90708, +79047884477; факс: +7 (83130) 63107, 90708 E-mail: gusev@hydrogen.ru

НАУЧНЫЙ СОВЕТ

С.М. Алдошин, акад. РАН (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия), зам. главного редактора ISJAEE

О.М. Алифанов, чл.-корр. РАН (МАИ, Москва, Россия)

Р.А. Амерханов, д-р техн. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар, Россия)

В.М. Андреев, проф. (ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург, Россия)

В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Ереванский государственный университет, Ереван, Армения)

А.М. Архаров, д-р техн. наук (МГТУ им. Баумана, Москва, Россия)

Э.А. Бекпиров, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев, Украина)

Дж. О'М. Бокрис, проф. (Гейнсвилль, США)

В.М. Бузник, акад. РАН (ИТЦ РАН, Москва, Россия)

В.А. Бутузов, д-р техн. наук («Южгеотепло», Краснодар, Россия)

Т.Н. Везироглу, д-р, проф. (Международная ассоциация водородной энергетики (МАНВЭ), зам. главного редактора ISJAEE)

А.Г. Галеев, проф. (ФКП НИЦ РКП, Сергиев Посад, Россия)

А.А. Гарибов, д-р хим. наук (ИРП НАН Азербайджана)

С.А. Григорьев, д-р техн. наук (Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия)

Е.А. Гудилин, член-корр. РАН (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия), зам. главного редактора ISJAEE

Ю.А. Добровольский, д-р хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

А.М. Домашенко, канд. техн. наук (ОАО «Криогенмаш», Москва, Россия)

В.В. Елистратов, д-р техн. наук (НОЦ «Возобновляемые источники энергии» СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия)

О.Н. Ефимов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

А.З. Жук, д-р физ.-мат. наук (ОИВТ РАН, Москва, Россия)

Г.И. Исаков, д-р физ.-мат. наук (Институт физики НАН Азербайджана, Азербайджан), зам. главного редактора ISJAEE

А.Г. Забродский, чл.-корр. РАН (ФТИ им. Иоффе, С.-Пб, Россия)

Ю.К. Завалишин, д-р техн. наук (НИЯУ МИФИ, Саров, Россия)

Ю.П. Зайков, д-р хим. наук (УрФУ)

М.А. Казарян, акад. НАН Армении (Ереван, Армения)

Я. Клеперис, д-р физ.-мат. наук (Латвийский университет, Рига, Латвия)

А.С. Коротеев, акад. РАН (ФГУП «Центр Келдыша», Москва, Россия)

Б.Н. Кузык, член-корр. РАН (НИК НЭП, Москва, Россия)

С.О. Кудря, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев)

В.И. Куприянов, канд. техн. наук, проф. (НПЦ «ТАТА», Саров, Россия)

В.В. Куршева, канд. хим. наук (НПЦ «ТАТА», Саров, Россия)

А.М. Липанов, акад. РАН (УдНЦ УрО РАН, Ижевск, Россия)

В.М. Лятхер, д-р техн. наук (New Energetics, Кливленд, США)

В.А. Лопота, член-корр. РАН (РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Россия)

В.В. Лушин, акад. РАН (МГУ, Москва, Россия)

М. Лутовац, акад, проф. (ФПИМ Университет «УНИОН», Белград, Сербия)

Ч. Марчетти, проф. (Снеци, Италия)

Г.А. Месяц, акад. РАН (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия)

Н.Н. Мхитарян, чл.-корр. НАН Украины (ИВЭ НАН Украины, Киев)

В.Е. Накоряков, акад. РАН (Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск-90, Россия)

И.М. Неклюдов, акад. НАН Украины (Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина)

В.Н. Пармон, акад. РАН (Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия)

А.М. Пенджиев, д-р с.-х. наук (Туркменский гос. архитектурно-строительный институт, Ашхабат, Туркменистан)

Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)

О.С. Попель, д-р техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия)

В.Я. Полкова, д-р хим. наук (АО «Байер», Москва, Россия)

М.А. Прелас, проф. (У-т Миссури-Коламбия, Коламбия, США)

В.С. Рачук, д-р техн. наук, проф. (ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики», Воронеж, Россия)

П.Ф. Рзаев, д-р техн. наук (ИРП НАН Азербайджана)

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (МИУ, Москва, Россия)

В.Ф. Резцов, чл.-корр. НАНУ (ИВЭ НАН Украины, Киев)

О.М. Саламов, канд. физ.-мат. наук (ИРП НАН Азербайджана)

П. Сан-Грегуйар, проф. (Университет Тулон-Вара, Франция), зам. главного редактора ISJAEE

Е.В. Соломин, д-р техн. наук (Южно-Уральский гос. университет, Челябинск, Россия)

А.Я. Столяревский, д-р техн. наук (Центр КОРТЭС, Россия), зам. главного редактора ISJAEE

А.В. Стрелец, канд. техн. наук (ФГБНУ «Дирекция научно-техн. программ», Москва, Россия)

Б.П. Тарасов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

Ю.А. Трунцев, акад. РАН (РФЯЦ – ВНИИЭФ, Саров, Россия), зам. главного редактора ISJAEE

В.Е. Фортков, Президент РАН (ОИВТ РАН, Москва, Россия)

М.Д. Хэмpton, д-р, проф. (Университет Центральной Флориды, США), зам. главного редактора ISJAEE

А.Ю. Цивадзе, акад. РАН (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия)

Ю.Н. Шалимов, д-р техн. наук (ВГТУ, Воронеж, Россия)

А.Р. Щекин, ведущий сотрудник (ИВЭ НАН Украины, Киев), зам. главного редактора ISJAEE

С.Е. Щеклеин, д-р техн. наук, проф. (УрФУ, Россия)

Импакт-фактор двухлетний (2010-2012 гг.) (РИНЦ) – 0,275; Импакт-фактор пятилетний (2007-2012 гг.) (РИНЦ) – 0,225.

Журнал зарегистрирован Международным центром ЮНЕСКО в 2000 г. (название: "Al'ternativnaâ énergetika i ékologîâ", краткое название: "Al'tern. énerg. écol."), ISSN 1608-8298. Тематика журнала одобрена Международной ассоциацией водородной энергетики (МАНВЭ) и Международным центром развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICHET). Журнал включен в диссертационный перечень ВАК.

Журнал индексируется в Google Scholar (GS - 18000); в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ - 2462).

Общее число цитирований по годам (РИНЦ): 2011 - 222; 2012 - 353; 2013 - 452; 2014 - 642.

Журнал включен в базу данных CROSSREF (Цифровой идентификатор DOI) в 2014 г.

Награды журнала: Медаль Рентгена (2007 г.), Диплом Фонда им. В.И. Вернадского и Комитета по экологии Государственной Думы ФС РФ (2007 г.), Премия "Российский Энергетический Олимп – 2008". Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Журнал включен в каталоги: "Роспечать" (индекс 20487), Объединенный каталог "Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы" (индекс 41935), "Интерпочта-2003".

Полные электронные версии статей представлены на сайте Научной электронной библиотеки <http://e-library.ru>, на сайте Международного научного журнала АЭЭ <http://isjaee.hydrogen.ru>, а также на сайте Международного научного и образовательного портала "Водород" <http://www.hydrogen.ru>.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС-77-21881) от 14 сентября 2005 г.

Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 9740. Место Международного научного журнала АЭЭ в общем рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 291; по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7; по тематике «Энергетика» - 1

Переводная версия журнала включена в Scopus и Web of Science. Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.



ISJAEE



EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF A. L. GUSEV

Leader of «Hydrogen» Group of Companies

Post Box Office 683, 687, Sarov, Nizhny Novgorod region, 607183 Russia

Phone: +7(83130)94472, 63107, 90708, 91846, +79047884477; Fax: +7 (83130) 63107, 90708

E-mail: gusev@hydrogen.ru

SCIENTIFIC EDITORIAL BOARD

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia),
deputy editor-in-chief of ISJAE

O.M. Alifanov, Member Corr. RAS (MAI, Moscow, Russia)

R.A. Amerkhanov, Prof. (Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russia)

V.M. Andreev, Prof. (A.F. Ioffe PhTI of RAS, St.-Petersburg)

A.M. Arharov, Prof. (Bauman MSTU, Moscow, Russia)

V.M. Aroutiounian, Acad. NAS of Armenia (Yerevan State
University, Yerevan, Armenia)

E.A. Bekirov, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)

J.O'M. Bockris, Prof. (Gainesville, USA)

V.A. Butuzov, Prof. ("Uuzhgeoteplo", Krasnodar, Russia)

V.M. Buznik, Acad. RAS (ITC RAS, Moscow, Russia)

Yu.A. Dobrovolskiy, Prof. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)

A.M. Domashenko, Prof. («Kriogenmash», Moscow, Russia)

O.N. Efimov, Dr. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)

V.V. Elistratov, Prof. (SEC "RES", S.-Peterburg, Russia)

V.E. Fortov, Prezident RAS (JIHT RAS, Moscow, Russia)

A.G. Galeev, Prof. (Science and research center of rocket and
space production, Sergiev Posad, Russia)

A.A. Garibov, Prof. (IRP NAS, Azerbaijan)

E.A. Goodilin, Member Corresponding RAS (FMS MSU, Moscow,
Russia), deputy editor-in-chief of ISJAE

S.A. Grigoriev, PhD, DSc (National Research University "Moscow
Engineering Institute", Moscow, Russia)

M.D. Hampton, Prof. (University of Central Florida, USA),
deputy editor-in-chief of ISJAE

G.I. Isakov, Prof. (Institute of Physics of NAS of Azerbaijan,
Azerbaijan), deputy editor-in-chief of ISJAE

M.A. Kazaryan, Acad. NAS of Armenia (Yerevan, Armenia)

J. Kleperis, Dr. phys. (University of Latvia, Riga, Latvia)

A.S. Koroteev, Acad. RAS (Keldysh Research Center, Moscow, Russia)

S.O. Kudrya, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)

V.I. Kupriyanov, Prof. (STC "TATA", Sarov, Russia)

V.V. Kursheva, Dr. (STC "TATA", Sarov, Russia)

B.N. Kuzyk, Member Corresponding RAS (NIK NEP, Moscow, Russia)

A.M. Lipanov, Acad. RAS (UdSC UrB RAS, Izhevsk, Russia)

V.A. Lopota, Member Corresponding RAS (S.P. Korolev Rocket
and Space Corporation "Energia", Russia)

V.V. Lunin, Acad. RAS (MSU, Moscow, Russia)

M. Lutovaz, Acad. (FPIM University "UNION", Belgrade, Serbia)

V.M. Lyatkher, Prof. (New Energetics Inc., Cleveland, USA)

Ch. Marchetti, Prof. (Sieci, Italy)

N.N. Mkhitarian, Member Corr. NASU (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)

G.A. Mesyats, Acad. RAS (Physics Institute of them. P.N. Lebedev
of RAS, Moscow, Russia)

V.E. Nakoryakov, Acad. RAS (Kutateladze Institute of thermo-
physics SB RAS, Novosibirsk-90, Russia)

I.M. Neklyudov, Acad. RAS of Ukraine (Khar'kov Physical
Technical Institute, Khar'kov, Ukraine)

V.N. Parmon, Acad. RAS (Boreskov Institute of Catalysis of SD
RAS, Novosibirsk, Russia)

A.M. Penjiev, Prof. (Turkmen state architecturally-building
institute, Ashgabat, Turkmenistan)

N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (RRC "Kurchatov Insti-
tute", Moscow, Russia)

O.S. Popel', Prof. (UIHT of RAS, Moscow, Russia)

V.Ya. Popkova, Prof. of Chemistry (A/O Bayer, Moscow, Russia)

M.A. Prelas, Prof. (Univ. of Missouri-Columbia, Columbia, USA)

V.S. Rachuk, Prof. (OSC KBKhA, Voronezh, Russia)

V.F. Reztsov, Member Corr. NASU (IRE of NASU, Kyev)

Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Int. University of Engineering, Moscow,
Russia)

P.F. Rzaev, Prof. (IRP NAS, Azerbaijan)

P. Saint-Gregoire, Prof. (University of Toulon and Var, France),
deputy editor-in-chief of ISJAE

O.M. Salamov, PhD (IRP NAS, Azerbaijan)

Y.N. Shalimov, Prof. (VSTU, Voronezh, Russia)

S.E. Shcheklein, Prof. (UrFU, Russia)

A.R. Shchekin (IRE of NAS of Ukraine, Kyev), deputy editor-
in-chief of ISJAE

E.V. Solomin, Prof. (South Ural State University, Russia)

A.Ya. Stolyarevsky, Prof. (Center CORTES, Russia), deputy
editor-in-chief of ISJAE

A.V. Strelets, Dr. (FCSTP, Moscow, Russia)

B.P. Tarasov, Dr. (IPCP RAS, Chernogolovka, Russia)

Yu.A. Trutnev, Acad. RAS (RFNC-VNIIEF, Russia), deputy
editor-in-chief of ISJAE

A.Yu. Tsivadze, Acad. RAS (A.N. Frumkin Institute of Physical
Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia)

T.N. Veziroglu, Prof. (International Association for Hydrogen
Energy (IAHE), deputy editor-in-chief of ISJAE

A.Z. Zhuk, Prof. (ITPhES RAS, Moscow, Russia)

Yu.P. Zaikov, Prof. (UrB RAS, Russia)

Yu.K. Zavalishin, Prof. (SRNU MEPhU)

A.G. Zabrodsky, Member Corr. RAS (A.F. Ioffe Physical-
Technical Institute of RAS, St.-Petersburg)

The journal is registered in UNESCO in ISSN International Centre in 2000 (key title: "Al'ternativnââ energetika i èkologîâ", abbreviated key title: "Al'tern. ènerg. ècol."), ISSN 1608-8298. The subjects of the journal are approved by International Association for Hydrogen Energy (IAHE). The journal has been included into the "List of leading reviewed scientific journals and editions in which the basic scientific results of dissertations on competition of scientific degrees of Doctors and Candidate of Sciences (Ph.D. and Sc.D.) should be published" according to the decision of Presidium of the Higher Certifying Commission.

The journal has been included into catalogues: "Rospechat" (20487), Joined catalogue "Press of Russia. Russian and foreign newspapers and journals" (41935), "Interpochta-2003".

Journal awards: Röntgen Medal (2007), Award of V.I. Vernadsky fund and RF State Committee for Ecology (2007). The Premium "Russian Energetic Olympus - 2008".

The journal has been included into the abstract journal and data base VINITI. Information on the journal is annually published in the international reference system of periodical of current issues "Ulrich's Periodicals Directory".

Full version of papers has been presented at Scientific electronic library <http://e-library.ru>, web-site of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology <http://isjaee.hydrogen.ru>, and International Information and Education Portal "Hydrogen" <http://www.hydrogen.ru>.

The journal has been registered at Russian Federal Service on Supervision of Observance of the Legislation in Sphere of Mass Communications and Protection of a Cultural Heritage (Certificate PI NoFC77-21881) September 14, 2005.

Position of ISJAE in SCIENCE INDEX rating for 2012 - 9740; in General Rating for 2012 - 291; on the topic "Environmental Protection. Human Ecology" - 7; on the topic "Energy" - 1.

Translated version of International Journal of Hydrogen Energy is included in Scopus and Web of Science as well as international databases.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: академик РАН В.Е.Фортов

Сопредседатель: член.-корр. РАН Е.А.Гудилин

Члены Международного редакционного комитета (МРК) представлены на стр. 213-226 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ РЕДАКЦИИ

Председатель: академик РАН Н.Н.Пономарев-Степной

Сопредседатели: академик РАН В.Н.Пармон,
академик РАН С.М.Алдошин

Члены Международного научно-консультативного совета редакции (МНКСР) представлены на стр. 213-226 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

СОВЕТ ЭКСПЕРТОВ

Председатель: А.Л.Гусев

Сопредседатели:

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмаилов

Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)
Л.Ф.Беловодский (Россия, Саров)
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)
О.С.Попель (Россия, Москва)
В.А.Хуснутдинов (Россия, Москва)

МЕМОРИАЛ

Я.Б.Данилевич
А.В.Елютин
С.П.Капица
А.А.Макаров
С.П.Мальшенков
Ю.Д.Третьяков

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Chairman: Academician of the RAS V.E.Fortov

Co-Chairman: Member Corresponding of the RAS E.A.Goodilin

Members of the International Editorial Board (IEB) on specified topics and topical sections are presented on pages 213-226

INTERNATIONAL EDITORIAL ADVISORY BOARD

Chairman: Academician of the RAS N.N.Ponomarev-Stepnoy

Co-Chairmans: Academician of the RAS V.N.Parmon,
Academician of the RAS S.M.Aldoshin

Members of the International Editorial Advisory Board (IEAB) on specified topics and topical sections are presented on pages 213-226

EXPERTS BOARD

Chairman: A.L.Gusev

Co-Chairmans:

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмаилов

Р.А.Амерханов (Russia, Krasnodar)
L.F.Belovodsky (Russia, Sarov)
A.M.Domashenko (Russia, Balashikha)
A.G.Galeev (Russia, Sergiev Posad)
E.A.Goodilin (Russia, Moscow)
V.A.Khusnutdinov (Russia, Moscow)
O.S.Popel' (Russia, Moscow)

MEMORIAL

Ya.B. Danilevich
A.V. Elyutin
S.P. Kapitza
A.A. Makarov
S.P. Malyshev
Yu.D. Tretiakov

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ РЕЦЕНЗЕНТОВ

Председатель: Т.Н.Везироглу

Р.А.Амерханов (Россия, Краснодар)
В.М.Арутюнян (Армения, Ереван)
П.Г.Бережко (Россия, Саров)
В.А.Бутузов (Россия, Краснодар)
М.В.Воробьева (Россия, Москва)
А.Г.Галеев (Россия, Сергиев Посад)
В.А.Гольцов (Украина, Донецк)
Л.Ф.Гольцова (Украина, Донецк)
Е.А.Гудилин (Россия, Москва)
А.Л.Гусев (Россия, Саров)
А.Л.Дмитриев (Россия, С.-Петербург)
А.М.Домашенко (Россия, Балашиха)
О.Н.Ефимов (Россия, Черноголовка)
Г.И.Исаков (Азербайджан, Баку)
З.Р.Исмаилов (Россия, Новосибирск)
Ф.Караосманоглу (Турция, Стамбул)
Я.Клеперис (Латвия, Рига)
В.И.Куприянов (Россия, Балашиха)
Ю.С.Нечаев (Россия, Москва)
А.Т.Пономаренко (Россия, Москва)
О.С.Попель (Россия, Москва)
Л.В.Спивак (Россия, Пермь)
В.В.Спицын (Россия, Москва)
А.Я.Столяревский (Россия, Москва)
Е.М.Тарараева (Россия, Москва)
Б.П.Тарасов (Россия, Черноголовка)
Г.Л.Хорасанов (Россия, Обнинск)
М.Д.Хэмптон (США, Орландо)
Ю.М.Шульга (Россия, Черноголовка)
Ю.Шунман (Голландия, Делфт)

INTERNATIONAL REVIEWERS BOARD

Chairman: T.N.Veziroglu

R.A. Amerkhanov (Russia, Krasnodar)
V.M. Aroutiounian (Armenia, Yerevan)
P.G. Berezhko (Russia, Sarov)
V.A. Butuzov (Russia, Krasnodar)
A.L. Dmitriev (Russia, S.-Petersburg)
A.M. Domashenko (Russia, Balashikha)
O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka)
A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad)
V.A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk)
L.F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk)
E.A. Goodilin (Russia, Moscow)
A.L. Gusev (Russia, Sarov)
M.D. Hampton (USA, Orlando)
G.I. Isakov (Azerbaijan, Baku)
Z.R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk)
F. Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul)
G.L. Khorasanov (Russia, Obninsk)
J. Kleperis (Latvia, Riga)
V.I. Kupriyanov (Russia, Balashikha)
Yu.S. Nechaev (Russia, Moscow)
A.T. Ponomarenko (Russia, Moscow)
O.S. Popel' (Russia, Moscow)
Yu.M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka)
Yu. Shoonman (Netherlands, Delft)
B.V. Spitsyn (Russia, Moscow)
L.V. Spivak (Russia, Perm')
A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow)
E.M. Tararaeva (Russia, Moscow)
B.P. Tarasov (Russia, Chernogolovka)
M.V. Vorobyova (Russia, Moscow)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ И ДЕЛОВОЙ КЛУБ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND BUSINESS CLUB FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

Международный центр развития водородной
энергетики Департамента по вопросам
промышленного развития ООН



United Nations Industrial Development
Organization International Centre
for Hydrogen Energy Technologies

Международная
ассоциация водородной
энергетики



International Association
for Hydrogen Energy

Институт
водородной
экономики



Institute of Hydrogen
Economy

Российская
академия
наук



Russian Academy
of Sciences

Министерство
образования и науки РФ



Ministry of Education
and Science of the RF

Факультет наук
о материалах МГУ
им. М.В.Ломоносова



Faculty of Materials
Science of MSU

Консорциум
«Водород»



Consortium
"Hydrogen"

Институт проблем
химической физики РАН



Institute of Problems
of Chemical Physics of RAS

Институт катализа
им. Г.К.Борескова СО РАН



Borekov Institute
of Catalysis SB RAS

Исследовательский центр
им. М.В.Келдыша



Keldysh
Research Center

Российский научный центр
«Курчатовский институт»



Russian Research Center
"Kurchatov Institute"

НИИ Научно-производственное
объединение «Луч»



Scientific Research Institute Research-
and-Production Association "Luch"

Научная
электронная
библиотека



Scientific
Electronic Library

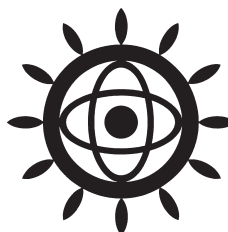
Научно-
технический
центр «TATA»



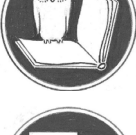
Scientific Technical
Centre "TATA"



В ЭТОМ НОМЕРЕ



IN THIS ISSUE

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА		RENEWABLE ENERGY
НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА		NONRENEWABLE ENERGY
ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА		THERMONUCLEAR ENERGY
ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА		HYDROGEN ECONOMY
КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ		STRUCTURAL MATERIALS
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ		THERMODYNAMIC BASICS OF AEE
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ		ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY
ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА		LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT
КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ		PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ		ECONOMIC ASPECTS OF AEE
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ		INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION



В ЭТОМ НОМЕРЕ



IN THIS ISSUE

ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА		ENVIRONMENTAL VEHICLES
ДОБЫЧА ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ		RECOVERY TECHNIQUES
КАТАЛИЗ В АЭЭ		CATALYSIS FOR AEE
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ		ENERGY SAVING
ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА		PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX
ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА		OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES
ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		GAS-TURBINE TECHNOLOGIES
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА		ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES
ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА		ISSUES OF AGRICULTURE
НАУКИ О ЗЕМЛЕ		EARTH SCIENCES
ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ		INFORMATION FOR AEE



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие Главного редактора <i>А.Л. Гусева</i>	10
Вступительное слово члена Совета Федерации <i>Э.Э. Росселя</i>	11

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Солнечная энергия

<i>Шиняков Ю.А., Отто А.И., Осипов А.В., Черная М.М.</i> Автономная энергетическая установка с экстремальным шаговым регулятором мощности солнечных батарей	12
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.001	
<i>Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Попов А.И., Джайлани А.Т.</i> К проблеме верификации эффективности гелиоэнергетических систем с учетом стохастичности климатических факторов	19
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.002	

Ветроэнергетика

<i>Матвеев А.В., Щеклеин С.Е.</i> Определение эксергетической эффективности тихоходной ветроэнергетической установки	27
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.003	
<i>Климова В.А., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.</i> Установка для экспериментальной верификации результатов компьютерного моделирования гидродинамики обтекания тел вращения газовыми потоками	33
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.004	

Энергокомплексы на основе ВИЭ

<i>Велькин В.И., Власов В.В., Щеклеин С.Е.</i> Энергоэффективный дом с комплексным использованием возобновляемых источников энергии в суровых климатических условиях ...	41
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.005	

НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Атомная энергетика

<i>Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е.</i> Экологическое прогнозирование в ядерной энергетике XXI века	50
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.006	

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ

Термодинамический анализ

<i>Пирогов А.Н., Щеклеин С.Е., Данилов Н.И.</i> Особенности многоквартирных жилых зданий нулевого потребления энергии для холодного климата	58
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.007	
<i>Щеклеин С.Е., Шастин А.Г.</i> К проблеме термодинамической оптимизации тепловой защиты зданий	63
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.008	

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Энергетика и экология

<i>Безматерных М.А., Селезнева И.С.</i> Экологические проблемы и нетрадиционные источники энергии при биологической очистке сточных вод	70
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.009	
<i>Родченко В.В., Галеев А.Г., Золотов А.А., Галеев А.В.</i> Планирование комплексной отработки сложных технических систем	76
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.010	
<i>Щеклеин С.Е., Стариков Е.В., Немихин Ю.Е., Никитин А.Д., Жуков А.В., Коржавин С.А.</i> Экспериментальное исследование пародинамических систем охлаждения критических элементов в аварийных ситуациях	86
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.011	



КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ

Образование и научно-исследовательские центры

Кокшаров В.А., Щеклеин С.Е., Данилов Н.И. Опыт УрФУ по подготовке специалистов для новых энергетических технологий и повышения эффективности использования энергии 93
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.012

Балдин В.Ю., Данилов Н.И., Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Селезнева И.С.
Анализ результатов разработки и внедрения в Уральском регионе
системы подготовки специалистов по энергосбережению 102
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.013

ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Литий-ионные источники тока и суперконденсаторы

Игнатова А.А., Ярмоленко О.В. Перспективные органические катодные материалы на основе сопряженных карбонильных соединений для литиевых аккумуляторов 112
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.014

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

Оптические явления и устройства

Тураева Т.Л. Эволюция тонкопленочных структур при термическом и импульсном фотонном воздействиях (обзор) 139
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.015

ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ

Информация

Акция «Архивные номера журнала - РАСПРОДАЖА» 148
Первая Международная конференция по проблемам адаптации ВИЭ к российским климатическим условиям – ICARES-2015 149
Поздравление Редколлегии (к 65-летию С.Е. Щеклеина) 152
Тематика журнала 213

На 1-й стр. обложки: Профессор, д-р техн. наук, заслуженный энергетик России, зав. кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ *Щеклеин Сергей Евгеньевич*

Импакт-фактор двухлетний (2010-2012 гг.) (РИНЦ) – 0,275; Импакт-фактор пятилетний (2007-2012 гг.) (РИНЦ) – 0,225.

Показатель Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» в рейтинге SCIENCE INDEX за 2010 г. – 3158, за 2011 г. – 5273, за 2012 – 9740.

Место Международного научного журнала АЭЭ в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. по тематике «Охрана окружающей среды. Экология человека» - 7.

Место Международного научного журнала АЭЭ в рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. по тематике «Энергетика» - 1.

Место Международного научного журнала АЭЭ в общем рейтинге SCIENCE INDEX за 2012 г. – 291.

Переводная версия журнала International Journal of Hydrogen Energy включена в Scopus и Web of Science, а также в международные базы данных. Транслитерация списка литературы по ISO 9:1995.



Учредитель, издатель и редакция
Научно-технический центр «ТАТА»
Генеральный директор А.Л. Гусев
E-mail: gusev@hydrogen.ru
Почтовый адрес:
607183, Россия, Нижегородская обл.,
Саров, а/я 687, НТЦ «ТАТА»
Тел.: 8(83130)63107, 94472, факс: 8(83130)63107
http://www.hydrogen.ru



Основной партнер
Институт водородной экономики
Генеральный директор А.Л. Гусев
E-mail: gusev@hydrogen.ru
Почтовый адрес:
607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 683
Тел.: 8(83130)91846, 90708, факс: 8(83130)63107
http://www.hydrogen.ru

Ежемесячный рецензируемый журнал. Все права принадлежат НТЦ «ТАТА». Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» согласно решению Президиума ВАК. Статьи реферируются в ВИНТИ, в международном научном журнале «Письма в Альтернативную энергетику и экологию», рецензируются, аннотируются и депонируются.

Заведующий редакцией, гл. редактор
сайта <http://isjaee.hydrogen.ru>
Александр Леонидович Гусев (Россия, Саров)
E-mail: gusev@hydrogen.ru,
redactor@hydrogen.ru

Художественный редактор
Виктор Иванович Немышев (Россия, Саров)

Редактор, корректор
Ирина Борисовна Меркулова (Россия, Саров)

Переводчики
Александр Рудольфович Володько (Россия, Саров)
Татьяна Викторовна Зезюлина (Россия, Саров)

Научные обозреватели
Ольга Борисовна Баклицкая-Каменева
(Россия, Москва)
Вера Владимировна Куршева (Россия, Москва)

Компьютерная верстка
Наталья Николаевна Семенова (Россия, Саров)

Контент-менеджер сайта
<http://isjaee.hydrogen.ru>
Наталья Владимировна Фотина
(Россия, Саров)

Компьютерная графика
Валентин Александрович Гусев
(Россия, Саров)
Анна Валерьевна Чернова
(Россия, Саров)



CONTENTS

Foreword by the Chief Editor <i>A.L. Gusev</i>	10
Foreword by a member of the Federation Council <i>E.E. Rossel</i>	11

RENEWABLE ENERGY

Solar energy

<i>Shinyakov Yu.A., Otto A.I., Osipov A.V., Chernaya M.M.</i> Optimizing peak-holding controller solar battery autonomous energy installation	12
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.001	
<i>Shcheklein S.E., Nemikhin Yu.E., Popov A.I., Jailany A.T.</i> On the problem of verifying the efficiency of solar energy systems based on stochastic climatic factors	19
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.002	

Wind energy

<i>Matveev A.V., Shcheklein S.E.</i> Determination of exergetic efficiency of low-speed wind power installation	27
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.003	
<i>Klimova V.A., Nemikhin Yu.E., Shcheklein S.E.</i> The facility for experimental validation of hydrodynamics and heat exchange simulation of the gas flow over the solids of revolution	33
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.004	

RES based power complexes

<i>Velkin V.I., Vlasov V.V., Shcheklein S.E.</i> Energy efficiency house with complex use of renewable energy in harsh environments	41
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.005	

NONRENEWABLE ENERGY

Atomic energy

<i>Tashlykov O.L., Shcheklein S.E.</i> Ecological forecasting in the nuclear power of XXI century	50
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.006	

THERMODYNAMIC BASICS OF AEE

Thermodynamic analysis

<i>Pirogov A.N., Shcheklein S.E., Danilov N.I.</i> Features multistory nearly zero energy buildings (NZEB) for a cold climate	58
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.007	
<i>Shcheklein S.E., Shastin A.G.</i> On the problem of thermodynamic optimization of thermal protection of buildings	63
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.008	

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY

Energy and ecology

<i>Bezmaternikh M.A., Selezneva I.S.</i> Environmental problems and alternative sources of energy in biological wastewater treatment	70
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.009	
<i>Rodchenko V.V., Galeev A.G., Zolotov A.A., Galeev A.V.</i> Planning of integrated tests of complex technical systems	76
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.010	
<i>Shcheklein S.E., Starikov E.V., Nemikhin Yu.E., Nikitin A.D., Zhukov A.V., Korzhavin S.A.</i> Experimental study steam dynamic systems cooling of critical elements in emergency situations	86
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.011	

PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION

Education and scientific research centres

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

UrFU experience in training for innovation energy technologies
and improve energy efficiency 93
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.012

Baldin V.Yu., Danilov N.I., Shcheklein S.E., Velkin V.I., Selezneva I.S.

The analysis of results of the development and implementation
of the energy efficiency training system in the Urals region 102
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.013

ENVIRONMENTAL VEHICLES

Lithium-ion current sources and supercapacitor

Ignatova A.A., Yarmolenko O.V.

Perspective organic cathode materials based on conjugated carbonyl compounds
for lithium batteries 112
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.014

OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES

Optical phenomena and facilities

Turaeva T.L.

Evolution of thin-film structures by thermal and pulsed photon effects 139
doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.015

INFORMATION FOR AEE

Information

Action «Archive issues of the journal - SALE» 148

The First International Conference on Adaptation of Renewable Energy Sources
to the Russian Climate Conditions – ICARES-2015 149

Congratulation of Editorial Board of prof. S.E. Shcheklein (to the 65th anniversary) 152

Topics 213

1st page of cover: Doctor of technical science, professor, Urals State Technical University “Atomic Stations and Renewable Energy Sources” Department head. A Honoured power engineering specialist of Russia *Shcheklein Sergey E.*

Translated version of International Journal of Hydrogen Energy is included in Scopus and Web of Science as well as international databas.

Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2010 – 3158, for 2011 – 5273, for 2012 – 9740.

Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2012 on the topic “Environmental Protection. Human Ecology” – 7.

Position of ISJAEE in SCIENCE INDEX rating for 2012 on the topic “Energy” – 1.

Position of ISJAEE in General Rating of SCIENCE INDEX for 2012 – 291.



Founder and publisher

Scientific Technical Centre “TATA”
General manager A.L. Gusev
E-mail: gusev@hydrogen.ru
607183, Russia, Nizhni Novgorod region, Sarov,
P.O.B. 687, STC “TATA”
Ph.: +7(83130)63107,94472, fax: +7(83130) 63107
http://www.hydrogen.ru



General cooperation

Institute for Hydrogen Economy
General manager A.L. Gusev
E-mail: gusev@hydrogen.ru
607183, Russia, Nizhni Novgorod region, Sarov,
P.O.B. 683
Ph.: +7(83130)91846, 90708, fax: +7(83130) 63107
http://www.hydrogen.ru

Monthly reviewed journal. All rights reserved at STC «TATA». The journal has been included into the “List of leading reviewed scientific journals and editions in which the basic scientific results of dissertations on competition of scientific degrees of Doctors and Candidate of Sciences (Ph.D. and Sc.D.) should be published” according to the decision of Presidium of the Higher Certifying Commission. Any form of reproduction may be allowed only with the explicit authorization of the STC “TATA”. Papers are abstracted by VINITI, by International journal “Letters in ISJAEE” reviewed, annotated and deposited.

Chief-in-Board, Editor-in-Chief of <http://isjaee.hydrogen.ru>

Alexander Leonidovich Gusev (Russia, Sarov)
E-mail: gusev@hydrogen.ru,
redactor@hydrogen.ru

Art-Editor

Viktor Ivanovich Nemyshov (Russia, Sarov)

Editor, Proof-reader

Irina Borisovna Merkulova (Russia, Sarov)

Translators

Alexander Rudolfovich Volod'ko (Russia, Sarov)
Tatyana Viktorovna Zezulina (Russia, Sarov)

Scientific Repoters

Ol'ga Borisovna Baklitskaya-Kameneva
(Russia, Moscow)
Vera Vladimirovna Kursheva
(Russia, Moscow)

Computer design

Nataliya Nikolaevna Semenova (Russia, Sarov)

Content-manager of <http://isjaee.hydrogen.ru>

Graphic design

Nataliya Vladimirovna Fotina (Russia, Sarov)
Valentin Alexandrovich Gusev (Russia, Sarov)
Anna Valerievna Chernova (Russia, Sarov)



ПРЕДИСЛОВИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА А.Л. ГУСЕВА

Глубокоуважаемые авторы, читатели Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE)

С большим удовольствием предлагаю вашему вниманию Специальный выпуск, в котором представлена часть научных докладов участников *Международной конференции по проблемам адаптации возобновляемых источников энергии к российским климатическим условиям* - ICARES-2015 (20-24 мая 2015 г., г. Саров, Россия), посвященной 70-летию Великой Победы во Второй мировой войне («International Conference on Adaptation of Renewable Energy Sources to the Russian Climate Conditions» - ICARES-2015, devoted to the 70year of Great Victory in the Second World War, 20-24 May, 2015, Sarov, Russia).

Первая конференция ICARES-2015 была посвящена обсуждению перспективных направлений развития возобновляемых источников в России. Конференция прошла в дистанционном режиме с использованием системы Webinar.ru.

Подробную информацию о конференции можно посмотреть на сайтах организатора конференции: <http://www.hydrogen.ru/> и <http://isjaee.hydrogen.ru>, в частности: <https://www.youtube.com/watch?v=g7LCgeFrDAw&feature=youtu.be>.

Международная конференция по проблемам адаптации возобновляемых источников энергии к российским климатическим условиям» - ICARES-2015 прошла в рамках Второго всемирного конгресса «Альтернативная энергетика и экология» - WCAEE-2015 <http://www.hydrogen.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=index&catid=&topic=5>.

Второй всемирный конгресс «Альтернативная энергетика и экология» - WCAEE-2015 (20.05.2015-20.05.2016) включает международные научные мероприятия очной и дистанционной формы организации (с представлением научных докладов в режиме online, online-обсуждением каждого доклада и принятием решения Оргкомитета о публикации доклада в сборнике научных трудов в Специальных и текущих выпусках Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»).

В рамках конгресса пройдет 5 международных научных конференций, 12 международных научных конкурсов, 3 международных научных семинара.

Очное участие во Втором всемирном конгрессе «Альтернативная энергетика и экология» - WCAEE-2015 будет проведено на территории Технопарка «Саров».

В работе Второго всемирного конгресса приняли участие ученые из 3 стран мира. В выпуске представлены научные обзоры и статьи по состоянию и перспективам развития ветровой, солнечной, геотермальной, морской гидроэнергетики (энергетика морских волн и энергетика морских течений), водородной, волновой, малой гидравлической и биоэнергетики в России; проблемам энергосбережения в климатических условиях России; термоградиентной энергетики; использованию низкопотенциального тепла как источника энергии; по новым методам и материалам для строительства энергоэффективных зданий в России; биоинженерным технологиям для альтернативной энергетики; тепло- и массопереносу, управлению, а также методам их измерения в энергетических установках; надежному энергоснабжению как приоритетному направлению в энергетике; аккумулярованию электрической, тепловой, механической энергии.

Большую активность в работе конференции проявили сотрудники Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург), в котором создана система подготовки кадров в сфере энергосбережения и возобновляемых источников энергии (ВИЭ). От имени Международного Редакционного Комитета журнала «Альтернативная энергетика и экология» выражаю благодарность: членам оргкомитета ICARES-2015 и особенно сотрудникам Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина под руководством профессора, д-ра техн. наук, заслуженного энергетика России, зав. кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета Щеклеина Сергея Евгеньевича, проявившим большую активность и представившим высококачественные научные доклады по выполненным работам. Желаю дальнейших творческих успехов в освоении источников экологически чистой энергии, а также в подготовке квалифицированных специалистов во благо развития российской науки.

С уважением и наилучшими пожеланиями,
Главный редактор Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE)
Александр Леонидович Гусев





Переход российской экономики на ресурсо- и энерго-эффективные («зеленые») технологии – основное условие развития конкурентоспособности. Шестой технологический уклад становится определяющим вектором развития мировой экономики.

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» находится на острие данной проблемы.

В Уральском регионе курс на энергетическую эффективность и энергосбережение позволяет повысить энергетическую безопасность, преодолевать кризис, существенно снизить выбросы промышленных предприятий.

Усилиями уральской инженерной школы энерго-эффективные технологии успешно внедряются в черной и цветной металлургии, жилищном строительстве и городском хозяйстве. Реализуются проекты малых ГЭС, биогазовые технологии, солнечные установки.

В Уральском федеральном университете имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург) создана система подготовки кадров в сфере энергосбережения и возобновляемых источников энергии. Прошли обучение и повышение квалификации тысячи таких специалистов.

В течение пятнадцати лет доброй традицией стало ежегодное проведение всероссийских студенческих олимпиад, конференций и выставок технического творчества по энерго- и ресурсосбережению, энергообеспечению, возобновляемой энергетике, где студенты, аспиранты, молодые ученые соревнуются и обмениваются знаниями в этой актуальной области.

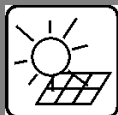
Успешно реализуется Президентская программа повышения квалификации инженерных кадров, в ходе которой специалисты промышленных предприятий углубленно изучают инновационные энергетические технологии.

В УрФУ на базе кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», которая более 50 лет готовит высококвалифицированных специалистов для энергетики России, создана научная лаборатория «Евразийский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения», обладающая значительным потенциалом и высокими компетенциями в данной сфере.

Страницы журнала «Альтернативная энергетика и экология» предоставляют хорошую возможность повышения уровня научной культуры вовлечения возобновляемых источников энергии в хозяйственный оборот и защиты окружающей среды.

Член Совета Федерации,
д-р экон. наук, профессор Э.Э. Россель





АВТОНОМНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ШАГОВЫМ РЕГУЛЯТОРОМ МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Ю.А. Шиняков, А.И. Отто, А.В. Осипов, М.М. Черная

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050 Томск, пр. Ленина, д. 40
Тел.: 8(3822) 900-162, e-mail: ottoai@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 06.06.15 Заключение совета экспертов: 09.06.15 Принято к публикации: 12.06.15

Описана научно-исследовательская автономная энергетическая установка с экстремальным регулированием мощности солнечных батарей. Показано, что экстремальный шаговый регулятор, входящий в состав контроллера заряда аккумуляторной батареи, позволяет производить отбор мощности солнечной батареи свыше 98% от максимального значения при пошаговом изменении напряжения солнечной батареи, не превышающем 2 В. Система автоматического слежения солнечных батарей за Солнцем потребляет не более 1% от суточного значения выработанной энергии.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, фотоэлектрические преобразователи, солнечная батарея, аккумуляторная батарея, автономная система электроснабжения, экстремальное регулирование мощности, оптимизация структуры.

OPTIMIZING PEAK-HOLDING CONTROLLER SOLAR BATTERY AUTONOMOUS ENERGY INSTALLATION

Yu.A. Shinyakov, A.I. Otto, A.V. Osipov, M.M. Chernaya

Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics
40 Lenin str., Tomsk, 634050, Russia
Tel.: 8(3822) 900-162, e-mail: ottoai@mail.ru

Referred: 06.06.15 Expertise: 09.06.15 Accepted: 12.06.15

There is research autonomic power plant with extreme regulation of power solar panels. It is shown that the extreme jog lever, which is part of the controller battery charge, allows the selection of solar battery power more than 98% of the maximum value at step changes in the voltage of the solar battery does not exceed 2 V. The system of the automatic solar tracking the sun uses less than 1% of the daily value of energy produced.

Keywords: energy efficiency, photovoltaic cells, solar panel, battery, autonomous power supply system, extreme power control, optimization of the structure.



Юрий Александрович
Шиняков
Yurii A. Shinyakov

Сведения об авторе: директор НИИ космических технологий ТУСУР.
Образование: Национальный исследовательский Томский политехнический университет (1972).
Область научных интересов: автономные энергетические комплексы, экстремальное регулирование мощности, силовая электроника, системы электропитания космических аппаратов.
Публикации: 53, из них 32 – ВАК.
Information about the author: Director of the Scientific Research Institute of Space Technology of the Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics.
Education: Tomsk Polytechnic University (1972).
Research area: autonomous power complexes, extreme power control, power electronics, power supply systems of space crafts, mathematic simulation and simulation modeling.
Publications: 53.



Артур Исаакович
Отто
Artur I. Otto

Сведения об авторе: младший научный сотрудник НИИ космических технологий ТУСУР.
Образование: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники (2012).
Область автономные энергетические комплексы, экстремальное регулирование мощности, силовая электроника, системы электропитания космических аппаратов.
Публикации: 8, из них 3 – ВАК.
Information about the author: Junior researcher of the Scientific Research Institute of Space Technology of the Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics.
Education: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics (2012).
Research area: autonomous power complexes, extreme power control, power electronics, power supply systems of space crafts, mathematic simulation and simulation modeling.
Publications: 8.



Александр
Владимирович
Осипов
Alexander V. Osipov

Сведения об авторе: старший научный сотрудник НИИ космических технологий ТУСУР.
Образование: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники (1999).
Область научных интересов: силовая электроника, системы электропитания космических аппаратов, математическое моделирование, компьютерное моделирование.
Публикации: 49, из них 27 – ВАК.
Information about the author: Senior researcher of the Scientific Research Institute of Space Technology of the Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics.
Education: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics (1999).
Research area: power electronics, power supply systems of space crafts, mathematic simulation and simulation modeling.
Publications: 49.



Мария Михайловна
Черная
Mariya M. Chernaya

Сведения об авторе: младший научный сотрудник НИИ космических технологий ТУСУР.
Образование: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники (2012).
Область научных интересов: силовая электроника, системы электропитания космических аппаратов, математическое моделирование, компьютерное моделирование.
Публикации: 9, из них 3 – ВАК.
Information about the author: Junior researcher of the Scientific Research Institute of Space Technology of the Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics.
Education: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics (2012).
Research area: power electronics, power supply systems of space crafts, mathematic simulation and simulation modeling.
Publications: 9.

Наиболее действенным способом повышения энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок является реализация режима непрерывного регулирования мощности солнечной батареи (СБ) в оптимальной рабочей точке, который предполагает введение в состав аппаратуры экстремального регулятора (ЭР), действие которого должно быть направлено на поиск оптимального напряжения СБ и подачу на энергопреобразующее устройство (ЭПУ) такого задающего воздействия, при котором напряжение СБ регулируется на уровне, близком к экстремальному значению [1]. Чаще всего для поиска экстремума применяются шаговый метод и метод производной, относящиеся к методам «восхождения». При этом наиболее оптимальным (простым, рациональным) способом является шаговый метод поиска экстремума мощности СБ, так как метод производной при быстро изменяющихся атмосферных условиях может работать хаотично, что приводит к затратам аппаратных ресурсов и вследствие этого к потере мощности, получаемой от СБ. Также шаговый метод уменьшает время вычислений из-за более простого алгоритма, что приводит к увеличению частоты дискретизации [2, 3].

Согласование экстремального шагового регулятора (ЭШР) с энергопреобразующим устройством, осуществляющим передачу энергии от СБ в аккумуляторную батарею и нагрузку, реализуется достаточно просто путем дискретной перестройки цепи обратной связи в канале стабилизации напряжения СБ [1].

Наиболее распространенная структурно-функциональная схема автономных фотоэлектрических энергетических установок с реализацией режима экстремального регулирования мощности СБ приведена на рис. 1, где обозначено: СБ – солнечная батарея; АБ – аккумуляторная батарея; И – инвертор; ДН1 и ДН2 – датчики напряжения; ДТ – датчик тока; ЭПУ – энергопреобразующее устройство; ЭШР – экстремальный шаговый регулятор.



Рис. 1. Структурно-функциональная схема энергетической установки с ЭШР

Fig. 1. Structural and functional diagram of a power plant with extreme step control

По приведенной схеме (рис. 1) в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники разработана, изготовлена и испытана научно-исследовательская автономная фотоэлектрическая энергетическая установка АФЭУ-0,5,

состоящая из электромеханической части; контроллера заряда АБ с экстремальным шаговым регулятором мощности СБ; двух СБ – КСМ-160; двух АБ – TUDORT12V155FT; контроллера наведения фотоэлектрических панелей на Солнце на базе микроконтроллера Atmega16; драйверов управления шаговыми двигателями (DM356M); инвертора TS 1500-224.

Фотография электромеханической части энергетической установки приведена на рис. 2. Установка состоит из рамы с двумя фотоэлектрическими модулями КСМ-160; подвижного металлического каркаса; неподвижного металлического каркаса; редуктора поворота по углу места; редуктора поворота по азимуту; двух шаговых двигателей типа ШД-5Д; двух датчиков положения Солнца.

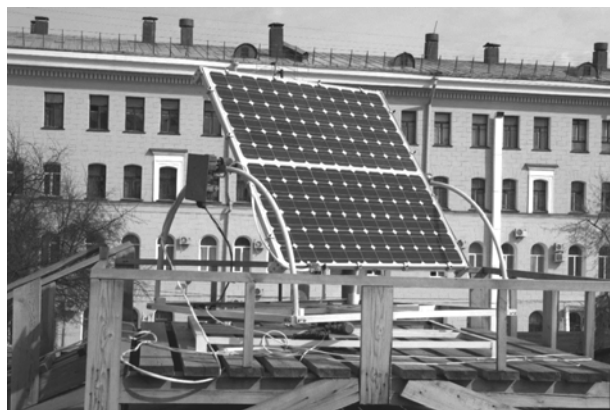


Рис. 2. Электромеханическая часть энергетической установки АФЭУ-0,5 с двумя фотоэлектрическими панелями КСМ-160
Fig. 2. Electromechanical part of the power plant with two photovoltaic panels

Неподвижный каркас установки состоит из стальной сварной рамы, состоящей из профильных трубчатых элементов с четырьмя угловыми опорами и одной центральной опоры, в которой установлен вращающийся вал. Вращение вала обеспечивается за счет шагового двигателя через червячный редуктор и цилиндрическую зубчатую передачу. Подвижный каркас установки состоит из стальной сварной рамы с закрепленной на ней ведомой шестерней, которая связана с центральным валом нижнего опорного узла шпоночным соединением для обеспечения вращения установки вокруг вертикальной оси. На этом же каркасе закреплены две дуги, на которых установлена ось вращения рамы, которая через муфту и редуктор соединена с шаговым двигателем, обеспечивающим поворот рамы по углу места. В качестве силовых механизмов, обеспечивающих поворот фотоэлектрической установки, используются червячные редукторы, которые позволяют исключить самопроизвольное изменение положения установки под действием ветровой нагрузки. Затраты на слежение установки за Солнцем – не более 1% от суточного значения выработанной энергии.

При проектировании автономных фотоэлектрических энергетических установок с ЭШР с целью прогнозирования их энергетической эффективности необходимо знать зависимость точности регулирования экстремума от шагового изменения напряжения стабилизации СБ ($\Delta U_{ст}$).

В связи с существенной сложностью выражения, описывающего вольт-амперную характеристику (ВАХ) реальной СБ, при определении и расчете характеристик системы экстремального регулирования целесообразно воспользоваться достаточно простой математической моделью СБ, где ВАХ задана тремя характерными точками: напряжением холостого хода U_{xx} , током короткого замыкания $I_{кз}$, оптимальными значениями тока $I_{опт}$ и напряжения $U_{опт}$ [4]. Уравнение ВАХ СБ при заданной температуре и освещенности имеет вид

$$I = I_{кз} \left[1 - \left(1 - I_{опт} / I_{кз} \right) \frac{U - U_{xx}}{U_{опт} - U_{xx}} \right].$$

Вольт-амперные и вольт-ваттные характеристики (ВВХ) фотоэлектрических панелей КСМ-160 при разных значениях температуры и освещенности, измеренные в разное время года и построенные с помощью данной формулы, приведены на рис. 3. Из их анализа следует, что значение генерируемой мощности существенно зависит от места расположения солнечной батареи и условий ее эксплуатации, реальные практические значения $U_{опт}$ находятся в пределах 22-44 В. Диапазон изменения $U_{опт}$ панелей КСМ-160, приведенный в технических характеристиках производителя СБ (ОАО «НПП «Квант» г. Москва), 22-35 В, отличается от экспериментально измеренных значений. Это объясняется тем, что производитель фотоэлектрических панелей приводит технические характеристики при температуре модуля 25 °С.

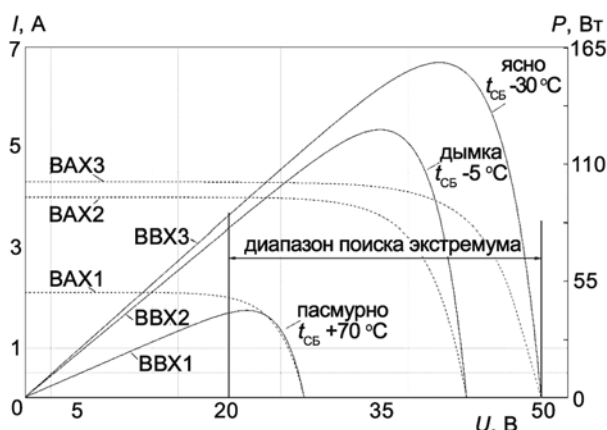


Рис. 3. Семейство вольт-амперных и вольт-ваттных характеристик фотоэлектрических панелей КСМ-160 при различной температуре и степени освещенности
Fig. 3. Current-voltage and current-watt characteristics of photovoltaic panels at different temperatures and light levels

Температура фотоэлектрических панелей существенно зависит от конструкции, интенсивности охлаждения потоками ветра и уровня освещенности и даже зимой на открытых площадках при слабом ветре превышает температуру воздуха на 10-20 градусов. Летом, в закрытых от ветра местах, перегрев панелей солнечной батареи может достигать 30-40 °С. Таким образом, из анализа ВАХ и ВВХ солнечных батарей следует, что при проектировании энергетических установок с ЭШР необходимо принимать рабочий температурный диапазон фотоэлектрических модулей от -30 до +70 °С, что ведет к изменению $U_{опт}$ и U_{xx} стандартных фотоэлектрических панелей, например КСМ-160, на 25 В. Следовательно, рабочий диапазон поиска экстремума мощности должен быть не менее 30 В (20-50 В) (рис. 3).

Значение энергетической эффективности использования СБ по мощности от значения шагового изменения
Energy efficiency power SB step change from the value

Параметр	Значение			
$\Delta U_{ст}, В$	0,5	1	1,5	2
$P_{СБ}/P_{макс.СБ}, \%$	99,6	99,5	99	98,1

Зависимость энергетической эффективности использования СБ по мощности $P_{СБ}/P_{макс.СБ}$ от значения шагового изменения $U_{СБ}$ ($\Delta U_{ст}$) для СБ, ВВХ которых представлены на рис. 3, приведены в таблице и на рис. 4, где $P_{нд}$ – недоиспользованная мощность СБ. Из анализа значений энергетической эффективности использования СБ по мощности следует, что при пошаговом изменении $U_{СБ}$, не превышающем 2 В, гарантируется отбор максимальной мощности от СБ с точностью не менее 98% ($P_{СБ} < 2\% P_{макс.СБ}$).

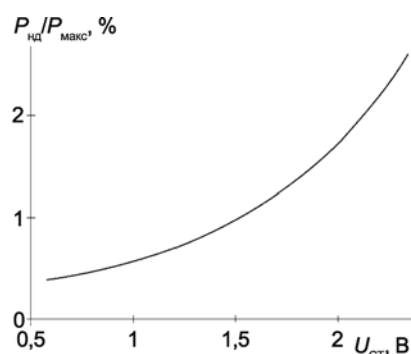


Рис. 4. Зависимость энергетической эффективности использования СБ по мощности от значения шагового изменения
Fig. 4. Energy efficiency power SB step change from the value

В системе автоматической оптимизации шагового типа при неизменных условиях эксплуатации теоретически возможное минимальное количество шагов два или три. Двухшаговый режим поиска экстремума мощности осуществляется, когда рабочая точка на ВВХ при очередном шаговом изменении U_{CB} попадает в область оптимального значения мощности СБ (рис. 5) и при каждом втором шаговом изменении U_{CB} происходит уменьшение мощности, генерируемой СБ. Трехшаговый режим теоретически возможен в аналоговых системах измерения мощности СБ и наличии гистерезиса в системе сравнения мощности при каждом шаговом изменении U_{CB} (ΔU_{CT}). В системе автоматической оптимизации шагового типа с цифровыми системами измерения мощности СБ трехшаговый режим практически невозможен.

Характеристики СБ (ВВХ, ВВХ) автономных энергетических установок изменяются при изменении условий эксплуатации. При затенении фотоэлектрических панелей облаками изменяется освещенность. Время наступления затенения, как правило, составляет 5-10 секунд, однако при этом преимущественно изменяется уровень генерируемой мощности, но практически не успевает измениться температура панелей, поэтому каких-либо затруднений регулирования экстремума мощности не происходит. При большой скорости изменения освещенности теоретически система может перейти в одношаговый режим, т.е. направление поиска экстремума мощности изменяется после каждого шага. Схематически процесс регулирования в этом случае показан на рис. 6. Измерение мощности экстремальным регулятором производится в точках 2' и 3'. В результате при медленном изменении освещенности сохраняется двухшаговый режим (рис. 5).

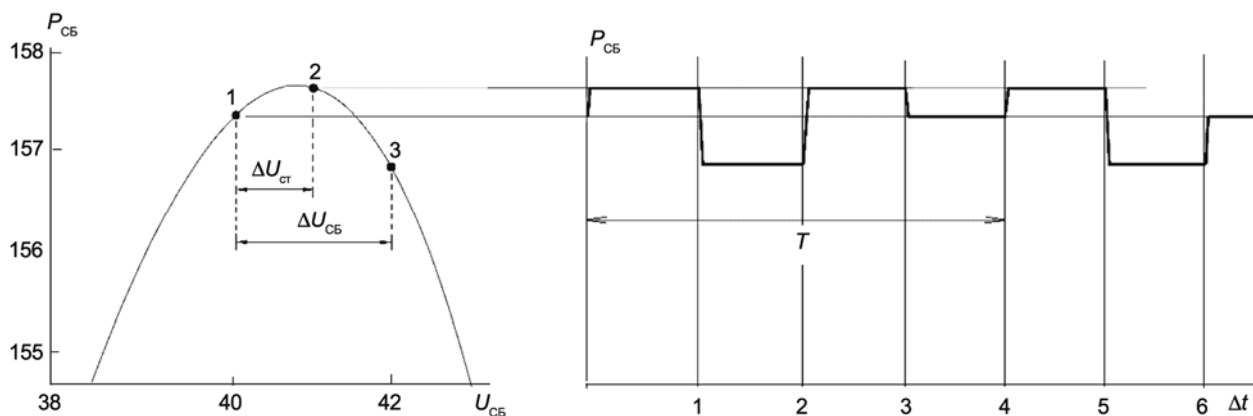


Рис. 5. Диаграмма двухшагового режима поиска экстремума мощности СБ
Fig. 5. Chart two-step search mode power extremum SB

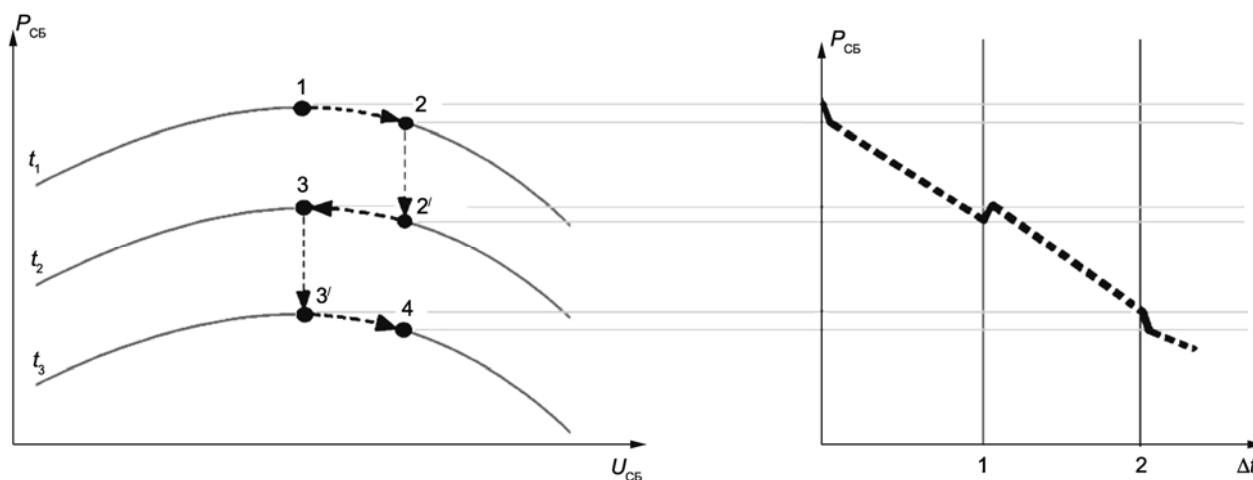


Рис. 6. Диаграммы регулирования экстремума мощности СБ при затенении фотоэлектрических панелей облаками
Fig. 6. Charts regulation extremum power SB in shading of photovoltaic panels clouds

Экспериментально установлено (рис. 7), что охлаждение фотоэлектрических панелей после их плотного затенения облаками до температуры окружающего воздуха происходит за 10-12 минут. При появлении Солнца температура фотоэлектрических панелей может максимально повыситься на 40 °С также за 10-12 минут, т.е. максимальное значение скорости дрейфа ВВХ ($V_{УСБ}$) может составлять $\approx 0,03$ В/с.

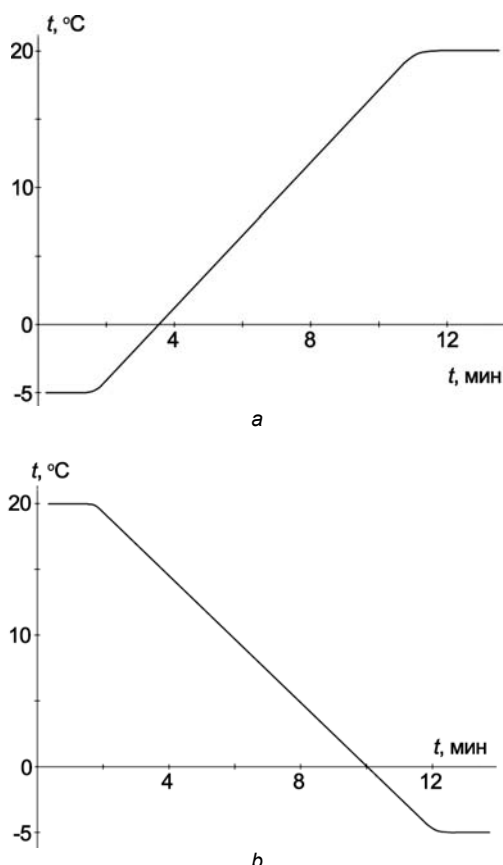


Рис. 7. Зависимость изменения температуры СБ от времени при нагреве (а) и охлаждении (б) фотоэлектрической панели

Fig. 7. The dependence of the temperature change SB time during heating (a) and cooling (b) photovoltaic panels

В разработанном контроллере применена схема зарядного устройства на основе понижающего преобразователя напряжения, в которой использован силовой полевой транзистор IRFPS3810, имеющий низкое сопротивление канала. Схема управления зарядным устройством реализована на базе микроконтроллера Atmega128, совмещающего функции пользовательского интерфейса с формированием управляющего воздействия на силовой транзистор.

Система управления производит регулирование напряжения в оптимальной точке по шаговому методу поиска экстремума, алгоритм которого приведен на рис. 8.

В данном методе экстремальный регулятор рассчитывает выходную мощность СБ. Полученное измеренное значение входной мощности $P(n)$ сравнивается со значением мощности $P(n-1)$, измеренным до введения управляющего воздействия, и согласно алгоритму принимается решение о направлении перемещения рабочей точки по вольт-ваттной характеристике. Если $P(n) - P(n-1) > 0$, направление шага не изменяется. Если же происходит уменьшение мощности $P(n) - P(n-1) < 0$, то знак шага ЭШР меняется на противоположный.

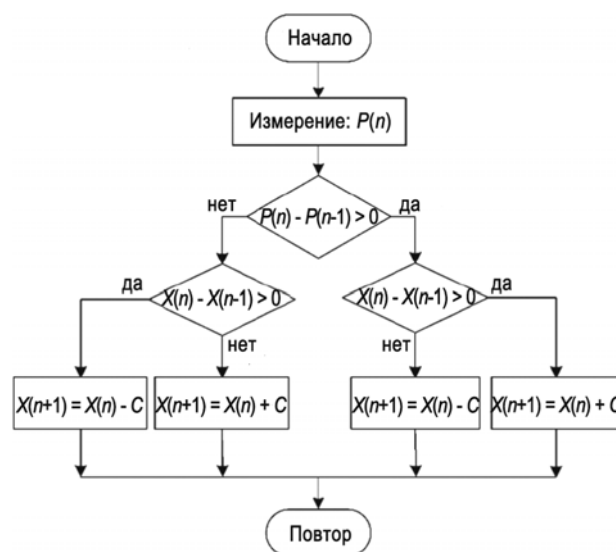


Рис. 8. Алгоритм шагового регулирования точки максимальной мощности СБ

Fig. 8. Stepper control algorithm of maximum power point SB

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований контроллера заряда АБ с шаговым экстремальным регулятором мощности СБ, входящим в состав автономной энергетической установки со стандартными фотоэлектрическими панелями с номинальным напряжением 35 В (при температуре 25 °С), определен диапазон поиска экстремума мощности в зависимости от температуры и освещенности СБ, равный 30 В. При использовании цифровой системы управления и шаге экстремального регулятора от 0,5 до 2 В энергетическая эффективность устройства составляет более 98% от максимально возможной мощности СБ. При изменяющейся ВАХ во время нестабильных внешних условий система показывает стабильную и эффективную работу, осуществляя поиск экстремума в двухшаговом и одношаговом режимах.

Список литературы

1. Шиняков Ю.А. Экстремальное регулирование мощности солнечных батарей автоматических космических аппаратов // Вестник Самарского гос. аэрокосмического ун-та им. акад. С.П. Королева. 2007. Вып. 1 (12). С. 51-57.
2. Ali Reza Reisi, Mohammad Hassan Moradi, Shahriar Jamasb. Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system // Renewable and Sustainable Energy Review. 2013. Vol. 19. P. 433–443.
3. Bahgat A.B.G, Helwab N.H., Ahmadb G.E., El Shenawyb E.T. Maximum power point tracking controller for PV systems using neural networks // Renewable Energy. 2005. Vol. 30. P. 1257–1268.
4. Привалов В.Д., Никифоров В.Е. Оценка эффективности применения экстремального регулятора в автономных СЭП. Куйбышев: КПИ, 1981.

References

1. Šinâkov Ů.A. Èkstremaľnoe regulirovanie mošnosti solnečnyh batarej avtomatičeskih kosmičeskih apparatov // Vestnik Samarskogo gos. aèrokosmičeskogo un-ta im. akad. S.P. Koroleva. 2007. Vyp. 1 (12). S. 51-57.
2. Ali Reza Reisi, Mohammad Hassan Moradi, Shahriar Jamasb. Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system // Renewable and Sustainable Energy Review. 2013. Vol. 19. P. 433–443.
3. Bahgat A.B.G, Helwab N.H., Ahmadb G.E., El Shenawyb E.T. Maximum power point tracking controller for PV systems using neural networks // Renewable Energy. 2005. Vol. 30. P. 1257–1268.
4. Privalov V.D., Nikiforov V.E. Ocenka èffektivnosti primeneniâ èkstremaľnogo regulâtorâ v avtonomnyh SÈP. Kujbyšev: KPI, 1981.

Транслитерация по ISO 9:1995



К ПРОБЛЕМЕ ВЕРИФИКАЦИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

С.Е. Щеклеин¹, Ю.Е. Немихин¹, А.И. Попов¹, А.Т. Джайлани²

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002 Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Тел./факс: (343) 375-97-37, e-mail: j.e.nemikhin@urfu.ru

²Александрийский университет
г. Александрия, Арабская Республика Египет
E-mail: ahmed.jilani@alexu.edu.eg

Заключение совета рецензентов: 23.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

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, осуществляет сбор, накопление и обработку данных более чем по 100 измеряемым параметрам с периодичностью 1 с.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, система мониторинга, энергообеспечение, солнечная радиация.

ON THE PROBLEM OF VERIFYING THE EFFICIENCY OF SOLAR ENERGY SYSTEMS BASED ON STOCHASTIC CLIMATIC FACTORS

S.E. Shcheklein¹, Yu.E. Nemikhin¹, A.I. Popov¹, A.T. Jailany²

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
19 Mira ave., Yekaterinburg, 620002, Russia

Tel.: (343) 375-97-37, e-mail: j.e.nemikhin@urfu.ru

²Aleksandria University
Alexandria, Arab Republic of Egypt
E-mail: ahmed.jilani@alexu.edu.eg

Referred: 23.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

A high-speed multi-channel monitoring system has been developed in order to identify and analyze in detail the correlations between climatic factors and their influence on the effectiveness of renewable energy installations existing in the Ural Federal University. The system includes a distributed network of local installations which are connected to a central server. The system carries out collecting, recording and processing the data on more than 100 measured parameters every second.

Keywords: renewable energy, monitoring system, power supply, solar radiation.



*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.

Сведения об авторе: ст. преподаватель кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

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).

Образование: Уральский гос. университет им. А.М. Горького (УрГУ) (1971).

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.

Information about the author: senior lecturer of Nuclear power plants and renewable energy sources department, UrFU.

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).

Education: Ural State University (1971).

Research area: 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 in refereed journals.

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

Награжден за период трудовой деятельности на заводе четырьмя медалями, знаком «Лучшие люди России», имеет почетное звание «Заслуженный предприниматель России», отмечен дипломом Российской Академии бизнеса и предпринимательства.

Образование: Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ), 1967.

Область научных интересов: системы автоматизации промышленных объектов, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Публикации: более 110, в том числе 88 патентов и а. с. на изобретения СССР и РФ.

Information about the author: candidate of technical sciences, associate professor of the department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Urals State Technical University.

He was awarded during the period of work in the factory with 4 medals, the sign "Best People of Russia", has the honorary title of "Distinguished Entrepreneur of Russia", awarded was with a diploma of the Russian Academy of Business and Entrepreneurship.

Education: Ural Polytechnic Institute, 1967.

Research area: automation systems of industrial plants, non-traditional and renewable energy sources.

Publications: more than 110, including 88 patents and inventor's certificates of the USSR and RF.

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ассистент профессор Агро-инженерной кафедры Сельскохозяйственного факультета Александрийского университета, Арабская Республика Египет.

Образование: Московский гос. агроинженерный университет им. В. П. Горячкина (2010).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, комбинированные электростанции, энергоснабжение удаленных сельских мест.

Публикации: 14, в том числе патент РФ.

Information about the author: PhD, Assistant professor, Dpt. Of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Egypt.

Education: PhD in technical sciences, Moscow State Agro-engineering University (2010).

Research area: renewable energy systems, hybrid electro-energy systems, remote area electrification.

Publications: 14 publications included patent of RF.



Юрий Евгеньевич
Немихин
Yurii E. Nemikhin



Александр Ильич
Попов
Alexander I. Popov



Ахмед Т.А. Джайлани
Ahmed T.A. Jailany



Введение

Возрастающий интерес к использованию возобновляемой энергетики в России, связанный со значительным потенциалом, характерным для большой территории страны [1], требует объективного понимания возможностей этих технологий для достижения тех целевых функций, которые ставятся перед любой энергетической технологией, – достаточности и надежности энергоснабжения, экономической эффективности. Широкому внедрению возобновляемой энергетики вредят как консервативный скептицизм, так и неоправданный оптимизм потенциальных потребителей энергоресурсов. Расчеты, основанные на усредненных показателях прихода энергии, неучет реальных колебаний характеристик внешней среды и графиков потребления энергии; непонимание проблем пусковых токов и качества энергии; пренебрежение правилами санитарно-гигиенической безопасности для установок горячего водоснабжения и пр. – приводят к многочисленным ошибкам при практическом создании многих проектов энергообеспечения [2]. Природно-климатические условия многих регионов России характеризуются аномально низкими температурами окружающей среды в течение 2/3 годового периода. На рис. 1 приведены сравнительные данные по определению показателя ГСОП (градусо-сутки отопительного периода), являющегося мерой тепловой энергии для обогрева зданий до температуры +20 °С. Анализ показывает, что РФ является одним из лидеров по требуемому количеству энергии.

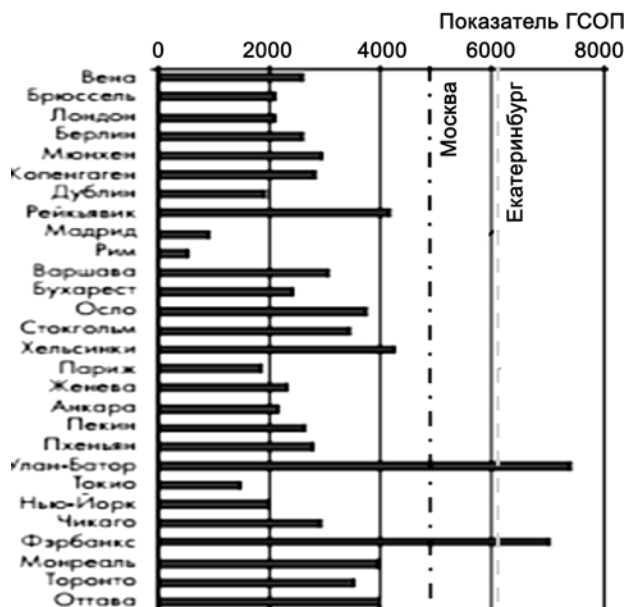


Рис. 1. Показатель градусо-сутки отопительного периода для ряда городов мира

Fig. 1. Heating Season Degree Day index for several world cities

Целью данной работы является анализ учета возможностей установок возобновляемой энергетики, действующих в суровых климатических условиях, для удовлетворения потребностей в тепловой и электрической энергии при помощи разработанной многоканальной, многопараметрической, быстродействующей, распределенной в пространстве, компьютерной системы мониторинга [3].

Система сбора измерительной информации

Характеристики системы сбора измерительной информации приведены в таблице.

Система сбора измерительной информации
Data Collection System

Стенд	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;
Солнечный концентратор	– температура выхода;
Тепловой насос	– расход теплоносителя; – тепловая мощность
Биогазовая установка	– температура входа биомассы; – температура в биореакторе; – расход биогаза; – давление биогаза; – индекс pH в биореакторе

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

NI CompactRIO – встраиваемая контрольно-измерительная система, основой которой является технология реконфигурируемого ввода/вывода NI RIO. Она состоит из шасси с встроенной программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС), контроллером реального времени и модулей ввода/вывода (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид платформы
Fig. 2. Appearance Measurement System

Ввиду пространственной распределенности исследуемых установок возобновляемой энергетики по значительной территории, не охватываемой единой

оптоволоконной сетью, связь локальных измерительных комплексов с центральной платформой и сервером организована при помощи Wi-Fi каналов.

Система осуществляет непрерывный сбор информации от более чем 100 первичных преобразователей и 6 быстродействующих видеокамер, контролирующих параметры и изображения ветроэнергетических, фотоэлектрических, биогазовых и прочих исследовательских стендов возобновляемой энергетики, распределенных по территории ряда корпусов УрФУ (рис. 3); 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 информационно-обрабатывающий программный комплекс.

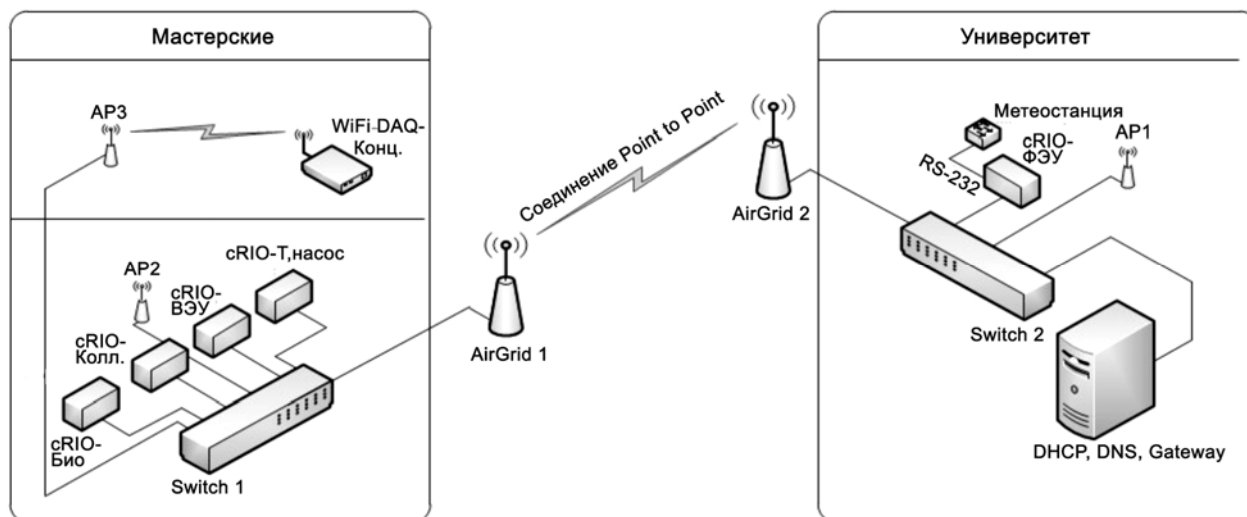


Рис. 3. Размещение стендов на территории УрФУ
Fig. 3. Stands location on the UrFU territory

При обращении к соответствующей установке справочная система интерфейса позволяет визуализировать конкретные точки и характеристики измеряемых параметров в виде блок-схемы измерений (рис. 4).

Разработанная система мониторинга позволяет с задаваемым временным интервалом от 1 с до 1 месяца формировать массивы измеренных величин, производить их статистическую обработку, хранить данные первичных измерений и обработки результатов в буферной памяти сервера.

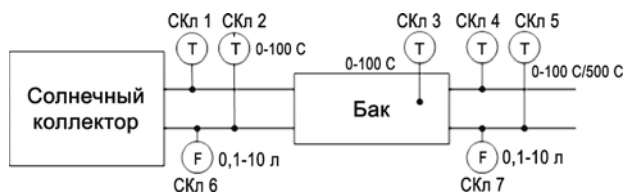


Рис. 4. Схема точек измерения для солнечного коллектора
Fig. 4. Solar collector measurement points scheme

Результаты исследований

Солнечная радиация

Результаты обработки данных приходов солнечной энергии за десятилетний промежуток времени (рис. 5) показывают статистическую устойчивость и сохранение средних значений и характера приходов солнечной энергии. Однако экспериментальные значения характеризуются значительными флуктуациями, связанными с локальными климатическими факторами.

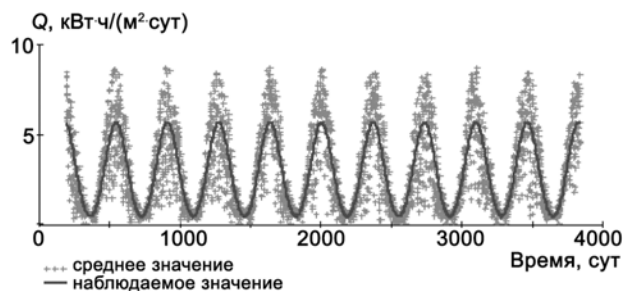


Рис. 5. График изменения суточных сумм солнечной радиации (10-летний цикл)
Fig. 5. Graph of solar radiation daily sums change (10-year cycle)

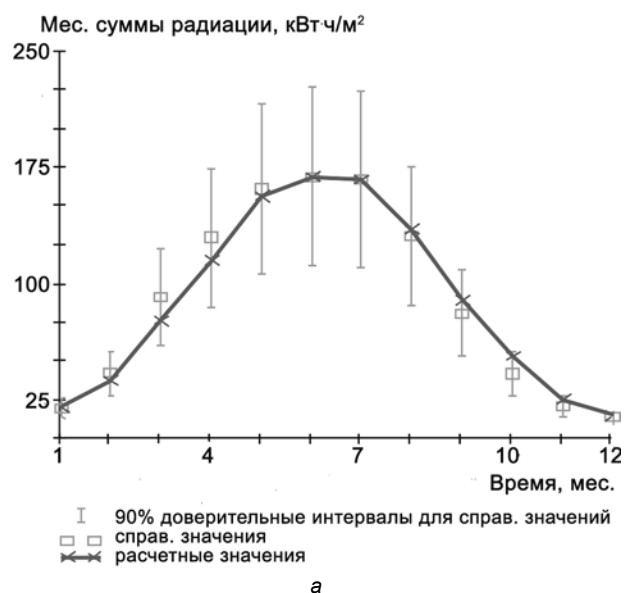
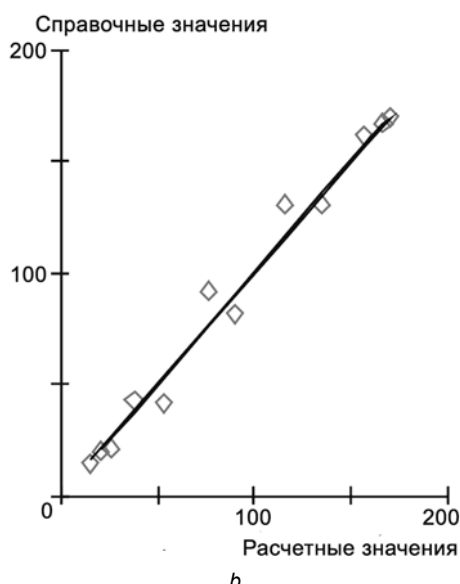


Рис. 6. Средние значения месячных сумм радиации, кВт·ч/м²
Fig. 6. Average values of the monthly amounts of solar radiation, kW·h/m²



Обработка экспериментальных данных за интервал T_i производилась по формулам

$$M_Q^{\text{меч}}(T_i) = \sqrt{\int_{-T_i/2}^{T_i/2} [M_Q(n)]^2 dt};$$

$$\sigma_Q^{\text{меч}}(T_i) = \sqrt{\int_{-T_i/2}^{T_i/2} [\sigma_Q^{\text{меч}}(n)]^2 dt},$$

где T_i – i -й временной интервал.

Сравнение результатов оценки вероятностных характеристик с данными длительных метеорологических наблюдений приведено на рис. 6. Характеристики средних значений и среднеквадратических отклонений, определенные путем обработки массива экспериментальных данных, хорошо согласуются с данными [5], что свидетельствует о надежности измерительного тракта компьютерной системы мониторинга.



Рис. 7. Удельная мощность поступления солнечной радиации для летнего месяца (июль 2014 г.)
Fig. 7. Specific power of solar radiation reception for the summer month (July 2014)

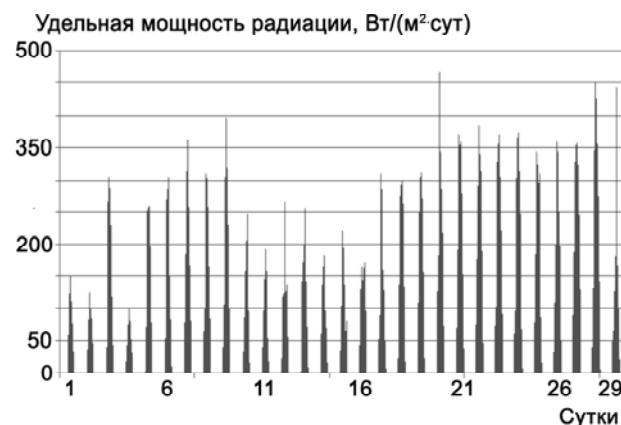


Рис. 8. Удельная мощность поступления солнечной радиации для зимнего месяца (февраль 2014 г.)
Fig. 8. Specific power of solar radiation reception for the winter month (February 2014)

Следует отметить, что суточные поступления солнечной радиации имеют выраженный стохастический характер. На рис. 7, 8 приведены данные

удельной мощности поступления солнечной радиации для характерных летнего и зимнего месяцев.

Эффективность работы фотоэлектрических установок в таких условиях также имеет выраженную статистическую нерегулярность. На рис. 9 приведены данные измерения в суточном цикле мощности тестовой фотоэлектрической установки номинальной мощностью 140 Вт.



Рис. 9. Мощность тестовой ФЭС по времени суток 9 июля 2014
Fig. 9. Power photovoltaic power plant test by time of day July 9, 2014

Оценка эффективности фотоэлектрической установки, произведенная по методике [6] оценки фактора эффективности (PR-фактор), дает среднесуточные значения в диапазоне 0,39-0,64.

Мониторинг температуры окружающей среды

Мониторинг температуры атмосферного воздуха подвержен значительным суточным колебаниям, особенно значительным в зимние и осенне-весенние периоды года. Характерные суточные колебания температуры воздуха показаны на рис. 10.

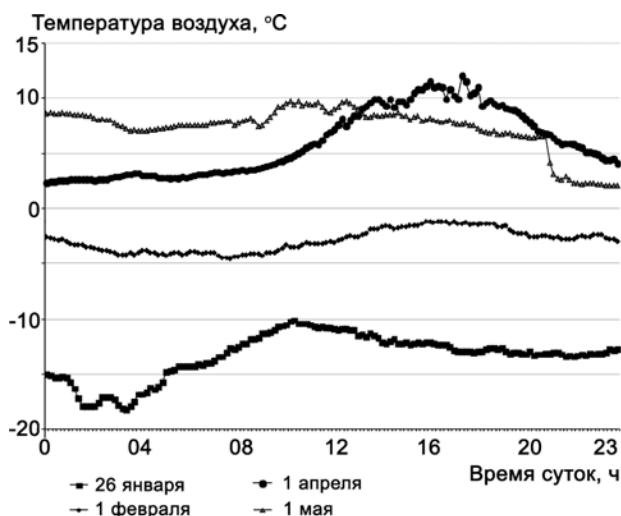


Рис. 10. Характерные графики изменения температуры воздуха
Fig. 10. Typical graphs of air temperature change

Статистическая обработка данных за многолетний период и сравнительные данные по осредненным среднемесячным температурам для ряда городов России приведены на рис. 11.

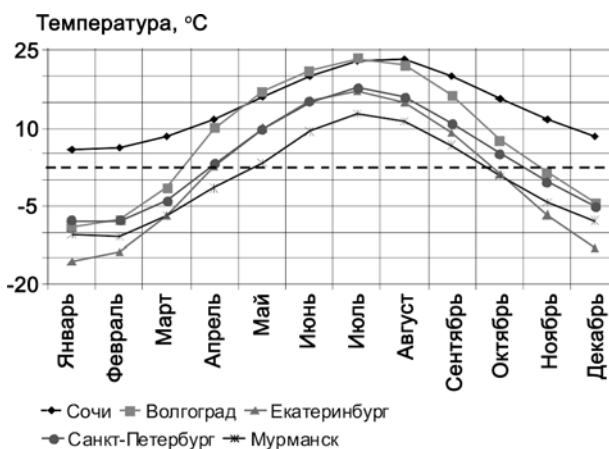


Рис. 11. Изменение среднемесячной температуры воздуха
Fig. 11. Change in average monthly air temperature

Полученные данные указывают на циклический характер изменения средних температур с существенно более низкими значениями и амплитудой годовых изменений для зон с выраженным резко-континентальным климатом.

Стохастичность графиков потребления электрической энергии

Наряду с мониторингом поступлений энергии от возобновляемых источников и характеристик окружающей среды выполнено исследование стохастических характеристик графиков энергопотребления. На рис. 12, 13 показаны типовые графики энергопотребления отдельного офисного здания в многолетнем (рис. 12) и суточном циклах (рис. 13).

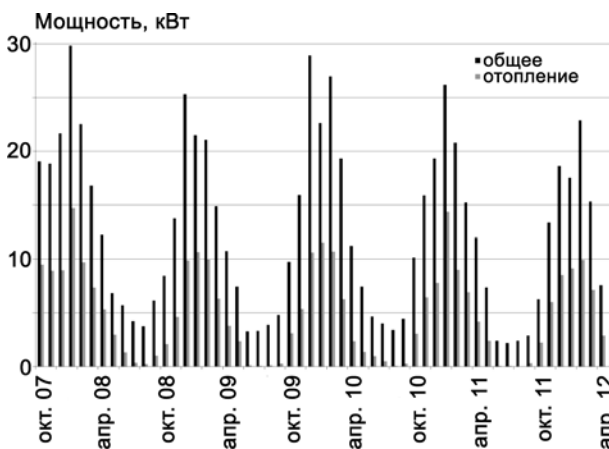


Рис. 12. График изменения потребляемой электрической энергии (5-летний цикл)
Fig. 12. Graph of electricity consumption changes (5-year cycle)

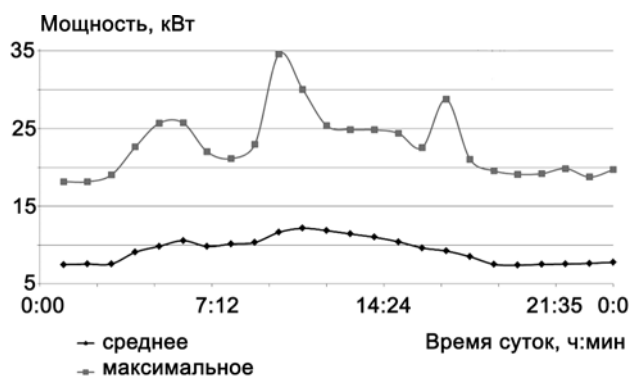


Рис. 13. Суточное потребление электрической энергии (5-летний цикл)

Fig. 13. Daily consumption of electric power electricity (5-year cycle)

Полученные результаты указывают на наличие сезонной и суточной неравномерности потребления энергии, характеризующиеся статистическим характером изменения.

Обсуждение результатов

Результаты мониторинга долговременных и мгновенных характеристик поступления солнечной радиации, температур окружающей среды и потребляемой мощности позволяют обнаружить некоторые общие закономерности:

- выраженный сезонный характер изменения перечисленных характеристик с минимумами (солнечная радиация, температура) и максимумом потребления энергии в зимний период;
- высокие поступления солнечной радиации и температуры окружающей среды с минимальной потребностью в энергии в летний период;
- выраженный стохастический характер изменения мгновенных значений всех перечисленных характеристик с высоким уровнем дисперсии.

Для обеспечения надежного энергоснабжения потребителей от установок, использующих возобновляемые источники энергии, возникает необходимость решения задачи оценки производимой мощности на уровне не ниже требуемой. Полагая, что график нагрузки солнечной энергетической установки характеризуется постоянным значением суточной потребности в энергии E_n , определим вероятность события, при котором рабочей мощности энергетической установки будет достаточно для покрытия нагрузки в виде:

$$\begin{aligned} Z(n) &= P[E(n) \geq E_n] = \\ &= \int_{E_n}^{\infty} f(E, M_{\text{ФЭП}}(n), \sigma_{\text{ФЭП}}(n)) dE = \\ &= \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{M_{\text{ФЭП}}(n) - E_n}{\sqrt{2} \sigma_{\text{ФЭП}}(n)} \right) \right), \end{aligned}$$

где $\operatorname{erf}(x)$ – функция ошибок.

$M_{\text{ФЭП}}(n)$, $\sigma_{\text{ФЭП}}(n)$ – среднее значение и среднеквадратическое отклонение суточной выработки энергии солнечной энергетической установкой, определяемые соответствующими характеристиками $M_Q(n)$ и $\sigma_Q(n)$, а также углом наклона, КПД и общей площадью преобразователей солнечной энергии. Из полученных зависимостей видно, что $Z(n)$ имеет максимум в самый энергонапряженный период года, когда суммарная суточная солнечная радиация минимальна. Интегральная обеспеченность мощностью может быть определена из выражения

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} Z(n) dn = \\ &= \frac{1}{2T} \int_{-T/2}^{T/2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{M_{\text{ФЭП}}(n) - E_n}{\sqrt{2} \sigma_{\text{ФЭП}}(n)} \right) \right) dn \end{aligned}$$

Заключение

1. Разработана и введена в эксплуатацию многоканальная, многопараметрическая, быстросейсмическая, распределенная в пространстве, компьютерная система мониторинга поступлений энергии от возобновляемых источников разных типов.

2. Выполнены экспериментальные исследования поступлений солнечной энергии, температур окружающего воздуха и потребления тепловой и электрической энергии в многолетнем, месячном и суточном циклах.

3. Полученные экспериментальные результаты указывают на возможность энергообеспечения в климатических зонах с резко-континентальным климатом без использования дополнительных источников энергии традиционного типа в летний период года.

4. Показано принципиальное значение использования для получения состоятельных вероятностных оценок малых периодов дискретизации и достаточных объемов выборок исследуемых статистических параметров.

Список литературы

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР: Серия 3, ч. 1-6, вып. 9. Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области, Башкирская АССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1990.
2. Погонин А.О. Принципы формирования автономных жилых зданий в экстремальных условиях природного характера // Дис. ... канд. архитектуры по специальности «Архитектура зданий и сооружений». М., 2010.
3. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Невьянцев С.В., Коржавин С.А. Комплекс дистанционного мониторинга установок возобновляемой энергетики с использованием Wi-Fi каналов и элементов технического зрения // WIT Transactions on Ecology and The Environment. 2014. Volume 2. P. 1185-1194.
4. Немков Д.А., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е. Исследование характеристик источников возобновляемой энергии с применением быстродействующей системы компьютерного мониторинга National Instruments. XIII Межд. научно-практ. конф. «Инженерные и научные приложения на базе технологий «National Instruments». Москва. Ноябрь 19-20, 2014, ДМК Пресс. С. 163-165.
5. NASA Langley Atmospheric Sciences Data Center (Distributed Active Archive Center)/ <http://eosweb.larc.nasa.gov/>.
6. Джайлани А.Т., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е. Исследование производительности фотоэлектрической установки малой мощности в климатических условиях Екатеринбурга // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Матер. науч. конф. с международным участием, Новосибирск, 24–26 марта 2015 г. Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2015. С. 203-207.

References

1. Naučno-prikladnoj spravovočnik po klimatu SSSR: Seria 3, časti 1-6, vypusk 9. Permskaâ, Sverdlovskaa, Čelâbinskaâ, Kurganskaâ oblasti, Baškirskaâ ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990.
2. Pogonin A.O. Principy formirovaniâ avtonomnyh žilyh zdaniy v êkstremaal'nyh usloviâh prirodnoho haraktera // Dis. ... kand. arhitektury po special'nosti «Arhitektura zdaniy i sooruzhenij». M., 2010.
3. Šeklein S.E., Nemihin Ū.E., Nev'ancev S.V., Koržavin S.A. Kompleks distancionnogo monitoringa ustanovok vozobnovlâemoj ênergetiki s ispol'zovaniem Wi-Fi kanalov i èlementov tehničeskogo zreniâ // WIT Transactions on Ecology and The Environment. 2014. Volume 2. R. 1185-1194.
4. Nemkov D.A., Nemihin Ū.E., Šeklein S.E. Issledovanie harakteristik istočnikov vozobnovlâemoj ênergii s primeneniem bystrodejstvuûšej sistemy komp'ûternogo monitoringa National Instruments. XIII Mežd. naučno-prakt. konf. «Inženernye i naučnye prilozeniâ na baze tehnologij «National Instruments». Moskva. Noâbr' 19-20, 2014, DMK Press. S. 163-165.
5. NASA Langley Atmospheric Sciences Data Center (Distributed Active Archive Center)/ <http://eosweb.larc.nasa.gov/>.
6. Džajlani A.T., Nemihin Ū.E., Šeklein S.E. Issledovanie proizvoditel'nosti fotoelektričeskoj ustanovki maloj mošnosti v klimatičeskih usloviâh Ekaterinburga // Ênergo- i resursoêffektivnost' maloëtažnyh žilyh zdaniy: Mater. nauč. konf. s meždunarodnym učastiem, Novosibirsk, 24–26 marta 2015 g. Novosibirsk: Izd-vo Instituta teplofiziki SO RAN, 2015. S. 203-207.

Транслитерация по ISO 9:1995





ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТИХОХОДНОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

A.B. Матвеев, С.Е. Щеклеин

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

Заключение совета рецензентов: 18.06.15 Заключение совета экспертов: 21.06.15 Принято к публикации: 24.06.15

В работе изложена методика и выполнен энергетический и эксергетический анализ нетто тихоходной многолопастной ветроэнергетической установки ВЭУ-5-4, получены коэффициенты энергии- и эксергии-нетто и сроки энергетической и эксергетической окупаемости для условий ряда регионов РФ. Приведенные в работе расчеты говорят о высокой эксергетической эффективности ветроэнергетических установок вследствие того, что конечным продуктом их производства является электроэнергия, в то время как на создание таких систем тратится много тепловой энергии.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, энергетический анализ нетто, срок эксергетической окупаемости, срок энергетической окупаемости, коэффициент энергии-нетто, коэффициент эксергии-нетто.

DETERMINATION OF EXERGETIC EFFICIENCY OF LOW-SPEED WIND POWER INSTALLATION

A.V. Matveev, S.E. Shcheklein

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

Referred: 18.06.15 Expertise: 21.06.15 Accepted: 24.06.15

The paper sets out the methodology and made net energy and exergy analysis of the low-speed multiblade windmill WEI-5-4, the coefficients of net energy and net exergy, energy and exergy payback periods produced for the conditions of a number of regions of the Russian Federation. Calculations made in the article indicate a high exergetic efficiency of wind power plants due to the fact that the end product of their production is electricity, while the creation of such systems spent a lot of heat.

Keywords: wind power installation, net energy analysis, exergy payback period, energy payback period, coefficient of net energy, coefficient of net exergy.



Андрей Валентинович
Матвеев
Andrey V. Matveev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

Почетная грамота министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области за активную работу со студентами по повышению энергоэффективности и развитию новых источников энергии (2011).

Образование: УГТУ-УПИ, инженер по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (2004).

Область научных интересов: возобновляемая энергетика, солнечная энергетика, ветроэнергетика, солнечные коллекторы, паровые турбины, газопоршневые электростанции.

Публикации: более 25, в том числе 5 в реферируемых журналах.

Information about the author: Candidate of Technical Sciences, UrFU, department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Associate Professor.

Diploma of the Ministry of Energy and Housing and Utilities of the Sverdlovsk region for their active work with students to improve energy efficiency and the development of new energy sources (2011).

Education: Ural State Technical University with a degree in engineering, "Alternative and renewable sources of energy" (2004).

Research area: renewable energy, solar energy, wind energy, solar collectors, steam turbines, gas-fired power plant.

Publications: more than 25, including 5 in refereed journals.



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.

Введение

Одной из наиболее развитых технологий возобновляемой энергетики на сегодняшний день является ветроэнергетика. Ее принцип заключается в преобразовании кинетической энергии ветра в механическую энергию вращающегося вала с возможностью последующего преобразования ее в электрическую энергию. Ветроэнергетические установки находят все более широкое применение в различных сферах человеческой деятельности для целей как постоянного, так и аварийного энергоснабжения различных категорий потребителей.

Зачастую решение о строительстве ветроэнергетической установки принимается на основе экономического анализа проекта с точки зрения получения максимальной прибыли и минимального срока окупаемости проектов, в ряде случаев при строительстве подобных систем решающим фактором выступает их

безальтернативность, например, для энергоснабжения отдаленных ответственных потребителей в местах с высокой ветровой обеспеченностью. В дополнение к экономическому анализу сегодня все более часто можно встретить энергетический и экстернетический анализ проектов. Он показывает эффективность с точки зрения не материальных или финансовых затрат, а соотношения энергии на создание и эксплуатацию объекта с тем количеством энергии, которое будет выработано за весь жизненный цикл. Нецелесообразно создавать установку, производящую меньшее количество энергии, чем было потрачено на ее создание, если, конечно, это не вызвано острой необходимостью.

Подобного рода анализ особенно актуален для установок возобновляемой энергетики, использующих энергию солнца и ветра, поскольку данные источники отличаются стохастичностью и рассеянием энергии в пространстве. Для того чтобы собрать этот поток энергии, приходится увеличивать размер агрегатов, что

приводит к повышению материалоемкости на киловатт установленной мощности, что в свою очередь влечет рост затрат энергии и эксергии на их производство. Этот вопрос особенно остро стоит в регионах с низким энергетическим потенциалом, поскольку, например, для использования малых скоростей ветра приходится увеличивать количество лопастей ветроустановки, что приводит к повышению материалоемкости. С другой стороны, такие ветроагрегаты чаще всего имеют небольшую мощность и малую годовую производительность, что существенно влияет на срок энергетической окупаемости проекта, поэтому исследование таких объектов наиболее важно.

Теоретическая часть

Основы данного подхода заложены в работах [1-3], по данной тематике был проведен ряд исследований как в России, так и за рубежом, но большая их часть относится к установкам традиционной энергетики, использующим органическое топливо. Целью данного исследования было определение эффективности тихоходной ветроэнергетической установки в условиях различной ветровой обеспеченности с точки зрения сквозного энергетического анализа.

Энергетический и эксергетический анализ любой энергетической установки целесообразно начинать с определения границ объекта, который подвергается анализу, а также всех составных частей, входящих в этот объект или необходимых для его функционирования. Предметом исследования стала тихоходная многолопастная крыльчатая ветроэлектрическая установка ВЭУ-5-4 с горизонтальной осью вращения. Данный ветроагрегат имеет номинальную мощность 4 кВт и предназначен для работы на территориях с низкой скоростью ветра для обеспечения энергией отдельных небольших неотчетливых потребителей. Внешний вид ВЭУ-5-4 представлен на рис. 1, основные технические характеристики – в табл. 1.

Затраты энергии на создание как отдельных деталей и узлов, так и всей ветроустановки в целом оценивались по формуле

$$Q_{k\Sigma} = k_{изг} \sum_{i=1}^n \frac{m_i Q_{ki}}{k_{им}}, \quad (1)$$

где $k_{изг}$ – поправочный коэффициент, учитывающий затраты энергии на изготовление деталей, сборку, транспортировку; n – количество деталей; m_i – масса заготовки для изготовления детали; Q_{ki} – затраты энергии на производство материала заготовки; $k_{им}$ – коэффициент использования материала.

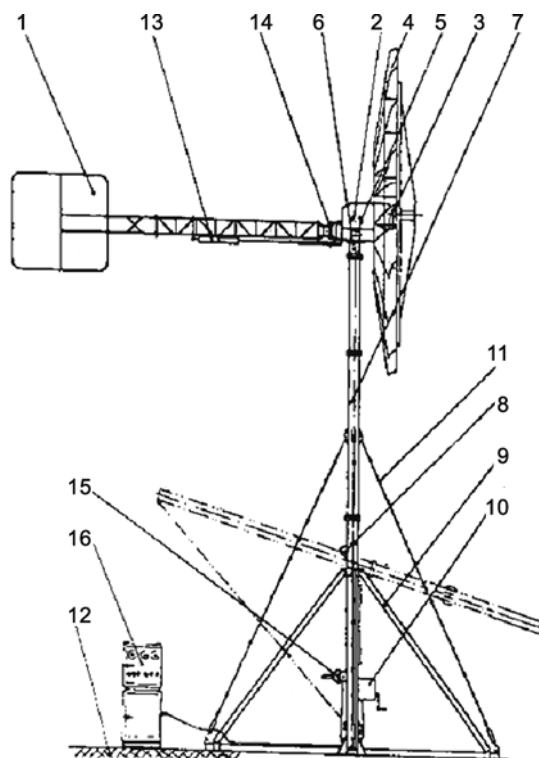


Рис. 1. Внешний вид и принципиальная схема ветроустановки ВЭУ-5-4: 1 – киль; 2 – платформа поворотная; 3 – ветроколесо; 4 – лопасти; 5 – балка боковая со щитом; 6 – опорный узел; 7 – башня; 8 – шарнир; 9 – основание; 10 – лебедка; 11 – растяжка; 12 – фундамент; 13 – механизм останова; 14 – шарнир; 15 – привод; 16 – электрооборудование (кроме установленного в поворотной платформе)

Fig. 1. The appearance and the schematic diagram of wind turbine WPI-5-4: 1 – keel; 2 – rotating platform; 3 – wind wheel; 4 – vane; 5 – bar side with a shield; 6 – the support unit; 7 – tower; 8 – hinge; 9 – base; 10 – winch; 11 – bracing; 12 – foundation; 13 – shut-off mechanism; 14 – hinge; 15 – gear; 16 – electric equipment (except installed in the rotating platform)

Таблица 1
Основные технические характеристики ВЭУ-5-4
Table 1
The main technical characteristics WPI-5-4

Параметр	Значение
Диаметр ветроколеса, м	5
Высота до оси ветроколеса, м	8,22
Число лопастей, шт.	24
Диапазон рабочих скоростей ветра, м/с	3,5-25
Расчетная скорость ветра, м/с	10
Частота вращения ветроколеса, об/мин	
рабочая	55
максимальная	100
Установ ветроколеса на ветер	с помощью килля хвостовой балки
Способ регулирования частоты вращения	вывод из-под ветра боковой балкой со щитом
Номинальная мощность генератора, кВт	4
Масса ветроагрегата, кг, не более	1500

Затраты энергии и эксергии на производство материалов, из которых сделана ветроустановка, оценивались по данным [3, 4-6]. В ходе изучения конструкторской документации завода-изготовителя были

рассчитаны энергетические и эксергетические затраты на создание заготовок для 217 различных деталей, из которых состоит ветроагрегат. Эти детали образуют 18 сборочных узлов и агрегатов, основные из них: растяжка, опора, башня, ветроколесо, основание, шарнир, киль, балка, подставка под генератор, редуктор, генератор и прочие сопутствующие изделия, кроме того, в расчете были учтены затраты на фундамент. В результате исследования конструкции ветроагрегата было установлено, что для его изготовления используется стандартный сортамент материалов, требующий минимум механической обработки, поэтому коэффициент использования материала находится на уровне 0,9. Результаты расчета энергетических затрат на создание отдельных узлов ветроагрегата ВЭУ-5-4 на основе описанной выше методики приведены на рис. 2. Общие энергетические затраты на создание установки, рассчитанные по (1), составили 98653 МДж, эксергетические затраты – 83699 МДж.

Как видно из рис. 2, самым энергоемким элементом, на который приходится 33% энергетических и эксергетических затрат, является ветроколесо. Это связано с тем, что в его конструкции в основном используется алюминий, имеющий повышенную энергоемкость. Также энергоемкими элементами являются основание и башня – 21 и 17% энергетических затрат и 20, 18% эксергетических затрат соответственно. Это связано с тем, что данные узлы имеют наибольшую массу из всех сборочных единиц, входящих в состав ветроагрегата.

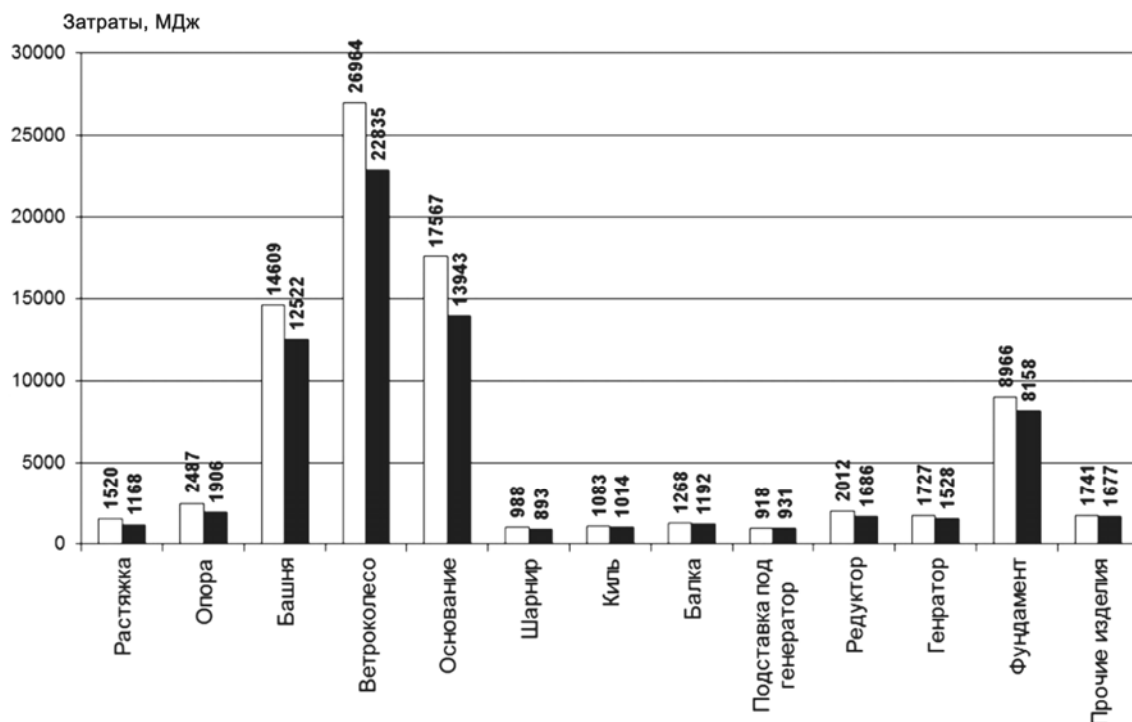


Рис. 2. Сравнение затрат энергии и эксергии на создание различных элементов ветроэнергетической установки ВЭУ-5-4
Fig. 2. Comparison of the energy and exergy costs for the creation of various elements of the wind power installation WPI-5-4

Для определения коэффициента энергии- и эксергии-нетто, а также срока энергетической и эксергетической окупаемости ветроагрегата ВЭУ-5-4 был выполнен расчет его производительности для различных условий ветровой обеспеченности по методике [7]. Ветроустановка производит электрическую энергию, которая относится к классу «безэнтропийных», т. е. может быть полностью преобразована в любой другой вид энергии, поэтому произведенная энергия равна произведенной эксергии.

Энергетическая эффективность данной установки оценивалась при помощи коэффициента энергии-нетто и эксергии-нетто по формулам

$$K_Q = Q_{\text{отв}} / Q_{k\Sigma} ; \quad (2)$$

$$K_E = E_{\text{отв}} / E_{k\Sigma} , \quad (3)$$

где $Q_{\text{отв}}$, $E_{\text{отв}}$ – энергия и эксергия, произведенная установкой за весь срок эксплуатации; $Q_{k\Sigma}$, $E_{k\Sigma}$ – энергия и эксергия, необходимые для создания установки.

Еще одним критерием, характеризующим эффективность установки, является срок энергетической и эксергетической окупаемости:

$$\tau_Q^{\text{ок}} = Q_{k\Sigma} / Q_{\text{пр}} ; \quad (4)$$

$$\tau_E^{\text{ок}} = E_{k\Sigma} / E_{\text{пр}} , \quad (5)$$

где $Q_{\text{пр}}$, $E_{\text{пр}}$ – энергетическая и эксергетическая производительность установки.

При расчетах коэффициентов энергии- и эксергии-нетто за срок службы установки, согласно [8], брался период, назначенный заводом-изготовителем, равный 10 годам. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Результаты расчетов энергетических характеристик ВЭУ-5-4

Results of calculations of energy characteristics of VPI-5-4

Таблица 2

Table 2

Параметр	Якша	Нижний Тагил	Усть-Хайрюзово	Анадырь	Ра-Из	Таганай
Средняя скорость ветра, м/с	2	3,6	5,2	6,5	7,8	10,3
Масштабный параметр A кривой распределения Вейбулла	2,4	4,2	6	7,2	8,8	12
Параметр формы k кривой распределения Вейбулла	1,47	1,45	1,29	1,6	1,31	1,68
Средняя мощность, кВт	0,33	0,98	1,61	1,97	2,24	2,95
Выработка энергии за год, МДж	10 328	30 848	50 675	62 037	70 612	93 031
Коэффициент энергии-нетто K_Q	1,05	3,13	5,14	6,29	7,16	9,43
Коэффициент эксергии-нетто K_E	1,23	3,69	6,05	7,41	8,44	11,11
Срок энергетической окупаемости $\tau_Q^{\text{ок}}$, лет	9,55	3,2	1,95	1,59	1,4	1,06
Срок эксергетической окупаемости $\tau_E^{\text{ок}}$, лет	8,1	2,71	1,65	1,35	1,19	0,9

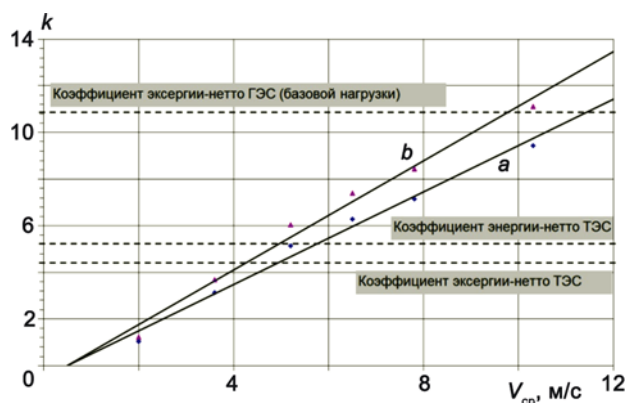


Рис. 3. Зависимость изменения коэффициента энергии-нетто (а) и коэффициента эксергии-нетто (b) от средней скорости ветра
Fig. 3. The dependence of the changes in the coefficient of net energy (a), the coefficient of net exergy (b) from the mean wind speed

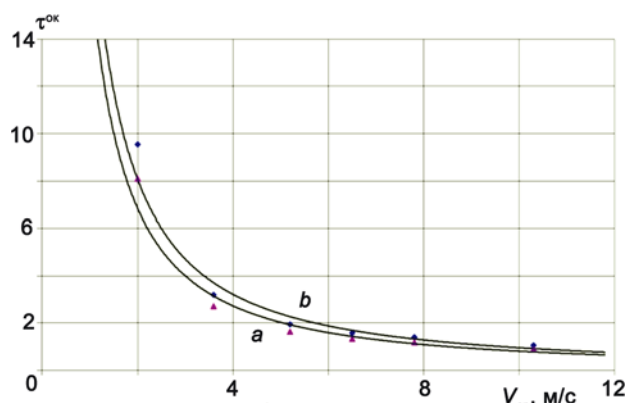


Рис. 4. Зависимость срока энергетической окупаемости (а) и эксергетической окупаемости (b) от средней скорости ветра
Fig. 4. The dependence of the energy payback period (a) and exergy payback period (b) from the mean wind speed

Эффективность ветроустановки зависит от ее местоположения. Поэтому для упрощения определения эффективности в зависимости от располагаемого потенциала результаты расчетов были аппроксимированы зависимостями (рис. 3, 4)

$$K_Q = 0,99V_{cp} - 0,49; \quad (6)$$

$$K_E = 1,17V_{cp} - 0,58; \quad (7)$$

$$\tau_Q^{ok} = 20,27V_{cp}^{-1,33}; \quad (8)$$

$$\tau_E^{ok} = 17,20V_{cp}^{-1,33}. \quad (9)$$

Заключение

Исходя из полученных расчетных данных, видно, что при средней скорости ветра на рассматриваемой территории порядка 5 м/с коэффициенты энергии- и эксергии-нетто для ветроагрегата ВЭУ-5-4 находятся на уровне аналогичных показателей для ТЭС и АЭС [3, 9, 10]. При более высоких скоростях ветра данные коэффициенты увеличиваются и начинают превышать уровень аналогичных показателей установок традиционной энергетики, достигая при средней

скорости ветра 9,9 м/с уровня коэффициента эксергии-нетто гидроэлектростанций, обеспечивающих базовую нагрузку, имеющих самое высокое значение данного коэффициента [3].

В процессе изготовления ветроустановки использовалась тепловая энергия, которая относится к так называемой «энтропийной» группе. Ветроагрегат, в свою очередь, производит электрическую энергию, которая относится к «безэнтропийной» группе [3]. Исходя из этого, энергетические затраты на производство ВЭУ-5-4 превышают эксергетические, и коэффициент эксергии-нетто при одной и той же ветрообеспеченности оказывается выше коэффициента энергии-нетто.

Сроки энергетической и эксергетической окупаемости для условий рассматриваемых метеостанций изменялись в пределах от 1,06 до 9,55 и от 0,9 до 8,10 года соответственно. При средней скорости ветра на территории более 3,6 м/с срок энергетической окупаемости не превышает 3,20 года, что является высоким показателем. Улучшить энергетические характеристики ветроагрегата ВЭУ-5-4 можно, например, путем замены материала ветроколеса с алюминия на углеродистую сталь или стеклопластик с внесением соответствующих изменений в конструкцию.

Список литературы

1. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Эффективность использования энергии. Новосибирск: ВО «Наука», Сибирская издательская фирма, 1994.
2. Янговский Е.И. Потоки энергии и эксергии. М.: Наука, 1988.
3. Бродянский В.М., Верховкер Г.П., Карчев Я.Я. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Киев: Наук. думка, 1991.
4. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Розин С.Е., Дружинина О.Г., Пареньков А.Е. Энергетический анализ. Методика и базовое информационное обеспечение: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001.
5. Исакович Г.А., Слудкин Ю.Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве. М.: Стройиздат, 1988.
6. Панченко Г.Г., Коробко Б.П. Энергоемкость заготовок деталей машин // Новое в науке, технике, производстве: Обзорная информация для руководителя. Серия: Промышленная энергетика и энергосбережение. Киев, НИИНТИ, вып. 11990.
7. Старков А.Н., Ландберг Л., Безруких П.П., Борисенко М.М. Атлас ветров России. М.: Можайск-Терра, 2000.
8. ГОСТ Р 51991-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Общие технические требования.
9. Алексеев В.В. Экология и экономика энергетики глазами эколога. М.: Знание, 1990.
10. Иванов Г.А., Волошин Н.П., Ганеев А.С., Крупин Ф.П., Литвинов Б.В., Кузьминых С.Ю., Свалухин А.И., Шибаршов Л.И. Взрывная дейтериевая энергетика. Снежинск, 1996.

References

1. Stepanov V.S., Stepanova T.B. Èffektivnost' ispol'zovaniâ ènergii. Novosibirsk: VO «Nauka», Sibirskaa izdatel'skaa firma, 1994.
2. Ântovskij E.I. Potoki ènergii i èksergii. M.: Nauka, 1988.
3. Brodânskij V.M., Verhivker G.P., Karčev Â.Â. i dr. Èksergetičeskie rasčety tehničeskikh sistem. Kiev: Nauk. dumka, 1991.
4. Lisienko V.G., Šelokov Â.M., Rozin S.E., Družinina O.G., Paren'kov A.E. Ènergetičeskij analiz. Metodika i bazovoe informacionnoe obespečenie: učebnoe posobie. Ekaterinburg: UGTU-UPI, 2001.
5. Isakovič G.A., Sluckin Ū.B. Èkonomiâ toplivno-ènergetičeskikh resursov v stroitel'stve. M.: Strojizdat, 1988.
6. Pančenko G.G., Korobko B.P. Ènergoemkost' zagotovok detalей mašin // Novoe v nauke, tehnike, proizvodstve: Obzornaâ informaciâ dlâ rukovoditelâ. Seriâ: Promyšlennaâ ènergetika i ènergobereženie. Kiev, NIINTI, vyp. 11990.
7. Starkov A.N., Landberg L., Bezrukih P.P., Bo-risenko M.M. Atlas vetrov Rossii. M.: Možajsk-Terra, 2000.
8. GOST R 51991-2002 Netradicionnaâ ènergetika. Vetroènergetika. Ustanovki vetroènergetičeskie. Obšie tehničeskie trebovaniâ.
9. Alekseev V.V. Èkologiâ i èkonomika ènergetiki glazami èkologa. M.: Znanie, 1990.
10. Ivanov G.A., Vološin N.P., Ganeev A.S., Krupin F.P., Litvinov B.V., Kuz'minyh S.Ū., Svaluhin A.I., Šibaršov L.I. Vzryvnaâ dejterievaâ ènergetika. Snežinsk, 1996.

Транслитерация по ISO 9:1995



УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ГАЗОВЫМИ ПОТОКАМИ

В.А. Климова, Ю.Е. Немихин, С.Е. Щеклеин

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: 23.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

В работе приведена постановка задачи компьютерного моделирования для исследования обтекания свободно взвешенных (левитирующих) шаровых элементов в канале потоком газа. Показана необходимость верификации результатов моделирования для развития модели. Приведены требования к методике экспериментальной верификации результатов моделирования. Даны результаты разработки экспериментального стенда и методик для исследования гидродинамики обтекания тел вращения газовыми потоками.

Ключевые слова: шаровые элементы, гидродинамика, бесконтактная диагностика, измерение поля скорости, трековая диагностика, «Полис».

THE FACILITY FOR EXPERIMENTAL VALIDATION OF HYDRODYNAMICS AND HEAT EXCHANGE SIMULATION OF THE GAS FLOW OVER THE SOLIDS OF REVOLUTION

V.A. Klimova, Yu.E. Nemikhin, S.E. Shcheklein

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: 23.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

The paper gives the problem statement of the computer simulation for the investigation of the gas flux over the suspended (levitating) spherical elements in the channel. The necessity of the simulation results validation for the further model development is shown. The requirements for the methods of experimental validation of simulation results are formulated. Given are the results of the experimental facility and measurement methods preparation for the investigation of hydrodynamics of the gas flow over the solids of revolution.

Keywords: spherical elements, hydrodynamics, contactless diagnostics, velocity field measurement, track diagnostics, "Polis".



*Виктория Андреевна
Климова
Viktoria A. Klimova*

Сведения об авторе: ст. преподаватель кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

Награды и научные премии: Почетная грамота министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области за активную работу со студентами по повышению энергоэффективности и развитию новых источников энергии (2011).

Образование: Уральский гос. технический университет – Уральский политехнический институт по специальности «Атомные электрические станции и установки» (2007).

Область научных интересов: ядерная энергетика и технологии, производство водорода, компьютерное моделирование теплогидравлических процессов.

Публикации: более 40, в том числе 7 в реферируемых журналах.

Information about the author: senior lecturer of Nuclear power plants and renewable energy sources department, UrFU.

Education: Nuclear power plants and units, Ural State Technical University (UrFU), 2007.

Research area: nuclear energy and technology, hydrogen production, computer simulation of hydrodynamics.

Publications: more than 40.



Юрий Евгеньевич
Немихин
Yurii E. Nemikhin

Сведения об авторе: ст. преподаватель кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

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).

Образование: Уральский гос. университет им. А.М. Горького (УрГУ) (1971).

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.

Information about the author: senior lecturer of Nuclear power plants and renewable energy sources department, UrFU.

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).

Education: Ural State University (1971).

Research area: 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 in refereed journals.



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.

Введение

Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы (ВТГР) являются одним из перспективных направлений развития ядерной энергетики, так как могут служить источником энергоснабжения многих технологических процессов. Такие реакторы способны поставлять высокопотенциальную тепловую энергию (с температурой до 900-1000 °C) и обеспечивать значительную долю промышленных потребителей. К настоящему моменту разработано много вариантов конструкции ВТГР, однако для промыш-

ленных целей наибольшим потенциалом обладают реакторы с шаровыми тепловыделяющими элементами (ТВЭлами) [1–2]. Рассматриваются варианты использования таких ТВЭлов в каналах и в виде шаровых засыпок.

Шаровые засыпки, применяемые в аппаратах, обычно представляют собой плотный дисперсный слой. Плотным называется слой, в котором частицы соприкасаются между собой, хотя через слой и продвигается газ. В зонах контакта шаров происходит резкое ухудшение условий теплоотвода, возникает неравномерность температур по поверхности шара,

способная в ряде случаев привести к повреждению вследствие возникновения термомеханических напряжений [3]. Канальное размещение твэлов сохраняет все вышеуказанные недостатки, хотя и имеет ряд технологических преимуществ.

Альтернативой шаровой засыпке является гидродинамический подвес шаров в каналах со специально организованным потоком газа (аналогия парадокса Даламбера-Эйлера). В этом случае шары не имеют точек соприкосновения и находятся в состоянии интенсивного вращения в потоке, что приводит к образованию вихревых потоков, срыву пограничного слоя и радикально повышает интенсивность теплообмена при отсутствии неравномерности распределения тепловыделения по поверхности шара.

Однако экспериментальные исследования гидродинамических эффектов при обтекании шаров в таких условиях крайне затруднены, так как практически полностью исключают возможность применения контактных методов.

Основной целью данной работы является разработка компьютерной модели для исследования гидродинамики и теплообмена при обтекании свободно взвешенных (левитирующих) шаровых элементов в газовом потоке, движущемся в цилиндрическом канале. Процесс создания модели подразумевает этап экспериментальной верификации, которая призвана доказать адекватность и точность моделирования.

Математическая модель и основные моменты численной методики

В настоящее время развитие компьютерных методов моделирования позволяет достаточно детально исследовать вихревые структуры, образующиеся вблизи поверхности шаров, а также их взаимодействие с основным потоком газа в межшаровом пространстве.

Для моделирования обтекания шаровых элементов потоком газа в данной работе использовался пакет Flow Simulation, являющийся компонентом системы автоматизированного проектирования Solid Works.

В Flow Simulation используется математическая модель, в основе которой лежат уравнения Навье – Стокса [4], включающие

– уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v}) = 0, \quad (1)$$

где ρ – плотность; $\mathbf{v}$ – вектор скорости; t – время;
– уравнение переноса импульса

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{v}) = -\nabla p + \nabla(\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + S_i, \quad (2)$$

где p – давление в жидкости; τ и τ^R – тензор вязких напряжений; S – внешняя сила; индексы i и j используются для суммирования по трем осям координат;

– уравнение переноса энергии

$$\frac{\partial \rho H}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v} H) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[u_j (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + q_i \right] + \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}^R \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + S_i v_i + Q_H, \quad (3)$$

где $H = h + v^2/2$; h – энтальпия среды; q_i – тепловой поток; Q_H – приток или отток теплоты на единицу объема.

Система уравнений замыкается уравнениями состояния текучей среды и эмпирическими зависимостями теплофизических свойств от температуры и давления. Для жидкости или газа пользователь определяет плотность, вязкость, теплопроводность и удельную теплоемкость.

Для расчета потока вблизи стенки и описания перехода от ламинарного течения к турбулентному и наоборот используется модель ламинарного и турбулентного пограничного слоя, которая основана на так называемом приближении приведенной функции стенки. В рамках этой модели рассчитываются точные граничные условия по скорости и температуре, которые затем применяются в приведенных выше уравнениях сохранения.

Для расчета турбулентных течений используется метод RANS (усредненные по Рейнольдсу уравнения Навье – Стокса). При этом в системе уравнений появляются добавочные члены (напряжения Рейнольдса) [4]:

$$\tau_{ij}^R = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij}, \quad (4)$$

где $\delta_{ij} = 1$ при $i = j$, $\delta_{ij} = 0$ при $i \neq j$ – дельта-функция Кронекера; μ_t – коэффициент вязкости турбулентных вихрей; k – кинетическая энергия турбулентности. Для расчета ламинарных и турбулентных течений используется одна и та же система уравнений, но при ламинарном течении k и $\mu_t = 0$. В рамках k - ϵ модели турбулентности, где ϵ – скорость диссипации,

$$\mu_t = f_\mu C_\mu \rho k^2 / \epsilon, \quad (5)$$

где f_μ – комплекс, учитывающий турбулентную вязкость.

К настоящему моменту проведено большое количество численных исследований обтекания шара или круглого цилиндра потоком газа при разных числах Рейнольдса. Для расчета турбулентных течений используются разные методики, самые распространенные из которых – DNS (Direct numerical simulation – прямое численное моделирование), LES (Large eddy simulation – моделирование больших вихрей) и уже упомянутое RANS. В работе [5] проведено сравнение методик LES и RANS и нескольких моделей турбулентности применительно к исследованию поля потока и механизма теплообмена в активной зоне реактора PBMR – высокотемпературного газоохлаждае-

мого реактора с шаровой засыпкой. Эти исследования показали, что методика RANS адекватно моделирует поведение потока в слое шаровых элементов.

Для нахождения численного решения поставленной задачи непрерывная нестационарная математическая модель физических процессов дискретизируется как по пространству, так и по времени (в случае стационарной задачи процессы моделируются как установившиеся во времени). Расчетная область покрывается трехмерной расчетной сеткой, грани ячеек которой параллельны координатным плоскостям. Поскольку в Flow Simulation используется метод конечных объемов [4], значения независимых переменных рассчитываются в центрах ячеек сетки. Процесс построения расчетной сетки начинается с построения базовой сетки. Число ячеек базовой сетки задается пользователем в виде числа ячеек вдоль каждой из координатных осей. Для разрешения расчетной сетки относительно небольших геометрических особенностей расчетной модели используется локальное дробление ячеек базовой сетки, т.е. каждая базовая ячейка в области контакта твердого тела и текучей среды делится на 8 одинаковых дочерних ячеек. Flow Simulation поддерживает 7 уровней дробления. Аналогично разрешаются области с большими градиентами физических параметров текучей среды или температуры твердого тела. Дробление производится как до начала, так и во время расчета.

Разработка компьютерной модели

Компьютерная модель представляет собой канал, в котором расположен шаровой элемент. Кроме того, в канале могут быть расположены вкладки различной геометрии, которые турбулизируют поток газа и позволяют получить лучшие аэродинамические и теплообменные характеристики. Шаровой элемент может быть источником теплоты.

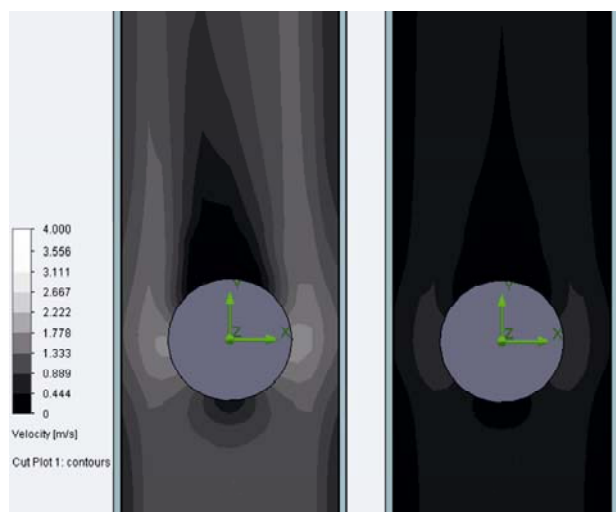


Рис. 1. Распределение скорости по сечению канала:
а – $Re = 10^4$; б – $Re = 4\,000$

Fig. 1. Velocity cut plot: а – $Re = 10^4$; б – $Re = 4\,000$

На входе в канал задается скорость газового потока, по которой определяется число Рейнольдса (как произведение скорости на диаметр канала, отнесенный к коэффициенту динамической вязкости газа). В качестве результатов моделирования рассматриваются картины в сечении, показывающие распределение скоростей потока (рис. 1), траектории потока, а также некоторые интегральные расчетные характеристики (например, сила, действующая на шар со стороны потока). На рис. 1 приведен пример для изотермического течения воздуха в канале без вкладок; диаметр канала равнялся 70 мм, диаметр шара – 40 мм.

При разработке компьютерной модели очень важным этапом является верификация результатов моделирования. Следовательно, нужно поставить эксперимент, в котором воспроизводятся условия одного из вариантов компьютерной модели, а затем сравнить экспериментально полученные данные и результаты моделирования.

Изучение особенностей сложной пространственной структуры турбулентных потоков в условиях присутствия нестационарных вихревых процессов, связанных как со структурой воздушного потока, так и с формированием и срывом пограничного слоя с вращающегося шара, предъявляет требования высокой пространственной и временной разрешающей способности методики измерения мгновенных значений скорости в разных точках потока. Задача дополнительно осложняется наличием низкочастотных прецессионных колебаний шарового элемента в потоке воздуха.

Для верификации результатов математического моделирования в рамках данной задачи рассматривалось несколько методик с точки зрения возможности получения требуемого объема и точности результатов. Это

- метод теневых исследований Теплера;
- фотографический метод стробоскопической визуализации;
- метод лазерной доплеровской анемометрии (ЛДА);
- метод цифровой трассерной визуализации (particle image velocimetry, PIV).

Из рассмотренных методов только последний удовлетворял требованиям поставленной задачи.

Экспериментальный стенд и методика исследований

Для верификации результатов моделирования необходимо экспериментальное исследование структуры течения в цилиндрическом канале со свободно взвешенными (левитирующими) в потоке шаровыми элементами. Измерение аэродинамических характеристик пространственного турбулентного течения проводилось на изотермической лабораторной модели диаметром 80 и длиной 1200 мм, изготовленной из монолитного поликарбоната толщиной 3 мм. Основными элементами экспериментального стенда

являются: автоматизированный комплекс регулирования подачи сжатого воздуха; изотермическая лабораторная модель технологического канала; контролируемые приборы. Стенд подключен к сети сжатого воздуха и системе вентиляции, оснащен устройством засева потока трассерами (генератор тумана Martin Magnum 1800). Установка позволяет проводить исследования режимов течения при числе Рейнольдса 10^4 – 10^6 , что обеспечивает применимость полученных результатов для анализа аэродинамики установок реального масштаба [6, 7]. Диагностика вихревого течения осуществлялась методом цифровой трассерной визуализации (PIV). Метод PIV – полевой оптический метод измерения полей скорости жидкости и газа. Для измерения полей скорости в интересующих сечениях модели применялась PIV-система «Полис», разработанная в ИТ СО РАН [8, 9]. Система позволяет измерять две компоненты вектора скорости одновременно во всем заданном сечении (320×320 мм).

«Полис» включает в себя: двойной импульсный Nd:YAG-лазер Quantel EVG с энергией в импульсе 145 мДж; объектив для формирования лазерного ножа; цифровую кросскорреляционную камеру Видеоскан 4021 с разрешением 2048×2048 пикселей; широкоугольный объектив Nikon 28mm F/2.8D; синхронизирующий процессор; персональный компьютер с программным обеспечением Actual Flow.

Принцип метода PIV состоит в следующем [6, 10–12]. Импульсный лазер создает тонкий световой нож и освещает мелкие частицы (трассеры), взвешенные в исследуемом потоке. Положения частиц в момент двух последовательных вспышек лазера регистрируются на два кадра цифровой камеры. Локальная скорость потока определяется расчетом перемещений частиц за время между вспышками лазера. Определение перемещения основано на применении корреляционных методов к трассерным картинкам с использованием регулярного разбиения на элементарные подобласти. Варьирование времени задержки между лазерными вспышками позволяет измерять скорость в диапазоне от долей миллиметра в секунду до сверхзвуковых значений. В качестве трассеров в экспериментах использовались микрокапли специальной жидкости на основе глицерина, создаваемые дымогенератором. Подача трассеров осуществлялась через трубу Вентури, установленную в канал основного потока до входа в модель. Их концентрация регулировалась уровнем мощности дымогенератора. Малая инерционность микрокапель (характерный размер 1–5 мкм) обеспечивает соответствие их скорости параметрам потока воздуха. Экспериментальные исследования поля скорости течения должны проводиться при следующих условиях: рабочая среда – сжатый воздух; число Рейнольдса, рассчитанное по диаметру экспериментального канала. Измерения должны проводиться в 5 сечениях, захватывающих характерные точки шарового элемента (лобовая часть, 1/4а, 1/2, 3/4 диаметра

и кормовая часть). Принципиальная схема рабочего канала с шаровыми элементами и размещение оптического тракта измерительного оборудования показаны на рис. 2.

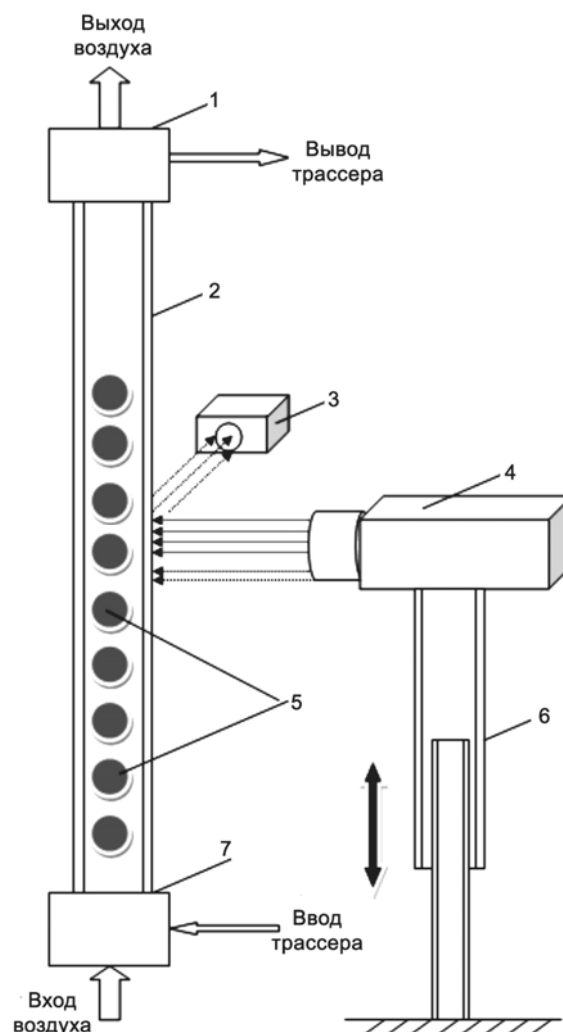


Рис. 2. Схема рабочего канала с шаровыми элементами и размещение оптического тракта измерительного оборудования: 1 – сепаратор трассера; 2 – рабочий канал; 3 – скоростная телекамера; 4 – импульсный лазер; 5 – шаровые элементы; 6 – телескопическая опора оптической системы; 7 – система ввода трассера

Fig. 2. The diagram of the channel with spherical elements and the arrangement of optical tract and measurement equipment: 1 – tracer separator; 2 – working channel; 3 – high-speed camera; 4 – pulsed laser; 5 – spherical elements; 6 – optical system telescopic strut; 7 – tracer input system

Общая схема включения оборудования PIV системы «Полис» приведена на рис. 3.

Источником световых импульсов в данной схеме является лазер, который состоит из излучателя и системного блока [13]. В излучателе расположены: 2 лазерных резонатора, 2 квантрона с активным веществом и лампой накачки, система сведения лучей, преобразователь частоты лазерного излучения и оптический attenuатор. В системном блоке располо-

жены: источник питания импульсных ламп накачки лазера, система охлаждения лазера и блок управления работой лазера. Излучатель и системный блок через разъем соединены между собой гибким рукавом, в котором размещены шланги системы охлаждения, кабели силового питания и сигнальные кабели.

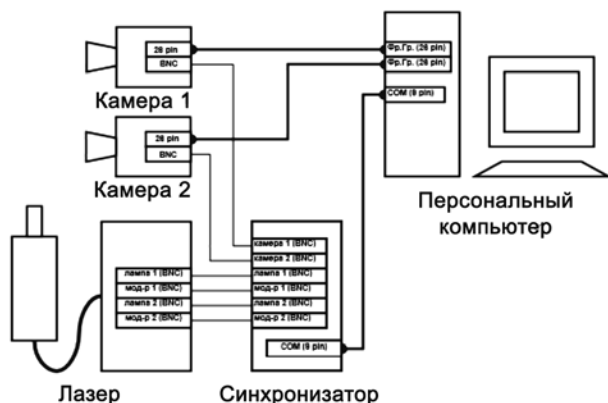


Рис. 3. Общая схема включения оборудования PIV системы «Полис»

Fig. 3. "Polis" system connection scheme

Локализация светового импульса в измерительную область осуществляется с помощью оптической насадки (создания лазерного ножа и системы регулирования его толщины). Фокусное расстояние оптической системы может меняться от 0,3 до 0,6 м. При этом толщина лазерного ножа меняется от 0,5 до 3 мм.

Регистрация отраженных оптических импульсов осуществляется кросскорреляционной камерой, которая предназначена для двукратной регистрации трассерных картин в потоке и может работать как в двухкадровом, так и в однокадровом режиме. Временная задержка между вспышками лазера при двухкадровом режиме регистрации кадров может варьироваться от 10 мкс до 259 мс.

Программное обеспечение

Программное обеспечение Actual Flow, поставляемое с системой, используется для автоматизации процесса проведения эксперимента, хранения и обработки данных; визуализации экспериментальных и рассчитанных данных, а также предоставляет удобные механизмы управления данными.

Программное обеспечение состоит из следующих основных модулей:

- менеджер базы данных предназначен для управления данными: их хранения, записи, удаления, импорта/экспорта;
- менеджер эксперимента позволяет пользователю программировать параметры работы синхронизатора и управлять процессом эксперимента;
- менеджер обработки данных позволяет проводить обработку данных алгоритмами, зарегистрированными в программном обеспечении.

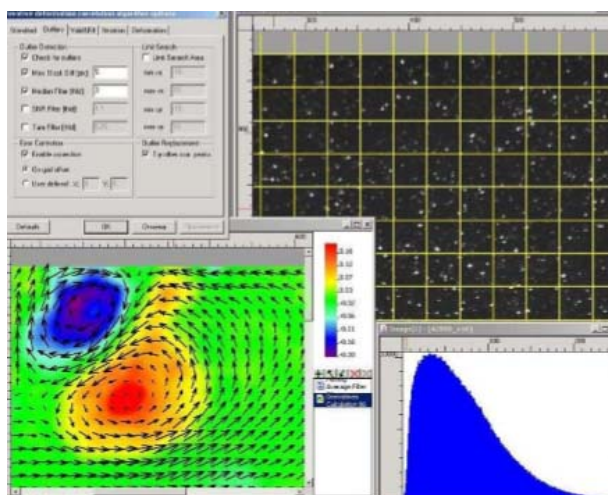


Рис. 4. Экранное меню программы обработки оптических сигналов Actual Flow

Fig. 4. Optical signals treatment program Actual Flow on-screen menu

Вид экранного меню системы с примером обработки поля скоростей приведен на рис. 4.

Организация совместной работы лазера и камеры осуществляет синхронизирующий процессор, предназначенный для отсчета временных интервалов и генерации синхроимпульсов через заданные промежутки времени. Процессор имеет восемь идентичных каналов отсчета временных интервалов, имеется вход для обеспечения синхронизации по внешнему импульсу и сигнальные светодиоды, имеется возможность управления процессором от персонального компьютера.

Разработчиками предусмотрена возможность расширения количества регистрирующих видеокамер для получения информации, достаточной для построения 3-D изображений вихревых образований в исследуемых потоках. На рис. 5 приведены данные тестовых исследований системы.

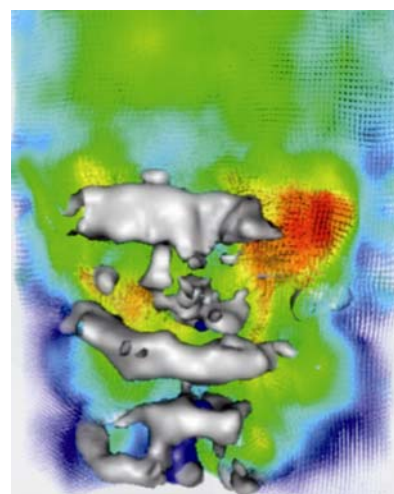


Рис. 5. Томографические 3D изображения вихревых структур в газовой струе

Fig. 5. Tomographic 3D view of vortex structures in the gas flow

Выводы

1. Разработана модель, выполнено математическое моделирование и получены теоретические значения и распределения полей скорости и давления при обтекания шарового элемента в цилиндрическом канале в условиях гидродинамического подвеса.

2. Для экспериментальной верификации результатов моделирования разработан экспериментальный стенд и введена в эксплуатацию оптическая лазерная система, основанная на технологии импульсной визуализации частиц микротрассеров (PIV-система),

позволяющая проводить исследование аэродинамической микроструктуры газового потока вблизи поверхности обтекаемого тела.

3. Система оптического измерения гидроаэродинамических характеристик обтекания шаровых элементов газовыми потоками (PIV-метод) позволит получить распределения скоростей в различных зонах взаимодействия газа с поверхностью, достоверно определить условия вихреобразования и возникновения отрывных течений, что позволит провести верификацию расчетных моделей, примененных при решении задачи математического моделирования процесса.

Список литературы

1. Лозовецкий В.В. Развитие высокотемпературных газовых реакторов // Атомная техника за рубежом. 2002. № 7. С. 8-12.
2. Kazuhiko Kunitomi, Xing Yan, Shusaku Shiozawa, Nozomu Fujimoto. GTHT300C For Hydrogen Cogeneration // 2nd International topical meeting on high temperature reactor technology. Beijing, China, September 22-24, 2004.
3. Богоявленский Р.Г. Гидродинамика и теплообмен в высокотемпературных ядерных реакторах с шаровыми твэлами. М.: Атомиздат, 1978.
4. Solid works flow simulation 2012 technical reference. Solid Works, 2012.
5. Jung-Jae LEE a, Su-Jong YOON a, Goon-Cherl PARK a & Won-Jae LEE. Turbulence-induced heat transfer in PBMR core using LES and RANS // Journal of Nuclear Science and Technology. 2007. Vol. 44, No. 7. P. 985.
6. Маслов А.А., Миронов С.Г. Экспериментальное исследование обтекания полужамкнутой цилиндрической полости гиперзвуковым потоком низкой плотности // Изв. РАН. МЖГ. 1996. № 6. С. 155–160.
7. Scarano F. Overview of PIV in supersonic flows. Particle Image Velocimetry / Ed. by A. Schroeder, C.E. Willert. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008. P. 445–463.
8. Токарев М.П., Маркович Д.М., Бильский А.В. Адаптивные алгоритмы обработки изображений частиц для расчета мгновенных полей скорости // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12, № 3. С. 109–131.
9. Алексеенко С.В., Бильский А.В., Маркович Д.М. Применение метода цифровой трассерной визуализации для анализа турбулентных потоков с периодической составляющей // Приборы и техника эксперимента. 2004. Т. 47. № 5. С. 703–710.

References

1. Lozoveckij V.V. Razvitie vysokotemperaturnykh gazovykh reaktorov // Atomnaâ tehnika za rubežom. 2002. № 7. S. 8-12.
2. Kazuhiko Kunitomi, Xing Yan, Shusaku Shiozawa, Nozomu Fujimoto. GTHT300C For hydrogen cogeneration // 2nd International topical meeting on high temperature reactor technology. Beijing, China, September 22-24, 2004.
3. Bogoâvlenskij R.G. Gidrodinamika i teploobmen v vysokotemperaturnykh âdernykh reaktorah s šarovymi tvêlami. M.: Atomizdat, 1978.
4. Solid works flow simulation 2012 technical reference. Solid Works, 2012.
5. Jung-Jae LEE a, Su-Jong YOON a, Goon-Cherl PARK a & Won-Jae LEE. Turbulence-induced Heat transfer in PBMR core using LES and RANS // Journal of Nuclear Science and Technology. 2007. Vol. 44, No. 7. P. 985.
6. Maslov A.A., Mironov S.G. Èksperimental'noe issledovanie obtekanîâ poluzamknutoj cilindričeskoj polosti giperzvukovym potokom nizkoj plotnosti // Izv. RAN. MŽG. 1996. № 6. S. 155–160.
7. Scarano F. Overview of PIV in supersonic flows. Particle Image Velocimetry / Ed. by A. Schroeder, C.E. Willert. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008. P. 445–463.
8. Tokarev M.P., Markovič D.M., Bil'skij A.V. Adaptivnye algoritmy obrabotki izobraženij častic dlâ račeta mgnovennykh polej skorosti // Vyčislitel'nye tehnologii. 2007. T. 12, № 3. S. 109–131.
9. Alekseenko S.V., Bil'skij A.V., Markovič D.M. Primenenie metoda cifrovoj trassernoj vizualizacii dlâ analiza turbulentnykh potokov s periodičeskoj sostavlâûšej // Pribory i tehnika èksperimenta. 2004. T. 47. № 5. S. 703–710.

10. Пузырев Л.Н., Ярославцев М.И. Стабилизация параметров газа в форкамере гиперзвуковой аэродинамической трубы // Изв. СО АН. Серия техническая. 1990. Вып. 5. С. 135–139.

11. Scarano F. Overview of PIV in supersonic flows. Particle image velocimetry / Ed. by A. Schroeder, C.E. Willert. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008. P. 445–463.

12. Миронов С.Г., Цырюльников И.С. Исследование волнового поля контролируемых периодических возмущений двух источников // Теплофизика и аэромеханика. 2005. Т. 12, № 3. С. 379–386.

13. Ахметбеков Е.К., Бильский А.В., Маркович Д.М., Маслов А.А., Поливанов П.А., Цырюльников И.С., Ярославцев М.И. Применение лазерного измерительного комплекса «ПОЛИС» для измерений полей скоростей в сверхзвуковом потоке в аэродинамических трубах // Теплофизика и аэромеханика. 2009. Т. 16, № 3. С. 343–352.

10. Puzyrev L.N., Âroslavcev M.I. Stabilizaciã parametrov gaza v forkamere giperzvukovoj aërodinamičeskoj truby // Izv. SO AN. Seriã tehničeskaã. 1990. Vyp. 5. S. 135–139.

11. Scarano F. Overview of PIV in supersonic flows. Particle image velocimetry / Ed. by A. Schroeder, C.E. Willert. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008. R. 445–463.

12. Mironov S.G., Cyrûl'nikov I.S. Issledovanie volnovogo polã kontroliruemyh periodičeskih vozmušenij dvuh istočnikov // Teplofizika i aëromehanika. 2005. T. 12, № 3. S. 379–386.

13. Ahmetbekov E.K., Bil'skij A.V., Markovič D.M., Maslov A.A., Polivanov P.A., Cyrûl'nikov I.S., Âroslavcev M.I. Primenenie lazernogo izmeritel'nogo kompleksa «POLIS» dlã izmerenij polej skorostej v sverhzvukovom potoke v aërodinamičeskih trubah // Teplofizika i aëromehanika. 2009. T. 16, № 3. S. 343–352.

Транслитерация по ISO 9:1995





ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ С КОМПЛЕКСНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В.И. Велькин, В.В. Власов, С.Е. Щеклеин

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: 23.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

Разработана математическая модель и созданы алгоритмы оптимизации энергопотребления здания для районов, не имеющих подключения к централизованному электрическому и газовым сетям. В модели учтены особенности климатических условий, характерных для резко-континентального климата: большие сезонные и суточные перепады температур, экстремально низкие температуры в зимние периоды.

На основе выполненных расчетов и оптимизации разработана модель совместного использования ряда систем энергообеспечения на базе возобновляемых источников энергии (ветроустановки, солнечные коллекторы, фотоэлектрические преобразователи, тепловой насос) с когенерационным дизель-генераторным источником электрической и тепловой энергии. Показано, что данная модель энергообеспечения сокращает расход дизельного топлива и экологическую нагрузку на территорию более чем в 1,5 раза.

Результаты расчетов положены в основу проекта энергоэффективного сельского дома, который был реализован в Свердловской области (поселок Растущий). В 2009 г. проект получил Национальную экологическую премию имени В.И. Вернадского.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), комплексное использование ВИЭ, энергоэффективный дом.

ENERGY EFFICIENCY HOUSE WITH COMPLEX USE OF RENEWABLE ENERGY IN HARSH ENVIRONMENTS

V.I. Velkin, V.V. Vlasov, S.E. Shcheklein

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: 23.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

The mathematical model and algorithms developed for the energy optimization of the building areas without connection to centralized electricity and gas networks. The model takes into account particular climate conditions characteristic of sharply continental climate: big seasonal and daily changes in temperature, extremely low temperatures in winter.

On the basis of the calculations and optimization of the model of joint use of a number of power supply system based on renewable energy sources (wind turbines, solar collectors, photovoltaic cells, heat pump) with a diesel generator cogeneration source of electricity and heat. It is shown that this model reduces the energy consumption of diesel fuel and the environmental burden on the territory of more than 1.5 times.

The calculation results are the basis for energy efficiency projects farmhouse, which was implemented in the Sverdlovsk region (the village Rising). In 2009, the project received the National Environmental Award Vernadsky.

Keywords: renewable energy, renewable energy sources (RES), the integrated use of renewable energy, energy-efficient house.



Владимир Иванович
Велькин
Vladimir I. Velkin

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные электростанции и возобновляемые источники энергии» УрФУ. Технический руководитель реализованного инновационного проекта «Энергоэффективный дом для села».

Образование: УПИ им. С.М. Кирова (1982).

Область научных интересов: ядерные энергетические установки, проблемы атомной энергетики и теплофизики двухфазных потоков, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, биоэнергетика, энергосбережение, энергоэффективность.

Публикации: более 200, в том числе 1 монография, 10 изобретений.

Information about the author: Ph.D., associate professor of the department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Ural Federal University. Technical Manager implemented the innovative project "Energy-efficient house for the village."

Education: Ural Polytechnic Institute (1982).

Research area: nuclear power plants, the problems of nuclear energy and thermo-phase flows, renewable energy, solar energy, wind energy, bio-energy, energy conservation, energy efficiency.

Publications: more than 200 scientific works, including 1 monograph, 10 inventions.



Вадим Викторович
Власов
Vadim V. Vlasov

Сведения об авторе: ст. преподаватель кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ. Лауреат премии национальной лаборатории им. Лоуренса (США) за комплекс работ по безопасности объектов атомной энергетики.

Образование: Уральский гос. тех. университет (УГТУ-УПИ) (1999).

Область научных интересов: обоснование схем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии, моделирование нестационарных случайных процессов.

Публикации: 19.

Information about the author: Senior lecturer of the Department "Nuclear power plants and renewable energy sources" UrFU. Award winner of the National Laboratory of Lawrence (US) for a complex of works on safety of nuclear power facilities.

Education: Ural State Technical University (1999).

Research area: justification for schemes of energy supply from renewable energy sources, modeling non-stationary random processes.

Publications: 19.



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.

Введение

Стремление построить энергоэффективное здание стимулируется желанием создания благоприятных для человека условий жизнедеятельности на фоне дефицитности и повышения стоимости энергетических ресурсов (страны ЕС) либо их значительных расходов в суровых климатических условиях (РФ), что также ведет к росту затрат на эксплуатацию зданий. Одним из мировых трендов снижения затрат на энергоснабжение является обеспечение значительной доли потребления зданий за счет возобновляемых источников энергии. Однако в условиях сурового климата, характерных для многих регионов РФ, широкому внедрению возобновляемой энергетики вредит как консервативный скептицизм, так и неоправданный оптимизм потенциальных потребителей энергоресурсов.

Расчеты, основанные на усредненных показателях прихода энергии, неучет реальных колебаний характеристик внешней среды и графиков потребления энергии; непонимание проблем пусковых токов и качества энергии; пренебрежение правилами санитарно-гигиенической безопасности для установок горячего водоснабжения и прочее – приводят к многочисленным ошибкам при практическом создании многих проектов энергообеспечения [1, 2]. Природно-климатические условия многих регионов России характеризуются аномально низкими температурами окружающей среды в течение 2/3 годового периода. На рис. 1 приведены данные многолетних измерений среднесуточной температуры наружного воздуха для Уральского Федерального округа. Следует отметить, что среднесуточные температуры, определяемые по соотношению

$$T^{\text{сут}}(T_i) = \int_{-T_i/2}^{T_i/2} T(n) dt, \quad (1)$$

не характеризуют абсолютные годовые минимумы температур, которые имеют место в ночные периоды суточных циклов.

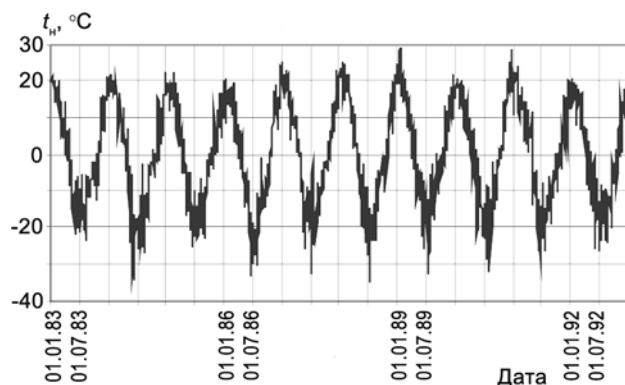


Рис. 1. Данные многолетних измерений среднесуточной температуры наружного воздуха
Fig. 1. These multi-year average daily temperature measurements outdoor air

Анализ климатических данных показывает, что РФ является одним из лидеров по требуемому количеству энергии. При равном уровне тепловой защиты зданий объем потребляемой энергии значительно выше (от 2 до 5 раз), чем для стран ЕС.

В данной работе на основании анализа природно-климатических факторов, параметров эффективности современных установок солнечной, ветровой и традиционной энергетики моделируются условия достижения комфортных условий жизни в автономном сельском жилом доме, не имеющем подключения к центральному электрическому и газовым сетям.

Постановка задачи

Рассматривается автономный жилой дом, не имеющий подключения к центральному электрическому и газовым сетям, общей площадью 200 квадратных метров, расположенный в Уральской климатической зоне. Тепловая защита здания и нормы потребления холодной и горячей воды соответствуют принятым в России строительным и коммунальным нормативам для энергоэффективных зданий [3, 4].

Математически моделируется возможность комбинирования использования различных видов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии совместно с когенерационной дизель-электрической станцией (ДЭС), необходимой для надежности энергоснабжения при отсутствии энергии от альтернативных источников. Для снижения потребления топливных ресурсов, снижения затрат на энергоснабжение в состав системы входят аккумуляторы тепловой и электрической энергии, теплонасосная установка (использующая сбросное тепло ДЭС либо тепловую энергию грунта).

В годовом цикле моделируется энергообеспечение здания с оптимизацией структуры установок по критерию минимизации расхода органического топлива на замыкающую ДЭС [5].

Выполнено сравнение полученных оптимальных структур с традиционными методами энергоснабжения здания котельными установками (теплоснабжение) и ДЭС (электроснабжение).

Математическая модель

Эффективность схем энергоснабжения с участием возобновляемых источников зависит от большого числа разнородных факторов:

- величины расчетных электрических и тепловых нагрузок;
- климатических факторов;
- состава и типа оборудования.

Коммунально-бытовые потребности в энергии имеют комплексный характер и складываются из бытовых потребностей в электроэнергии, тепловой энергии на горячее водоснабжение (ГВС) и отопление. Отопительная нагрузка зависит от климатических факторов и теплотехнических параметров зда-

ний. Выбор оптимальных решений основан на определении интегрального экономического эффекта, который представлен соотношением

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \sum_{t=0}^T (W_t \mathcal{C}_t - K_t - I_t) (1 + E_{н.п.})^{-t} + \Phi_T (1 + E_{н.п.})^{-T}, \quad (2)$$

где W_t – количество продукции (электрической и тепловой энергии), отпущенной потребителям в t -й год операционной деятельности системы; $\mathcal{C}_t$ – цена энергии, руб.; T – время эксплуатации, лет; K_t – инвестиционные издержки на осуществление проекта в t -й год; I_t – эксплуатационные издержки на операционную деятельность, включая налоги, сборы, платежи в t -й год; $E_{н.п.}$ – коэффициент нормативной эффективности инвестиций; Φ_T – остаточная на момент времени T стоимость основных фондов.

Математическая модель расчета показателей эффективности и надежности исследуемой системы основана на посуточном расчете величины нагрузки, графиков изменения температуры наружного воздуха, скорости ветра и энергии солнечного излучения с последующим определением производительности основного энергетического оборудования и параметров состояния системы (степени заряда накопителей энергии). Интегральные годовые показатели выработки энергии определяются суммированием результатов посуточных показателей.

К математической модели оптимизации предъявляются следующие требования:

- 1) Использование в качестве исходных данных:
 - графиков потребления электроэнергии;
 - графиков суточных сумм солнечной радиации на горизонтальной поверхности;
 - графиков изменения температуры наружного воздуха;
 - географические координаты местоположения энергоустановки;
 - требования к надежности энергоснабжения.
- 2) Возможность варьирования параметров основного энергетического оборудования:
 - типа ВЭУ, ТНУ, ДЭС, КА;
 - площади и ориентации солнечных преобразователей энергии;
 - емкости накопителей энергии.

Блок-схема алгоритма расчета показана на рис. 2.

После ввода исходных данных выполняется расчет основных климатологических характеристик по методикам. На основе полученной климатологической информации и математических моделей выполняются среднеинтервальные оценки производительности энергоустановок с учетом ветрового и солнечного потенциала предполагаемого района их размещения.

Расчет графиков электрической и тепловой нагрузок. Бытовые потребности в электроэнергии определяются выражением [6]

$$W_{\text{б}} = p N_{\text{ч}}, \quad (3)$$

где p – средняя норма бытового потребления электроэнергии на 1 человека (освещение, радио, телефон, телевизор, водоснабжение, бытовые электроинструменты), кВт·ч/(чел.·сут.); $N_{\text{ч}}$ – количество человек, нуждающихся в обеспечении быта электроэнергией.



Рис. 2. Алгоритм оптимизации
Fig. 2. The optimization algorithm

Тепловая энергия на отопление $Q_{\text{от}}$, вентиляцию $Q_{\text{в}}$ и бытовые нужды $Q_{\text{ГВС}}$ обычно подается потребителю с горячей водой. Общее количество тепловой энергии, передаваемой потребителю, определяется выражением

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{от}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{ГВС}}. \quad (4)$$

Расход тепла на отопление определяется потерями через наружные ограждения и инфильтрацией наружного воздуха через неплотности.

Количество тепловой энергии, кДж/с, теряемой зданием, можно приблизительно определить по формуле

$$Q_{\text{тп}} = \chi_o V (t_{\text{п}} - t_{\text{н}}), \quad (5)$$

где χ_o – отопительная характеристика здания, кДж/(с·м³·°C); $t_{\text{п}}$, $t_{\text{н}}$ – температура внутри помещения и снаружи, °C; V – объем здания, вычисленный по наружным размерам, м³.

Отопительная характеристика χ_o численно равна потерям тепла через наружные ограждения здания в единицу времени при разности температур внутри

помещения и снаружи в 1 °С, отнесенным к 1 м³ объема здания, рассчитанного по наружным размерам. Среднесуточный расход тепла на бытовые нужды (горячее водоснабжение) практически не зависит от температуры наружного воздуха. По существующим строительным нормам и правилам потребность в горячей воде на одного человека для городских условий составляет 100 л в сутки при температуре 60 °С, по некоторым оценкам эта норма считается завышенной. В целом по России, включая сельские районы, предлагается норма 50 л на человека [2].

Разность между суточным потреблением энергии и выработкой от ВИЭ:

$$\Delta Q_{\text{ВИЭ}i} = Q_{\text{СК}i} - (Q_{\text{б.н.}i} + Q_{\text{ОТ}i}); \quad (6)$$

$$\Delta W_{\text{ВИЭ}i} = W_{\text{ВЭУ}i} + W_{\text{ФЭП}i} - W_{\text{б}i}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{СК}i}$ – суточная выработка тепловой энергии солнечными коллекторами; $W_{\text{ВЭУ}i}$, $W_{\text{ФЭП}i}$ – суточная выработка энергии ветроэлектрической и фотоэлектрической установками.

При значении среднесуточной температуры наружного воздуха $t_{\text{н}} \leq 8$ °С $Q_{\text{ОТ}i}$ определяется из (6), (7), при $t_{\text{н}} > 8$ °С $Q_{\text{ОТ}i} = 0$.

Полученные значения разностей ΔQ_i и ΔW_i позволяют выполнить расчет объема и режимов работы накопителей энергии и установок с использованием невозобновляемых энергоресурсов. Если значения разностей энергии, полученные из (6), (7), положительные, то избыток энергии заряжает накопители. Если разности энергии отрицательные, то в первую очередь энергоснабжение осуществляется от накопителей, после исчерпания накопленной энергии питание нагрузки осуществляется от внешней энергосети либо за счет использования невозобновляемого топлива.

Для расчета надежности электроснабжения необходимо в каждый расчетный интервал времени i знать величину недоотпуска электроэнергии, которую можно оценить по формуле

$$\Delta W_i = \sum_j W_{i,j}^{\text{отп}} - \sum_k W_{i,k}^{\text{потр}}, \quad (8)$$

где $W_{i,j}^{\text{отп}}$ – энергия, отпущенная j -м источником системы (ФЭП, ВЭУ, ДЭС, внешняя энергосистема) в i -й расчетный интервал времени; $W_{i,k}^{\text{потр}}$ – энергия, необходимая для покрытия k -й составляющей электрической нагрузки системы в i -й расчетный интервал времени.

Если на i -м шаге расчетов получена величина недоотпуска энергии $\Delta W_i < 0$, то значение коэффициента обеспеченности составит

$$k_{\text{об}i} = 1 - \frac{-\Delta W_i}{\sum_k W_{i,k}^{\text{потр}}}. \quad (9)$$

При избыточной выработке энергии $\Delta W_i > 0$ коэффициент $k_{\text{об}i} = 1$, при этом величина ΔW_i может быть использована на покрытие тепловой нагрузки.

Интегральный коэффициент обеспеченности заданного отпуска энергии может быть получен суммированием $k_{\text{об}i}$ в пределах годового интервала времени:

$$k_{\text{об}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_{\text{об}i}. \quad (10)$$

Разность между отпущенной тепловой энергией и необходимой для покрытия нагрузки на i -м расчетном шаге можно оценить по формуле

$$\Delta Q_i = \sum_j Q_{i,j}^{\text{отп}} - Q_{\text{ОТ}i}, \quad (11)$$

где $Q_{i,j}^{\text{отп}}$ – тепловая энергия, отпущенная j -м источником системы (СК, КА, ТНУ) в i -й расчетный интервал времени; $Q_{\text{ОТ}i}$ – величина отопительной нагрузки в i -й расчетный интервал времени.

Если $\Delta Q_i > 0$, то $t_{\text{П}i} = t_{\text{П}i}^{\text{норм}}$. Избыток энергии может расходоваться на заряд теплового аккумулятора.

При недовыработке тепловой энергии $\Delta Q_i < 0$, в соответствии с (11), температуру воздуха внутри отапливаемого здания можно оценить по формуле

$$t_{\text{П}i} = t_{\text{П}i}^{\text{норм}} - \Delta Q_i / (\chi_o V), \quad (12)$$

где $t_{\text{П}i}^{\text{норм}}$ – температура, соответствующая комфортным условиям жизнедеятельности.

По результатам расчета значений $t_{\text{П}i}$ можно оценить вероятности достижения граничных значений температур, которые являются показателями надежности теплоснабжения.

При расчете отпуска тепловой энергии Q расход условного топлива в котельном агрегате $B_{\text{КА}}$ и электроэнергии (из внешней энергосистемы) в теплонасосной установке $W_{\text{ТНУ}}$ можно определить из выражений

$$W_{\text{ТНУ}} = \frac{Q}{K(T_{\text{НП}i})}; \quad (13)$$

$$B_{\text{КА}} = \frac{Q}{\eta_{\text{КА}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}}. \quad (14)$$

Исходя из этих соотношений, при фиксированных тарифах на электроэнергию $C_{\text{эл}}$, руб./кВт·ч, и топливо $C_{\text{т}}$, руб./кг у.т., выбор варианта теплоснабжения между КА и ТНУ будет зависеть от температуры источника низкопотенциального тепла $T_{\text{НП}i}$. Критическое значение этой температуры будет определяться из выражения

$$K(T_{\text{НП}i}^{\text{кр}}) = \frac{C_{\text{эл}}}{C_{\text{т}}} \eta_{\text{КА}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}. \quad (15)$$

При условии $T_{\text{нпн}} \geq T_{\text{нпн}}^{\text{кр}}$ целесообразно использовать ТНУ, при $T_{\text{нпн}} < T_{\text{нпн}}^{\text{кр}}$ теплоснабжение от КА оценивается меньшими экономическими затратами. В свою очередь $T_{\text{нпн}}^{\text{кр}}$ зависит от соотношения тарифов на топливо и электроэнергию.

На основе вышеизложенного алгоритма в среде математического моделирования MatLab была разработана и реализована на ЭВМ программа оптимизации схем энергоснабжения с комплексным использованием ВИЭ и традиционных энергоустановок. Использование в программе специальных подпрограмм расчета исходных климатических характеристик и производительности основного энергетического оборудования дает принципиальную возможность варьировать большое количество параметров. Алгоритм также позволяет учитывать климатические факторы (изменение уровня инсоляции, скорости ветра, температуры наружного воздуха и источника низкопотенциального тепла).

Вывод об экономических преимуществах того или иного варианта состава основного оборудования может быть сделан лишь на основании технико-экономических расчетов и будет зависеть, прежде всего, от соотношения климатических факторов и тарифов на традиционные энергоресурсы.

Результаты моделирования системы энергоснабжения коммунально-бытовых потребителей с комплексным использованием ВИЭ

Система энергоснабжения на основе ВИЭ отличается от традиционных систем тем, что здесь часть потребляемых внешних энергоресурсов замещается местными возобновляемыми источниками энергии. Идея сочетания двух типов энергоресурсов заключается в том, чтобы, во-первых, максимально улучшить эффективность работы системы за счет снижения потребления дорогостоящего топлива и, во-вторых, обеспечить отпуск тепловой и электрической энергии в соответствии с графиками их потребления за счет аккумулирования энергии и работы традиционных энергоустановок.

Достижимая экономия традиционных энергоресурсов зависит от потенциала ВИЭ, графиков тепловых нагрузок (т.е. климатических условий района), схемы и состава оборудования. Создание систем энергоснабжения сопровождается соответствующими капитальными вложениями в оборудование. Поэтому общая экономическая эффективность должна определяться с учетом капитальных вложений в сравниваемые варианты, а также обеспечения надежности энергоснабжения. Для определения эффективности схем комплексного энергоснабжения рассмотрены возможные системы с использованием следующих источников энергии:

1. Электроснабжение:

- фотоэлектрические панели (ФЭП);
- ветроэлектрическая станция (ВЭС);
- дизель-электрическая станция (ДЭС).

2. Теплоснабжение:

- солнечные тепловые коллекторы (СК);
- теплонасосная установка (ТНУ);
- утилизация сбросного тепла ДЭС;
- котельный агрегат (КА);
- сезонный аккумулятор тепловой энергии (ТА).

На рис. 3 приведены результаты измерений поступления энергии солнечного излучения и скорости ветра по месяцам года и данные по основным климатическим характеристикам г. Екатеринбург.

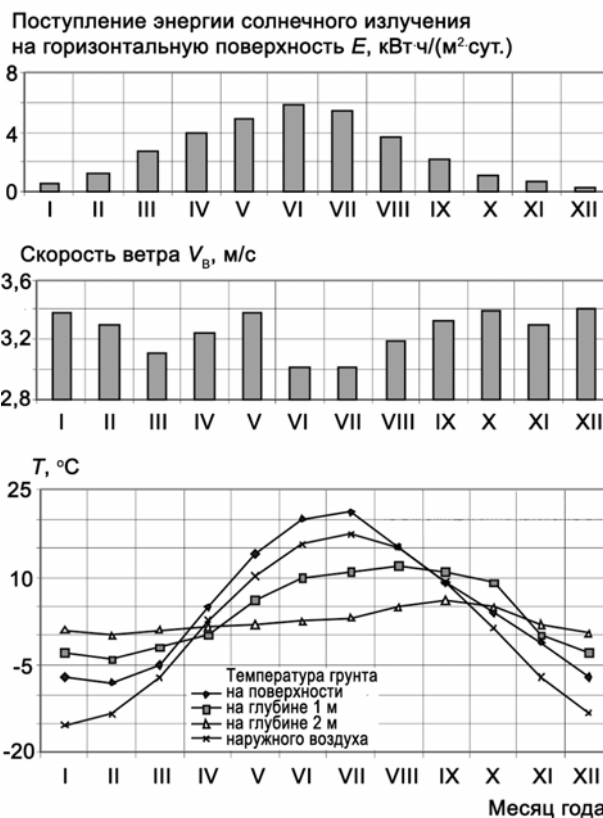


Рис. 3. Экспериментальные данные по основным климатическим характеристикам г. Екатеринбурга [7]
Fig. 3. Experimental data on the main climatic characteristics of Ekaterinburg [7]

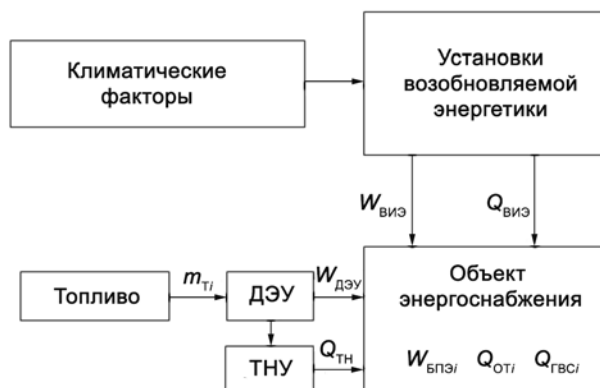


Рис. 4. Физическая модель энергоснабжения здания
Fig. 4. Physical model energy building

На рис. 4 приведена физическая модель энергоснабжения здания, построенная по принципу «черного ящика», используемому в задачах математической оптимизации.

В расчетах учитываются следующие функциональные зависимости:

$$W_{ДЭУ}(m_T), Q_{ДЭУ}(m_T), Q_{СК}(S_{СК}, E_i, T_{O_i}),$$

$$W_{ФЭУ}(S_{ФЭУ}, E_i, T_{O_i}), W_{ВЭУ}(P_{уст}, V_{B_i}), Q_{ТН}(T_{НПИ}, W_{ТН_i}),$$

где m_T – расход топлива, кг у.т.; $S_{СК}$ и $S_{ФЭУ}$ – площади поверхностей солнечных коллекторов и фото-

электрических установок, m^2 ; $P_{уст}$ – номинальная установленная мощность ветроэнергетических установок (при аппроксимации рабочей характеристики ВЭУ кусочно-линейной функцией), кВт; E_i – изменение солнечной радиации на горизонтальную поверхность для среднееголетних условий, кВт·ч/(m^2 сут); T_{O_i} – изменение наружной температуры воздуха по месяцам для среднееголетних условий, °C; V_{B_i} – изменение скорости ветра по месяцам для среднееголетних условий, м/с.

Структура и взаимосвязь элементов системы показаны на рис. 5.

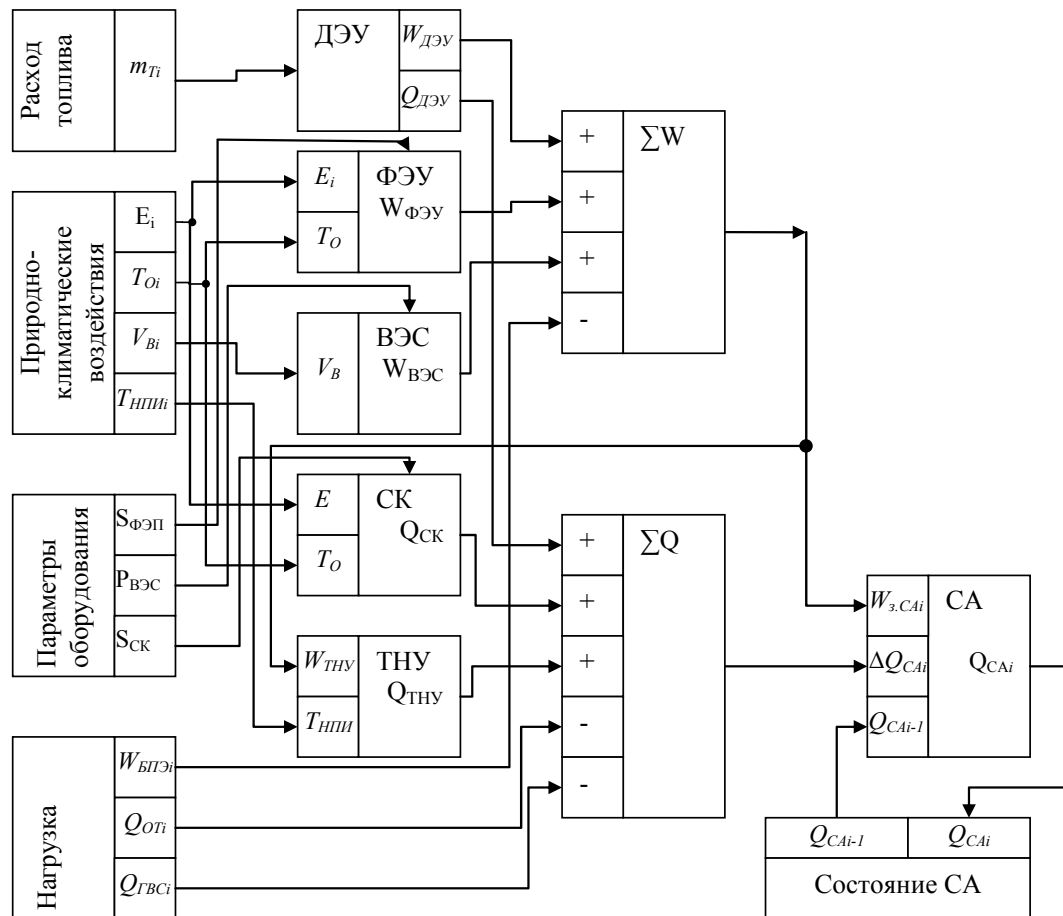


Рис. 5. Структура системы комплексного энергоснабжения

Fig. 5. Structure of the integrated power supply

С учетом принятых в модели допущений и норм энергопотребления в коммунально-бытовой сфере результаты моделирования показали, что покрытие нагрузки ГВС и БПЭ можно обеспечить включением в систему следующих элементов:

- ВЭУ «Радуга-001», $P_{уст} = 1$ кВт;
- ФЭП: $S_{ФЭП} = 3$ m^2 ;
- СК: $S_{СК} = 6$ m^2 .

Результаты моделирования приведены в виде графиков на рис. 6-9

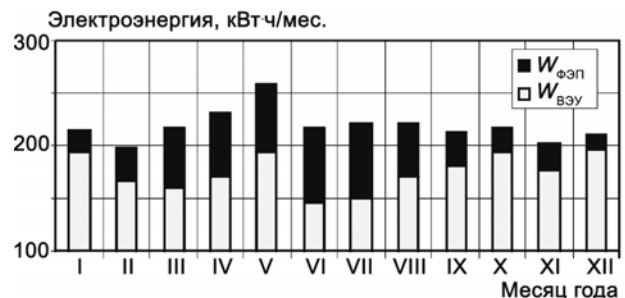


Рис. 6. Структура выработки электроэнергии от ВИЭ

Fig. 6. Structure of electricity generation from renewable energy sources

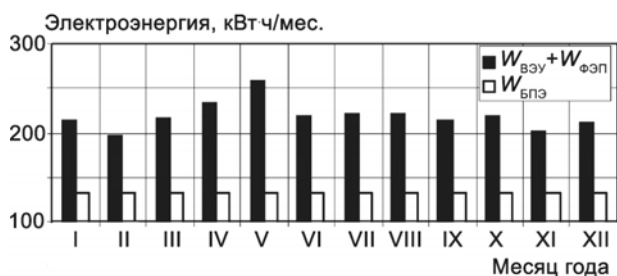


Рис. 7. Электроэнергия, отпущенная ВИЭ и необходимая для покрытия бытовых потребностей
Fig. 7. Power supplied by renewable energy sources and needed to cover domestic needs

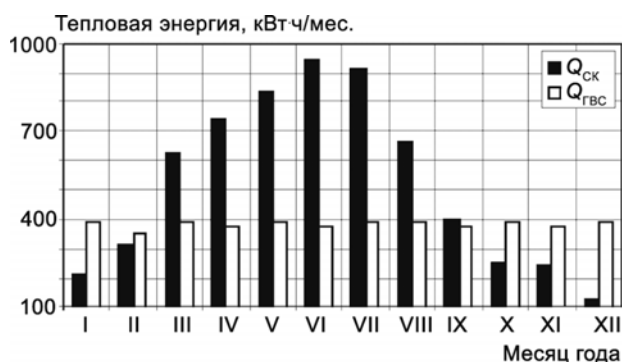


Рис. 8. Тепловая энергия, отпущенная СК и необходимая для покрытия нагрузки ГВС
Fig. 8. The thermal energy released by the UK and needed to cover the hot water load

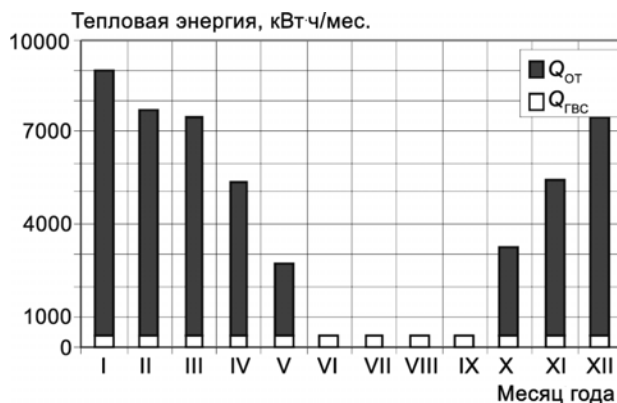


Рис. 9. Суммарная тепловая нагрузка системы
Fig. 9. The total heat load of the system

Из рис. 9 видно, что покрытие нагрузки ГВС от СК обеспечивается только в летние месяцы.

Для покрытия отопительной нагрузки рассмотрено две альтернативных схемы на основе КА (вариант 1) и комбинации теплофикационной ДЭС и ТНУ (вариант 2). Результаты сравнительного анализа рассматриваемых вариантов приведены в таблице.

На основании данных таблицы можно сделать вывод, что вариант 2 характеризуется большей топливной эффективностью, т.е. позволяет снизить го-

довой расход топлива более чем в 2 раза в сравнении с вариантом 1. Использование в системе сезонного аккумулятора тепловой энергии позволяет дополнительно снизить потребление топлива на 6%.

Результаты расчета эффективности вариантов энергоснабжения
The results of calculating the efficiency of energy supply options

Параметр	Без сезонного аккумулярования		С сезонным аккумулярованием	
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2
Годовое потребление тепловой энергии, кВт·ч/год, в том числе:	49807			
отопление	45240			
ГВС	4567			
Годовая выработка тепловой энергии, кВт·ч/год, в том числе:	50516	51196	48786	48786
СК	6266			
КА	44250	-	42520	-
теплофикация от ДЭС	-	19320	-	18240
ТНУ	-	25610	-	24280
Годовое потребление электроэнергии, кВт·ч/год, в том числе:	1600	8720	1600	8360
потребление электроэнергии в быту	1600			
расход электроэнергии на привод теплового насоса	-	7120	-	6760
Годовая выработка электроэнергии, кВт·ч/год, в том числе:	2614	9055	2614	8696
ФЭП	521			
ВЭУ	2 093			
ДЭС	-	6441	-	6082
Расход органического топлива, кг у.т.	6795	3165	6529	2988

При наличии в системе сезонного накопителя энергии существует принципиальная возможность полностью исключить потребление органического невозобновляемого топлива. В летний период происходит заряд сезонного аккумулятора, а в холодный период – разряд для целей отопления объекта. Для обеспечения полного покрытия отопительной нагрузки, по данным расчетов, необходимая площадь СК должна быть не менее 47 м².

Заключение

Разработана методика обоснования локальных систем тепло- и электроснабжения с комплексным использованием возобновляемых ресурсов и традиционных источников энергии. В отличие от известных разработанных методика позволяет выполнять оптимизацию схем на основе комбинации ВИЭ и традиционных энергоустановок для комплексного энергоснабжения локальных объектов. Методика, реализованная в виде программного кода, дает воз-

можность анализа вариантов по выбору наиболее рационального состава оборудования для локальных систем комплексного энергоснабжения с точки зрения экономичности и надежности. Исследования системы энергоснабжения коммунально-бытовых потребителей, выполненные на основе предложенной методики для заданных условий, показали возможность существенного снижения годового расхода топлива для климатических условий России за счет использования ВИЭ.

Список литературы

1. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: Вчера, сегодня, завтра // Электрические станции. 2005. № 2.
2. Проблемы и перспективы развития возобновляемых источников энергии в России (материалы «круглого стола») / Под общ. ред. акад. Ю.В. Гуляева. М.: НИЦ Инженер, 2003.
3. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» (СанПиН 2.1.2. 2645-10).
4. СНИП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
5. Клима К. Оптимизация энергетических систем: Пер. с чешского Л.Г. Ублинской / Под ред. В.Р. Окоркова. М.: Высш. шк., 1991.
6. Чукреев Ю.Я. Модели обеспечения надежности электроэнергетических систем. Сыктывкар, 1995.
7. Щеклеин С.Е., Власов В.В. Моделирование нестационарных случайных процессов в задачах обоснования возобновляемых источников энергии // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2012. № 3. С. 67-71.

References

1. Bezrukih P.P. Vozobnovlâemaâ ènergetika: Včera, segodnâ, zavtra // Èlektričeskie stancii. 2005. № 2.
2. Problemy i perspektivy razvitiâ vozobnovlâemyh istočnikov ènergii v Rossii (materialy «kruglogo stola») / Pod obš. red. akad. Ū.V. Gulâeva. M.: NIC Inžener, 2003.
3. Sanitarно-èpidemiologičeskie trebovaniâ k usloviâm proživaniâ v žilyh zdaniâh i pomešeniâh» (SanPiN 2.1.2. 2645-10).
4. SNIP 23-02-2003 «Teplovaâ zašita zdaniij».
5. Klima K. Optimizaciâ ènergetičeskih sistem: Per. s češskogo L.G. Ublinskoj / Pod red. V.R. Okorokova. M.: Vysš. šk., 1991.
6. Čukreev Ū.Â. Modeli obespečeniâ nadežnosti èlektroènergetičeskih sistem. Syktyvkar, 1995.
7. Šeklein S.E., Vlasov V.V. Modelirovanie nestacionarnyh slučajnyh processov v zadačah obosnovaniâ vozobnovlâemyh istočnikov ènergii // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2012. № 3. S. 67-71.

Транслитерация по ISO 9:1995





ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ XXI ВЕКА

О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин

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; otashlykov@list.ru

Заключение совета рецензентов: 23.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

Показана потенциальная роль ядерной энергетики в обеспечении устойчивого энергообеспечения и смягчении негативных экологических последствий производства электроэнергии при сжигании органического топлива. Приведены возможности реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (РБН) в решении проблемы оптимального использования топливных ресурсов и минимизации отходов при замыкании ядерного топливного цикла. Выполнен анализ воздействия АЭС с РБН на окружающую среду и персонал. Описана архитектура перспективной двухкомпонентной ядерной энергетики XXI века.

Ключевые слова: атомная электростанция, реактор на быстрых нейтронах, радиоактивные отходы, система экологического менеджмента, безопасность, коллективная доза, закрытый ядерный топливный цикл, ядерная энергетическая система.

ECOLOGICAL FORECASTING IN THE NUCLEAR POWER OF XXI CENTURY

O.L. Tashlykov, S.E. Shcheklein

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; otashlykov@list.ru

Referred: 23.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

It is shown the potential role of nuclear energy in sustainable energy supply ensuring and mitigating of the negative environmental impacts of electricity production from fossil fuels. Given is the capability of fast neutron reactors with sodium coolant (FNR) for solving the problems of fuel resources optimal use and waste minimization by closing the nuclear fuel cycle. The analysis of the impact of nuclear power plants with FNR on the environment and personnel is made. The architecture of a promising two-component nuclear energy of XXI century is described.

Keywords: nuclear power plant, fast breeder reactor, radioactive waste, ecological management system, safety, collective dose, closed nuclear fuel cycle, nuclear energy system.



Олег Леонидович
Ташлыков
Oleg L. Tashlykov

Сведения об авторе: доцент кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ, канд. техн. наук. Работал в системе Министерства по атомной энергии СССР (РФ). Имеет государственную и отраслевые награды: почетное звание «Заслуженный учитель профессионального образования РФ», серебряную медаль концерна «Росэнергоатом» – За заслуги в повышении безопасности атомных станций, звание «Ветеран атомной энергетики и промышленности России».

Образование: Томский политехнический институт (1978) по специальности «Атомные электрические станции и установки».

Область научных интересов: ядерная энергетика и технологии, радиационная безопасность персонала, оптимизация ремонтных работ на АЭС.

Публикации: 2 монографии, более 100 научных публикаций, 1 учебник и 12 учебных пособий.

Information about the author: Associate professor of the Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources Department of Ural Federal University, candidate of technical science. Worked in the complex of Atomic Energy Ministry of USSR (RF). Has a State and industry awards: honorable degree “Celebrated teacher of professional education of Russian Federation”, silver medal of Rosenergoatom concern for service in the rise of nuclear power plants safety, “Veteran of atomic energy and industry of Russia”.

Education: Nuclear Power Plants and Units in Tomsk Polytechnic Institute in 1978.

Research area: nuclear energy and technologies, personnel radiation safety, optimization of repair works at NPP.

Publications: 2 monographs, more than 100 scientific works, a textbook and 12 tutorials.

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.

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.



Сергей Евгеньевич
Щеклеин
Sergey E. Shcheklein



Введение

Эксперты в области энергетики ожидают, что в XXI в. резко возрастет спрос на энергию, в особенности в развивающихся странах, где сегодня свыше миллиарда человек не имеют доступа к современным энергетическим услугам. Для удовлетворения глобального спроса на энергию потребуется на 75% увеличить к 2050 г. первичное энергоснабжение. Если не будет предпринято шагов по снижению выбросов, то за тот же период связанные с выработкой энергии выбросы CO_2 почти удвоятся.

Энергетические установки, работающие на органическом топливе, являются главными источниками загрязнения воздуха. Атомные электростанции практически не производят выбросов загрязнителей воздуха в ходе своей эксплуатации. ГЭС, АЭС и ветряные энергоустановки входят в число источников самых низких объемов выбросов CO_2 , если учитывать выбросы в течение всего энергетического жизненного цикла.

По оценке межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), ядерная энергетика обладает самым большим потенциалом по смягчению негативных последствий различных технологий производства электроэнергии при наименьших средних затратах в секторе энергоснабжения [1].

Ядерная энергетика выгодно отличается от других технологий в сфере энергетики в плане «интернализации» всех внешних издержек на этапах от безопасности до захоронения отходов и снятия с эксплуатации. «Интернализация» затрат означает то, что затраты во всей этой деятельности в значительной степени уже учтены в цене, которую мы платим за электроэнергию, выработанную на АЭС. Если бы экологические издержки, связанные с использованием ископаемого (органического) топлива, были «интернализированы» в его цене, то цена, которую мы платим за электроэнергию, произведенную на основе ископаемого топлива, была бы значительно выше [2].

В мире насчитывается 438 энергоблоков АЭС общей мощностью около 400 ГВт. Авария на АЭС «Фукусима-дайити» в Японии в марте 2011 г. дала основания для беспокойства по поводу ядерной безопасности во всем мире и заставила задуматься о будущем ядерной энергетики. Теперь стало ясно, что в предстоящие десятилетия использование ядерной энергии будет продолжать расти, хотя этот рост будет медленнее, чем предполагалось до аварии. Многие страны, у которых имеются ядерно-энергетические программы, планируют их расширять. Многие новые страны – как развитые, так и развивающиеся – намерены встать на путь развития ядерной энергетики. Некоторые страны, например Германия, планируют отказаться от ядерной энергетики. Последние прогнозы МАГАТЭ говорят об устойчивом росте числа атомных электростанций в мире. Мощность

АЭС возрастет к 2030 г. на 23% по низкому прогнозу и на 100% по высокому прогнозу [3].

Однако современная ядерная энергетика, использующая реакторы на тепловых нейтронах, имеет системные проблемы, к которым относятся непрерывное увеличение количества отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) (ближнесрочная проблема) и ограниченность топливной базы ввиду низкой эффективности полезного использования природного урана (дальнесрочная проблема). В существующих реакторах на тепловых нейтронах может использоваться только около 1% урана (включая делящиеся и воспроизводящие изотопы), а в реакторах-размножителях на быстрых нейтронах – до 60% [4]. Такие реакторы способны преобразовывать ^{238}U в делящийся ^{239}Pu интенсивнее, чем сами поглощают делящийся материал (свойство, называемое «размножением»).

Перспективная крупномасштабная ядерная энергетика должна обладать гарантированной безопасностью, экономической устойчивостью и конкурентоспособностью, отсутствием ограничений по сырьевой базе на длительный период времени, экологической устойчивостью (малоотходностью). Этим условиям могут удовлетворить ядерные энергетические системы (ЯЭС) с реакторами-размножителями на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем.

Россия обладает многолетним опытом в области сооружения и эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Это позволяет обобщить и проанализировать экологические особенности реакторов данного типа, возможность их использования для устойчивого обеспечения энергией человечества и решения экологических проблем.

Основные требования к перспективной ядерной энергетике

Соблюдение высоких стандартов ядерной безопасности является неременным условием для широкомасштабного развития ядерной энергетики в XXI в. После аварии на АЭС «Фукусима-дайити» повышенное внимание уделяется поиску путей предотвращения тяжелых аварий и смягчения их последствий. Для АЭС нового поколения ставится задача полного исключения необходимости эвакуации населения в районе размещения атомной станции при любых технически возможных авариях.

Уникальным свойством ядерной энергетики является воспроизводство ядерного топлива. Это определяет перспективы его использования, т.к. значительно возрастают ресурсы ядерного топлива. В настоящее время это свойство используется слабо, поскольку есть доступные ресурсы урана.

Существуют два основных варианта обращения с ОЯТ: однократный цикл, при котором топливо используется только один раз, после чего хранится как



отходы. Недостатками такого открытого ядерного топливного цикла (ЯТЦ) являются большой объем, уровень радиотоксичности и остаточное тепловыделение ОЯТ. Во втором варианте ОЯТ перерабатывается с извлечением урана и плутония для их дожигания в реакторах. Рециклирование и повторное использование минимизируют объем отходов. Эта концепция наряду с оптимальным использованием природных ресурсов является основой замкнутого ЯТЦ, в котором пригодные к повторному использованию компоненты отработавшего топлива рециклируются и не считаются отходами.

В связи с требованием обеспечения малоотходности перспективная ядерная энергетика должна рассматриваться комплексно. Поэтому используемый термин «ядерная энергетическая система» включает в себя реактор и переработку (рециклирование) ядерного топлива.

В 2000 г. государства – члены МАГАТЭ признали, что для внедрения инноваций, обеспечивающих возможность того, чтобы ядерная энергетика способствовала устойчивому удовлетворению потребностей в энергии в XXI веке, необходимы согласованные и скоординированные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Форум GIF (the Generation IV International Forum) создан в 2001 г. Еще одна международная инициатива, дополняющая GIF – Международный проект по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (ИНПРО), запущен МАГАТЭ в 2000 г. ИНПРО ориентируется на нужды «конечных пользователей» инновационных систем, в то время как проект GIF направлен на организацию международных исследований (поставщиков и разработчиков).

В 2002 г. по результатам рассмотрения более 100 различных проектов экспертами GIF были выбраны шесть инновационных ЯЭС (в том числе инновационных ядерных циклов). Среди них единственной технологией, для которой имеется значительный практический опыт проектирования, строительства, эксплуатации, является технология быстрых натриевых реакторов.

Методы и средства

Обоснование выбора реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем для перспективной ядерной энергетической системы

АЭС с реакторами на быстрых нейтронах являются передовым типом ядерных установок и имеют следующие основные преимущества [5]:

- возможность работы при низком (близком к атмосферному) давлении в корпусе реактора радикально снижает риски выхода радиоактивных продуктов за его пределы;
- высокая тепловая эффективность и надежность работы оборудования реакторного контура (полное отсутствие коррозии и отложений на поверхностях твэлов и теплообменного оборудования);

– возможность получать высокие температуры теплоносителя, что повышает термодинамическую эффективность АЭС и открывает перспективы создания ядерно-технологических комплексов для цветной металлургии и химической промышленности;

– минимальный начальный запас реактивности, что практически исключает возможность ядерно-опасных событий;

– минимальный объем отходов производства (10–20 м³/год);

– наименьший среди всех АЭС уровень радиационных нагрузок на персонал и отсутствие воздействия на биосферу;

– наиболее высокая среди всех типов АЭС эффективность использования ядерного топлива (глубина выгорания выше, чем в тепловых реакторах, в 2–2,5 раза);

– возможность расширенного производства ядерного топлива (бридинга).

Реакторы с натриевым теплоносителем имеют дополнительные свойства внутренней самозащитенности, усиливающие их безопасность:

– натрий эффективно удерживает изотопы йода и цезия (подтверждено опытом эксплуатации БН-600), что исключает выход опасных изотопов газоаэрозольной фракции продуктов деления в окружающую среду при нормальной эксплуатации и авариях;

– слабое коррозионно-эрозионное воздействие натрия на конструкционные материалы исключает опасность перегрева твэлов вследствие забивания проходного сечения тепловыделяющих сборок (ТВС) и нарушения целостности корпуса реактора;

– хорошие теплофизические свойства натрия повышают эффективность отвода и рассеяния тепла в аварийных ситуациях.

Россия имеет значительный научно-технический и проектный задел по быстрым натриевым реакторам, а также опыт применения их для энерготехнологического использования (опреснение, теплофикация). Энергоблок № 3 Белоярской АЭС (БАЭС) с реактором на быстрых нейтронах БН-600 номинальной электрической мощностью 600 МВт эксплуатируется с 1980 г. Это единственный в мире успешно работающий столь длительное время быстрый реактор промышленного уровня мощности. За этот период освоена и усовершенствована технология безопасного обращения с натрием. Расчетный срок эксплуатации блока был запланирован до 2010 г. На основе накопленного опыта работы, оценки состояния материалов, модернизации и замены отдельного оборудования получена лицензия на его эксплуатацию до 2020 г. с правом последующего продления [6].

В 2015 г. запланирован энергетический пуск реактора БН-800, разработанного на базе реактора БН-600 и имеющего улучшенные технико-экономические показатели и характеристики безопасности. В БН-800 предусмотрена дополнительная аварийная защита реактора на пассивном принципе действия.



Введена аварийная система отвода остаточных тепловыделений через воздушные теплообменники. Предусмотрено устройство для локализации расплавленных фрагментов активной зоны в постулируемой аварии с отказом всех средств защиты реактора. БН-800 является необходимым этапом в создании серийного реактора на быстрых нейтронах. В нем предполагается использование МОКС-топлива для утилизации оружейного плутония с достижением выгорания МОКС-топлива до 15% т.а. и выше, проведение испытаний высокоплотных видов топлива, обеспечивающих коэффициент воспроизводства на уровне 1,35-1,45, предусматривается отработка замкнутого топливного цикла на МОКС-топливе, а также проведение работ по организации выжигания младших актинидов, как собственных, так и накопленных в тепловых реакторах. Проектный срок службы увеличивается с 30 лет (БН-600) до 45 лет с перспективой его продления до 60 лет.

В настоящее время разрабатывается проект реактора БН-1200, который может быть использован в ЯЭС четвертого поколения с замыканием ЯТЦ. Концепция проектируемого энергоблока БН-1200 базируется на большом положительном опыте России в разработке и эксплуатации быстрых реакторов с натриевым теплоносителем и максимально возможным использованием достижений этой технологии. Проект БН-1200 относится к реакторным установкам повышенной безопасности благодаря оптимальному сочетанию референтных и новых решений, обеспечению высоких показателей безопасности и высоких технико-экономических характеристик, возможности расширенного воспроизводства топлива. Вероятность тяжелого повреждения активной зоны БН-1200 на порядок меньше требований нормативных документов. Санитарно-защитная зона (СЗЗ) находится в границах промплощадки для любых проектных аварий [5]. В проекте БН-1200 предусмотрено повышение уровня радиационной и пожарной безопасности. Все системы с радиоактивным натрием размещены в пределах корпуса реактора, что исключает возможность выхода радиоактивного натрия в помещения реакторной установки из внешних коммуникаций. Уменьшение энергонапряженности активной зоны и увеличение выдержки отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) во внутриреакторном хранилище до двух лет снизит удельное энерговыделение в топливе в три раза. Это повышает безопасность транспортировки и отмывки ОТВС от натрия перед их установкой в бассейн выдержки.

Протяженность натриевых трубопроводов второго контура снижена почти в три раза по сравнению с БН-800 благодаря переходу на парогенераторы корпусного типа и применению сильфонных компенсаторов. Все трубопроводы будут иметь страховочные кожухи. Это исключает большие течи и пожары с нерадиоактивным натрием.

Анализ воздействия АЭС с реакторами на быстрых нейтронах на окружающую среду и персонал

35 лет надежно и безопасно эксплуатируется самый мощный в мире энергетический реактор на быстрых нейтронах БН-600 на БАЭС. Как показывает многолетний опыт эксплуатации, БН-600 является одним из наиболее экологически чистых реакторов.

Основными видами нерадиационного воздействия БАЭС на окружающую среду являются: тепловое, сбросы вредных веществ в водные объекты, выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух и размещение отходов на промышленной площадке.

АЭС с реакторами на быстрых нейтронах имеют термический коэффициент полезного действия более 40%, что значительно снижает тепловые выбросы в окружающую среду по сравнению с традиционными АЭС с «тепловыми» реакторами (коэффициент полезного действия – 31-33%).

По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области», доля БАЭС в валовом объеме выбросов ЗВ в атмосферный воздух, сбросах ЗВ в водные объекты составляет сотые доли процента. Основными источниками выбросов (более 98% выбросов от всех источников АЭС) являются котельные, работающие на мазуте.

Выбросы радиоактивных веществ Белоярской АЭС в атмосферу обусловлены, в основном, инертными радиоактивными газами (ИРГ) и составляют, как правило, менее одного процента от допустимого значения (рис. 1).

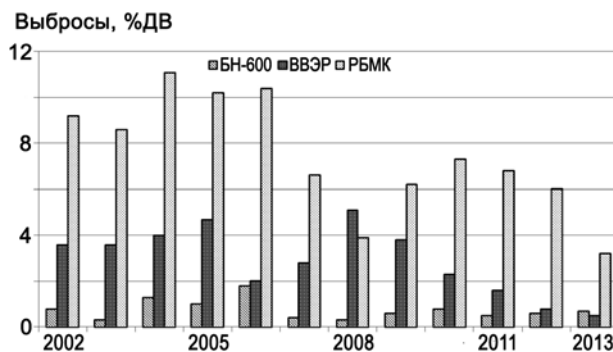


Рис. 1. Выбросы инертных радиоактивных газов АЭС с реакторами различных типов (% от допустимых выбросов)
Fig. 1. The release of the inert radioactive gases from different NPP types (% of the permissible release)

Систематические измерения концентрации радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, в водоемах-охладителях, измерения активности почвы и растительности, продуктов питания в контрольных точках подтверждают отсутствие влияния работы АЭС в режиме нормальной эксплуатации на состояние объектов внешней среды. Радиационный

риск для населения, проживающего в районе расположения БАЭС, находится в области безусловно приемлемого риска, что не требует проведения каких-либо дополнительных мероприятий по снижению активности радионуклидов в выбросах и сбросах АЭС.

Радиационный контроль объектов окружающей среды в СЗЗ и зоне наблюдения (ЗН) проводит группа внешнего радиационного контроля, входящая в состав отдела радиационной безопасности БАЭС. Кроме того, обеспечивается мониторинг состояния окружающей среды на основании результатов длительного наблюдения. Отслеживается тенденция изменения параметров контролируемых объектов.

Для непрерывного измерения в заданных точках мощности дозы гамма-излучения и температуры на промплощадке в СЗЗ и ЗН БАЭС предназначена автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО). Результаты измерений передаются по радиоканалу в Кризисный центр ОАО «Концерн Росэнергоатом» и ситуационно-кризисный центр корпорации «Росатом».

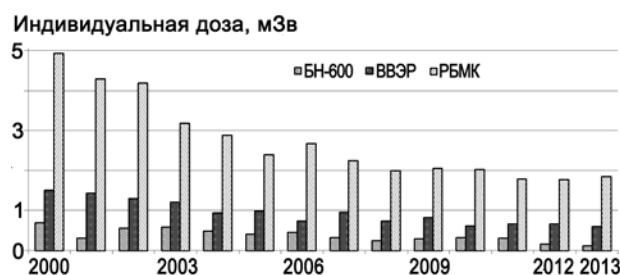


Рис. 2. Средневзвешенные индивидуальные дозы облучения на АЭС России по типам реакторных установок

Fig. 2. Weighted average individual exposure doses at Russian NPPs by reactor types

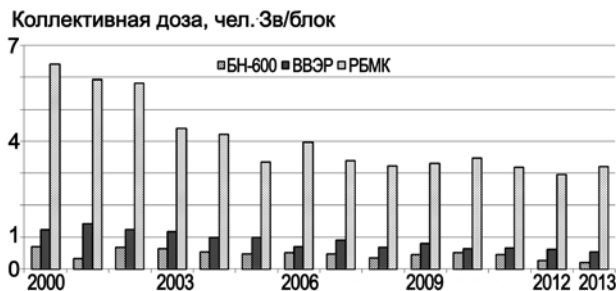


Рис. 3. Коллективные дозы облучения на энергоблоках АЭС России с реакторами РБМК, ВВЭР и БН-600

Fig. 3. Collective exposure doses at Russian RBMK, ВВЭР and BN-600 reactor nuclear power plant units

Для энергоблока с реактором БН-600 достигнуты одни из наиболее низких уровней доз облучения как в России, так и в мире (рис. 2, 3). При этом на ремонт приходится 50-75% коллективной дозы [7].

Суммарные дозовые затраты при работах по продлению срока эксплуатации БН-600, основной объем которых был выполнен в 2005-2010 годах, значительно ниже, чем для реакторов типа РБМК и ВВЭР [5]. Во многом это определяется интегральной компоновкой реактора БН-600, при которой основное оборудование первого контура размещено в корпусе реактора.

Результаты и их обсуждение

Замкнутый ЯТЦ на основе быстрых реакторов (рис. 4) позволяет минимизировать объемы РАО и оптимизировать потребление природных ресурсов. Большинство трансурановых элементов могут делиться под воздействием нейтронов быстрого спектра с выделением энергии. Поэтому в высокоактивные отходы перейдет меньшее их количество.

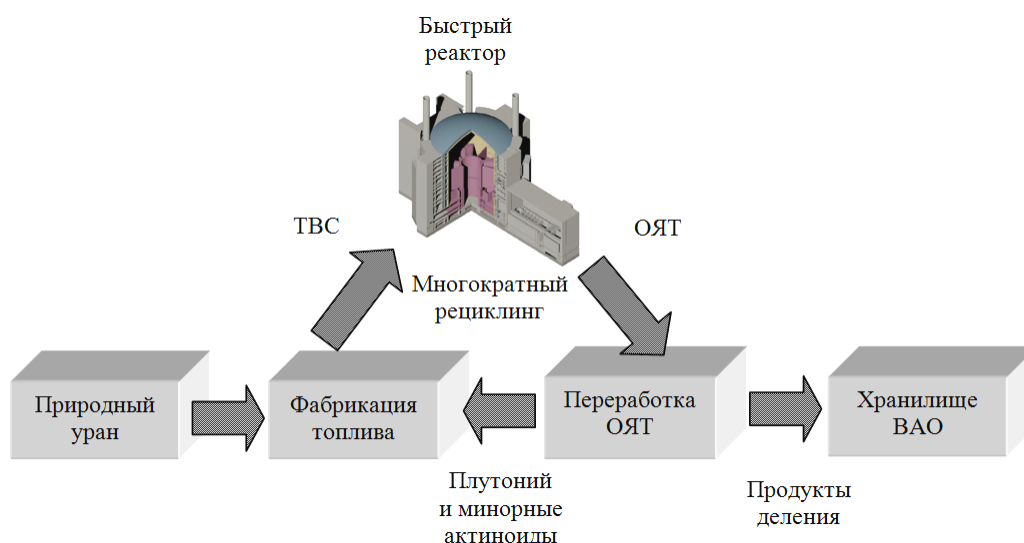


Рис. 4. Топливный цикл на основе быстрых реакторов
Fig. 4. Fast reactor based fuel cycle

Результаты анализа замыкания ЯТЦ показывают, что системные проблемы действующей ядерной энергетики (непрерывно возрастающее количество ОЯТ и РАО и неэффективное использование природного урана) решаются при формировании ЯЭС, в состав которой входят реакторы на быстрых нейтронах с улучшенными параметрами воспроизводства топлива в сочетании с реакторами ВВЭР при обеспечении переработки, рециклирования и регенерации топлива.

Создание серийного энергоблока с быстрым реактором с натриевым теплоносителем БН-1200, способного работать в коммерческом режиме эксплуатации, является одним из стратегических приоритетов атомной отрасли России. Он способствует переходу в промышленных масштабах на новую технологическую платформу – замкнутый ЯТЦ.

Серийный блок БН-1200, работая в замкнутом ЯТЦ, многократно расширит топливную базу ядерной энергетики за счет вовлечения в производственный цикл неиспользуемого сегодня изотопа урана-238. Также он позволит минимизировать образование РАО и утилизировать наиболее проблемные радиоактивные элементы из ОЯТ других реакторов. Совместная работа серийных реакторов на быстрых нейтронах и на тепловых нейтронах выведет ядерную энергетику на качественно новый уровень развития, позволит использовать наиболее передовую технологию производства энергии и максимально достижимую экологическую чистоту всего технологического процесса, от добычи урановой руды до утилизации отходов.

Технология натриевых реакторов рассматривается в России как приоритетная по следующим причинам [8]:

– в ближайшей и среднесрочной перспективе отсутствует альтернатива внедрению в замкнутый ЯТЦ иной реакторной технологии, кроме технологии быстрых натриевых реакторов, обладающей необходимыми обоснованностью, технико-экономическими характеристиками, референтностью и опытом эксплуатации;

– в замкнутом ЯТЦ эта технология предусматривает утилизацию в быстрых натриевых реакторах плутония от переработки ОЯТ ВВЭР (при этом ВВЭР и БН используют МОКС-топливо);

– возможно замещение сооружения энергоблоков с ВВЭР в инвестиционной программе Госкорпорации «Росатом» на энергоблоки с БН-1200 при условии превышения затрат на их сооружение по сравнению с ВВЭР не более чем на 10-20%.

Рециклирование актинидов в быстрых реакторах обеспечивает значительное сокращение времени, необходимого для уменьшения радиотоксичности отходов до уровня природной урановой руды, которая используется в топливе легководных реакторов. Имеется техническая возможность получать радиоактивные отходы, которые будут распадаться до таких природных уровней за 300-400 лет, а не за 250 000 лет, как в случае прямого захоронения отработавшего топлива [9].

Заключение

Без ядерной энергетики невозможно удовлетворить глобальный спрос на энергию и одновременно минимизировать экологические издержки, связанные с использованием органического топлива. Архитектура перспективной ЯЭС, удовлетворяющей требованиям стабильности и безопасности, должна быть двухкомпонентной и включать в себя реакторы на быстрых нейтронах с расширенным воспроизводством топлива и реакторы на тепловых нейтронах с обязательным замыканием топливного цикла. При этом переработка ОЯТ, многократный рецикл топлива, сепарация и изоляция РАО обеспечат неограниченность ресурсов ядерного топлива за счет производства ^{239}Pu и ^{233}U из природных урана и тория, снижат объемы хранилищ ОЯТ и решат проблемы обращения с РАО. Технология реакторов на быстрых нейтронах может уменьшить радиотоксичность отходов до уровня природного урана примерно за 400 лет вместо сотен тысяч лет.

Список литературы

1. https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710506_ru.pdf.
2. https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710404_ru.pdf.
3. <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710707.pdf>.
4. Справочник по ядерной энерготехнологии: пер. с англ. / Ф. Ран и др.; под ред. В.А. Легасова. М.: Энергоатомиздат, 1989.

References

1. https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710506_ru.pdf.
2. https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710404_ru.pdf.
3. <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull54-1/54104710707.pdf>.
4. Spravočnik po âdernoj ânergotehnologii: per. s angl. / F. Ran i dr.; pod red. V.A. Legasova. M.: Ènergoatomizdat, 1989.

5. Tashlykov O., Shcheklein S., Sesekin A., Chentsov A., Nosov Y. & Smyshlaeva O. Ecological features of fast reactor nuclear power plants (NPPs) at all stages of their life cycle. 1st International Conference on Energy Production and Management in the 21st Century: The Quest for Sustainable Energy; WIT Transactions on Ecology and the Environment. Volume 190, 2014, Pages 907-918.

6. 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.

7. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Булатов В.И., Шастин А.Г. О проблеме снижения дозовых затрат персонала АЭС // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2011. № 1. С. 55-60.

8. Пономарев-Степной Н.Н. Перспективы развития и внедрения замкнутого топливного цикла / Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики. Доклады девятой международной научно-технической конференции 21-23 мая 2014 г. М.: ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2014. С. 19-22

9. Бычков А.В. Будущее: инновационные технологии переработки и захоронения радиоактивных отходов // Бюл. МАГАТЭ 55-3-Сентябрь 2014. С. 22-23.

5. Tashlykov O., Shcheklein S., Sesekin A., Chentsov A., Nosov Y. & Smyshlaeva O. Ecological features of fast reactor nuclear power plants (NPPs) at all stages of their life cycle. 1st International Conference on Energy Production and Management in the 21st Century: The Quest for Sustainable Energy; WIT Transactions on Ecology and the Environment. Volume 190, 2014, Pages 907-918.

6. Nosov Ů.V., Smyšlâeva O.Ů., Tašlykov O.L., Šeklein S.E. Obespečenie êkologičeskôj bezopasnosti pri dlitel'noj êkspluatacii reaktorov na bystryh nejtronah na primere Beloârskoj AËS // Al'ternativnaâ ênergetika i êkologiâ – ISJAE. 2012. № 4. S. 64-68.

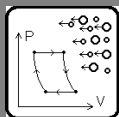
7. Tašlykov O.L., Šeklein S.E., Bulatov V.I., Šastin A.G. O probleme sniženiâ dozovyh zatrat personala AËS // Izv. vuzov. Âdernaâ ênergetika. 2011. № 1. S. 55-60.

8. Ponomarev-Stepnoj N.N. Perspektivy razvitiâ i vnedreniâ zamknutogo toplivnogo cikla / Bezopasnost', êffektivnost' i êkonomika atomnoj ênergetiki. Doklady devâtoj meždunarodnoj naučno-tehničeskôj konferencii 21-23 maâ 2014 g. M.: OAO «Koncern Rosênergoatom», 2014. S. 19-22

9. Byčkov A.V. Budušee: innovacionnye tehnologii pererabotki i zahoroneniâ radioaktivnyh othodov // Bûlleten' MAGATË 55-3-Sentâbr' 2014. S. 22-23.

Транслитерация по ISO 9:1995





ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

THERMODYNAMIC ANALYSIS IN RENEWABLE ENERGY

Статья поступила в редакцию 23.05.15. Ред. рег. № 2266

The article has entered in publishing office 23.05.15. Ed. reg. No. 2266

УДК 658.26

doi: 10.15518/isjaee.2015.08-09.007

ОСОБЕННОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ НУЛЕВОГО
ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

А.Н. Пирогов, 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: 27.05.15 Заключение совета экспертов: 30.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

Для определения возможности строительства в климатических условиях города Екатеринбурга многоэтажного жилого дома с нулевым потреблением энергии была выбрана методология расчета для типового района (по плотности застройки, этажности, конструктиву и форме), для которого определены характерные значения удельного потребления тепловой, электрической энергии и горячей воды, для выполнения расчетов в типовом доме. С применением пакета PHPP (Passive House Planning Package) для типового дома были разработаны две компьютерные вычислительные модели: стандартные конструкции (базовый вариант) и дом с применением технологий энергопассивных зданий (улучшенный вариант). В ходе исследования определено, что наиболее значимым фактором, ограничивающим увеличение уровня тепловой защиты здания, являются энергозатраты на производство строительных материалов, которые при увеличении толщины утеплителя типового дома сверх базовой величины более чем на 500 мм приводят к росту потребления энергии в течение жизненного цикла (с учетом энергозатрат на производство строительных материалов). В результате проведенного исследования доказана возможность строительства многоэтажного многоквартирного жилого дома с нулевым потреблением энергии (по годовому балансу).

Ключевые слова: энергообеспечение, энергоэффективность.

FEATURES MULTISTORY NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS (NZEB)
FOR A COLD CLIMATE

A.N. Pirogov, 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: 27.05.15 Expertise: 30.05.15 Accepted: 03.06.15

To determine the possibility of building in the climatic conditions of the city of Yekaterinburg multistorey apartment houses with zero energy consumption has been selected for typical methodology (for building density, number of storeys, constructive and shape) that designates the characteristic values of specific consumption of heat, electricity and hot water to perform calculations in a typical house. Using packet PHPP (Passive House Planning Package) for a typical home computer developed two computer models: the standard design (base case) and a house with energy-passive building technologies (improved version). The study determined that the most significant factor limiting the increase in the thermal protection of the building are energy consumption for the production of building materials, which by increasing the thickness of the insulation over the base model home magnitude of more than 500 mm, lead to an increase in energy consumption over the life cycle (including energy costs in the production of construction materials). The study proved the possibility of building a multi-storey apartment building with a zero energy consumption (as an annual balance sheet).

Keywords: energy supply, energy efficiency.



Алексей Николаевич
Пирогов
Alexey N. Pirogov

Сведения об авторе: магистр наук, главный инженер компании RED-group.

Образование: УрФУ (УрГТУ-УПИ), 2003; Дунайский университет (г. Кремс, Австрия), 2012.

Область научных интересов: устойчивое развитие и энергетическая эффективность в проектировании и строительстве зданий, климат и комфорт, управление объектами недвижимости.

Публикации: 14.

Information about the author: MSc, chief engineer, RED-group.

Education: Ural Federal University (previously Ural State Technical University-UPI), 2003; Donau-Universität Krems (Austria), 2012.

Research area: sustainability and energy efficiency in buildings, climate and comfort, facility management.

Publications: 14.



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

Интенсивный рост населения земного шара, сопровождаемый быстрым ростом потребностей и промышленного производства, грозит истощением углеводородного топлива и природных ресурсов как таковых и усугубляет проблему глобального потепления. Для коренного изменения данной ситуации необходим переход к принципам устойчивого развития, которое позволит обеспечить насущные потребности, не ставя под угрозу реализацию потребностей будущих поколений. Необходимы коренные изменения в строительном секторе, являющемся одним из крупнейших потребителей природных ресурсов. Простое тиражирование передовых технологий в строительной отрасли невозможно в силу серьезных социальных, культурных и климатических отличий разных стран. Необходима их тщательная адаптация к местной специфике.

В России низкая стоимость энергоресурсов, их избыток и большой дефицит жилья являются важнейшими сдерживающими факторами в развитии строительной индустрии. Это же является причиной практически полного отсутствия российских исследований в области энергетической эффективности многоквартирных зданий.

В крупных городах высокая плотность застройки и преобладающее использование многоэтажных многоквартирных домов серьезно ограничивают возможности использования возобновляемых источников энергии. Задача данного исследования: определить потенциал энергосбережения и возможности использования возобновляемых источников энергии в жилых многоэтажных многоквартирных зданиях в климатических условиях (расчетная температура холодного времени года $-32...-35$ °C, средняя температура отопительного периода $-5,4...-6,0$ °C, расчетная температура теплого периода года 27 °C, 6412 градусо-суток отопительного периода) г. Екатеринбурга (1,0 млн жителей по состоянию на 01.01.2011).

В настоящее время отсутствует общепринятое определение термина «здание нулевого потребления». Существующие концепции энергоэффективных зданий можно укрупненно разделить на энергопассивные (passive house), дома нулевого потребления энергии (zero energy buildings) и дома нулевой эмиссии углерода (zero carbon buildings). Согласно Директиве Европарламента рекомендуется продвигать строительство зданий, у которых эмиссия парниковых газов и потребление первичной энергии низкое или равно нулю [1]. Зданием нулевого потребления является объект с минимальным уровнем энергопотребления, которое возможно компенсировать за счет возобновляемых источников энергии [2]. Целесообразно строительство зданий нулевого потребления, присоединенных к централизованным сетям энергоснабжения, так как в случае автономного здания использовать избытки произведенной энергии будет затруднительно [3]. Здание нулевой эмиссии углерода является частным случаем здания нулевого потребления, обеспечивая компенсацию эмиссии парниковых газов за счет производства энергии посредством возобновляемых источников энергии [2].

Методика исследования

Для определения возможности строительства в климатических условиях г. Екатеринбурга многоэтажного жилого дома с нулевым потреблением энергии была выбрана методология расчета для типового района (по плотности застройки, этажности, конструктиву и форме). За основу, по данным статистической обработки данных строительства жилых зданий в Екатеринбурге с 2006 по 2011 гг., выбран типовой 15-этажный жилой дом, расположенный в микрорайоне Академический [4] (г. Екатеринбург). По данным потребления 28 зданий микрорайона для типового дома были определены характерные значения удельного потребления тепловой, электрической



энергии и горячей воды для выполнения расчетов в типовом доме (табл. 1).

С помощью компьютерного моделирования для типового дома был произведен анализ затенения фасадов в течение светового дня и определена величина энергии, которую возможно получить с учетом затенения от соседних зданий при размещении фотоэлектрических панелей на фасадах и кровле здания. Расчет произведен для видов наиболее распространенных фотоэлектрических панелей: тонкопленочных, монокристаллических и поликристаллических. Использование термальных солнечных панелей для производства тепловой энергии признано нецелесообразным в многоквартирном доме.

Таблица 1
Потребление первичной и конечной энергии в типовом доме (по видам энергоресурсов)

Table 1

The consumption of primary and final energy in a typical house (by energy resources)

Энергоресурс	Энергия, кВт·ч	
	конечная	первичная
Отопление	112	172
Горячая вода	39	60
Электроэнергия (квартиры)	28,2	109
Электроэнергия (инженерное оборудование)	5,3	21
Общее потребление	184,5	362

С применением пакета PHPP (Passive House Planning Package) для типового дома были разработаны две компьютерные вычислительные модели: стандартные конструкции (базовый вариант) и дом с применением технологий энергопассивных зданий (улучшенный вариант) (табл. 2).

Таблица 2
Удельное потребление конечной энергии (базовый и улучшенный вариант)

Table 2

Specific consumption of final energy (basic and improved variants)

Ресурс	Потребление конечной энергии, кВт·ч/м ² год	
	базовый вариант	улучшенный вариант
Отопление	112	10
Горячая вода	39	18,5
Охлаждение	0	0
Бытовое эл. потребление	28	18
Инженерное оборудование	5	1,8
Итого	185	48

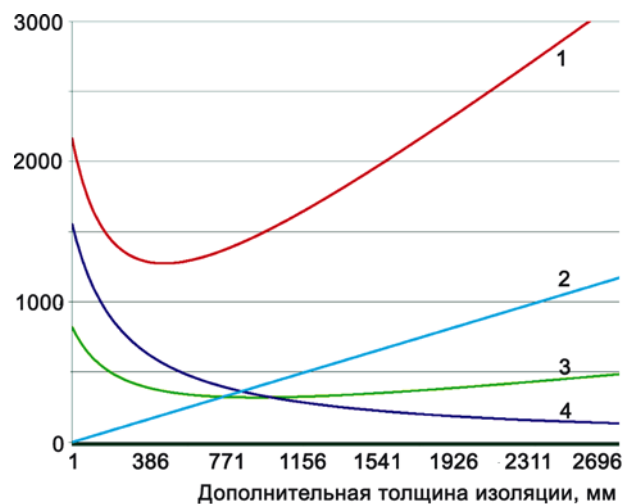
Теплоснабжение дома в базовом варианте – централизованное теплоснабжение от городских сетей, в улучшенном варианте – тепловой насос (типа грунт-вода).

Для каждого варианта определен тепловой баланс здания (трансмиссионные, вентиляционные потери, теплопоступления от внутренних источников и теплопоступления от солнца через светопрозрачные конструкции), выполнен анализ жизненного цикла (life cycle assessment) для расчета экономической и энергетической целесообразности выбранных технических решений и достигаемого снижения эмиссии парниковых газов. Для каждого варианта конструкций определена доля энергопотребления, покрытие которой возможно за счет фотоэлектрических панелей (для каждого из трех типов) [5-6]. В улучшенном варианте дома, при применении монокристаллических панелей, можно покрыть свыше 101% от потребности дома в конечной энергии.

Результаты исследования

В ходе исследования определено, что наиболее значимым фактором, ограничивающим увеличение уровня тепловой защиты здания, являются энергозатраты на производство строительных материалов, которые при увеличении толщины утеплителя типового дома сверх базовой величины более чем на 500 мм, приводят к росту потребления энергии в течение жизненного цикла (с учетом энергозатрат на производство строительных материалов) (рисунок).

Сравнение эффективности жизненного цикла базового и улучшенного варианта приведено в табл. 3.



- 1 - Потребление энергии, кВт·ч/м²
- 2 - Общий углеродный потенциал, кг экв. CO₂/м²
- 3 - Общая стоимость, евро/м²
- 4 - Стоимость материала, евро/м²

Анализ эффективности дополнительного утепления типового дома в течение жизненного цикла
Life cycle assesement of a typical building with additional in sulation

Таблица 3

Сравнение эффективности жизненного цикла базового и улучшенного вариантов

Table 3

Comparison of base and improved variants

Категория	Базовый вариант	Улучшенный вариант	% изменения
Эмиссия парниковых газов от материалов (GWP), кг CO ₂ эк.	5 098 285	4 234 120	-17
Энергия на производство материалов и оборудования PE, МВт·ч	18 670	16 996	-9
Общее потребление конечной энергии, Вт·ч/м ²	185	48	-74
Суммарная эмиссия парниковых газов (GWP), тонн CO ₂ эк	171 502	9 760	-94
Суммарное потребление первичной энергии в течение жизненного цикла, МВт·ч	587621	51 488	-91
Стоимость строительства, евро	5 255	6 426	+22
Стоимость жизненного цикла, тыс. евро	198 347	8 577	-96

Закключение

В результате проведенного исследования доказана возможность строительства многоэтажного многоквартирного жилого дома с нулевым потреблением энергии (по годовичному балансу). Увеличение эффективности фотоэлектрических панелей и снижение их стоимости существенно скажется на эффективности

жизненного цикла здания. Высокая эмиссия парниковых газов от существующих энергоисточников в Екатеринбурге позволяет также достичь компенсации эмиссии парниковых газов в процессе жизненного цикла здания, что позволяет сделать вывод о возможности строительства здания нулевой эмиссии углерода в данном климате.

Список литературы

1. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
2. http://www.zeb.aau.dk/digitalAssets/29/29578_nzeb-working-definition.pdf (25.03.2015).
3. Torcellini P., Pless S., Deru M. NREL; D. Crawley: U.S. Department of Energy, 2.
4. http://www.akademicheskij.org/articles/obshhaja_informacija851 (25.03.2015).
5. Pirogov A. Zero Carbon Building For Cold Climate. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.
6. Пирогов А.Н., Щеклеин С.Е. Энергетический дизайн – новый концептуальный подход при проектировании и строительстве энергоэффективных и экологических малоэтажных жилых зданий. Научно-практ. конф. «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий» ИТФ СО РАН, 19-20 марта 2013. С. 67-72.

References

1. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
2. http://www.zeb.aau.dk/digitalAssets/29/29578_nzeb-working-definition.pdf (25.03.2015).
3. Torcellini P., Pless S., Deru M. NREL; D. Crawley: U.S. Department of Energy, 2.
4. http://www.akademicheskij.org/articles/obshhaja_informacija851 (25.03.2015).
5. Pirogov A. Zero Carbon Building For Cold Climate. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.
6. Pirogov A.N., Šeklein S.E. Energetičeskij dizajn – novyj konceptual'nyj podhod pri proektirovanii i stroitel'stve energoëffektivnyh i èkologičnyh maloëtažnyh žilyh zdaniy. Naučno-prakt. konf. «Energo- i resursoëffektivnost' maloëtažnyh žilyh zdaniy» ITF SO RAN, 19-20 marta 2013. S. 67-72.

Транслитерация по ISO 9:1995



К ПРОБЛЕМЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

С.Е. Щеклеин, А.Г. Шастин

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
Россия, 620002 Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
Тел: (343) 375-9 5-08, e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Заключение совета рецензентов: 23.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

В настоящей работе рассмотрены вопросы оптимизации тепловой защиты зданий для суровых климатических условий. Показана целесообразность учета качества (эксергетического потенциала) энергии, расходуемой на производство теплозащитных материалов, и энергии, потребляемой для целей отопления.

Ключевые слова: тепловая защита, энергия, эффективность, эксергия, диатомит.

ON THE PROBLEM OF THERMODYNAMIC OPTIMIZATION OF THERMAL PROTECTION OF BUILDINGS

S.E. Shcheklein, A.G. Shastin

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: 23.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

This paper discusses the optimization of thermal protection of buildings to the harsh climatic conditions. The reasonableness of accounting quality (exergetic potential) energy consumed in the production of heat-shielding materials and energy consumed for heating purposes.

Keywords: thermal protection, energy efficiency, exergy, diatomite.



*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.



Арнольд Георгиевич
Шастин
Arnold G. Shastin

Сведения об авторе: канд. техн. наук, профессор кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ. Заслуженный энергетик РФ. Награжден орденами и медалями СССР.

Образование: Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ) (1961), Уральский гос. университет (1967).

Область научных интересов: атомная энергетика, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, техническое применение мощного ультразвука.

Публикации: более 100 научных трудов, 20 изобретений.

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

The distinguished engineer of Russian Federation. He was awarded orders and medals of the USSR.

Education: Urals Polytechnic Institute (1961), Ural State University (1967).

Research area: atomic energetics; non-traditional and renewable energy sources, technical application of powerful ultrasound.

Publications: more than 100 scientific works, 20 inventions.

Введение

Стремление построить энергоэффективное здание стимулируется желанием создания благоприятных для человека условий жизнедеятельности на фоне дефицитности и повышения стоимости энергетических ресурсов (страны ЕС) либо их значительных расходов в суровых климатических условиях (РФ), что также ведет к росту затрат на эксплуатацию зданий. Важным мотивом снижения энергозатрат является стремление обеспечить значительную долю энергопотребления здания за счет возобновляемых источников энергии. Однако отсутствие системного подхода при разработке мероприятий по снижению теплопотерь стенами зданий в жилищном секторе развитых стран привело к существенному противоречию между поставленными целями и полученными результатами – снижение теплопотерь на единицу энергии влечет за собой увеличение энергозатрат на производство тепловой изоляции [1]. Идея использовать количество энергии в качестве меры стоимости объекта была предложена еще в 1983 году В.И. Вернадским и получила развитие в работах ряда отечественных и зарубежных исследователей [2-7]. Особое значение при решении данной задачи приобретает качество энергии, используемой для производства строительных и теплоизоляционных материалов, с одной стороны, и целей теплоснабжения – с другой.

На рис. 1 приведена технологическая схема, применяемая при производстве минераловатных теплоизоляционных материалов [8].

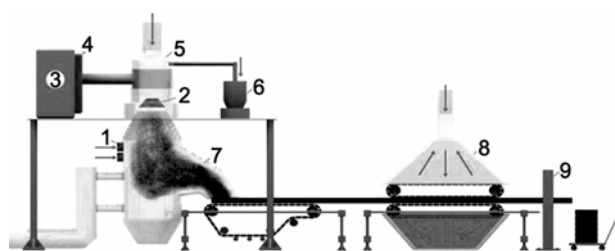


Рис. 1. Схема технологического модуля производства базальтоволоконной теплоизоляции:

1 – распылители связующего; 2 – дутьевая головка; 3 – генератор; 4 – блок нагрузочного контура; 5 – индукционная печь; 6 – дозатор; 7 – камера волокноосаждения; 8 – камера сушки; 9 – резак

Fig. 1. Scheme of technological module of production basalt fiber heat insulation:

1 – binder nebulizers; 2 – blowhead; 3 – generator; 4 – the block load circuit; 5 – induction furnace; 6 – doser; 7 – fiber deposition chamber; 8 – the drying chamber; 9 – cutter

В табл. 1 приведены некоторые технические параметры, характеризующие энергоемкость процесса производства теплоизоляции.

Таблица 1
Расход материальных и энергетических ресурсов
для производства 1 тонны теплоизоляции [8]

Table 1
Consumption of material and energy resources
for the production of 1 ton of heat insulation [8]

Ресурс	Количество
Базальтовое сырье, кг	1250
Электроэнергия, кВт·ч	3500
Сжатый воздух, м ³	12000
Техническая вода, м ³	260
Электроды, кг	25

Таблица 2
Расход энергетических ресурсов
для производства ряда строительных материалов

Table 2
Consumption of energy resources for
the production of a number of building materials

Материалы и конструкции	Общие энергозатраты, МДж
Цемент, т	7250
Кирпич глиняный, 1000 шт.	8903
Стекло листовое, т (1000 м ²)	90190
Керамзит гравийный, м ³	3538
Минеральная вата товарная, м ³	2320
Пенобетон, м ³	3451
Плитка керамическая облицовочная, 1000 м ²	368880
Трубы канализационные чугунные, т	28710
Трубы пластмассовые из поливинилхлорида, т	140331
Трубы стальные, т	55941
Гипсокартонные листы, 1000 м ²	54549
Железобетонные сборные стеновые конструкции из легкого бетона, м ³	9106
Бетонные сборные конструкции, м ³	5858
Железобетонные монолитные конструкции, м ³	7830

Другие материалы, применяемые в строительстве, также требуют для производства значительных затрат энергии, как правило, высокого потенциала. В табл. 2 приведены энергоемкости ряда стандартных материалов строительной индустрии по данным [9].

Постановка задачи

Оценить суммарные затраты на сооружение и эксплуатацию в течение длительного периода (50 лет) двухэтажного жилого здания общей площадью 200 кв.м при выполнении санитарно-гигиенических требований к жилым помещениям [10] с учетом потребности в тепловой энергии для целей отопления и вентиляции. В качестве модельных климатических условий использованы данные для зоны Среднего Урала [11]. Анализ выполнялся для нескольких видов строительных материалов и комбинированных вариантов конструкций стеновых материалов (кирпич, железобетон, пенобетон, полистиролбетон и кирпич + пенопласт, пенобетон + пенопласт) и производился по критериям отыскания минимальных значений суммарных затрат – **финансовых, энергетических и эксергетических**. Последний из данных критериев учитывает не только количество, но и качество используемой энергии. Эксергия – физическая величина, характеризующая способность системы совершать полезную работу, следовательно, отопление зданий, производимое средами с низкими энергетическими параметрами, значительно менее эксергоемко, чем процесс создания теплоизоляции и стеновых материалов, как правило, связанный с затратами электрической и высокопотенциальной тепловой энергии.

Методика исследований

Затраты энергии

Затраты энергии на создание строительных материалов и всего здания оцениваются по данным работ [1, 3-7]:

$$Q_{k\Sigma} = K_{\text{изг}} \sum_{i=1}^n \frac{m_i Q_{ki}}{K_{\text{им}}} \quad (1)$$

где $K_{\text{изг}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий затраты энергии на изготовление деталей, сборку, транспортировку.

Затраты энергии на отопление и вентиляцию здания оцениваются по [12]:

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{тр}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{быт}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{тр}} = A(t_{\text{п}} - t_{\text{ext}})(1 + \Sigma\beta)n/R$, – трансмиссионные потери теплоты через ограждающие конструкции; A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м²; R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°C/Вт; β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь; $t_{\text{п}}$ – расчетная температура воздуха, °C, в помещении; t_{exp} – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения (со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °C).

Общие трансмиссионные потери теплоты равны сумме трансмиссионных потерь через отдельные ограждающие конструкции с учетом географической ориентации: $Q_{\text{тр}} = \sum_1^n Q_{\text{тр}}^n$.

Расход теплоты $Q_{\text{в}}$, Вт, на нагревание вентиляционного воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, компенсируемого подогретым приточным воздухом [12]:

$$Q_{\text{в}} = 0,28L_n \rho c (t_{\text{вн}} - t_{\text{п}}) (1 - k_{\text{рег}}), \quad (3)$$

где $L_n = 3 \times 200$ – расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, для жилых зданий – удельный нормативный расход 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений; $k_{\text{рег}}$ – коэффициент регенерации (принят 0,8).

Затраты эксергии

Полные затраты эксергии на создание и последующую эксплуатацию объекта оцениваются в виде суммы произведений затрат энергии на коэффициент качества (эксергетический КПД):

$$E_{\Sigma} = E_{\kappa\Sigma} + E_{\text{о}\Sigma} = \Sigma Q_{\kappa i} \eta_{ei}^0 + Q_{\text{о}} \eta_e^0 = Q_{\kappa\Sigma} + Q_{\text{о}\Sigma} (1 - T_2/T_1), \quad (4)$$

где $E_{\kappa\Sigma} = \Sigma Q_{\kappa i} \eta_{ei}^0$ – суммарные затраты эксергии на изготовление материалов здания; $E_{\text{о}\Sigma} = Q_{\text{о}} \eta_e^0 = Q_{\text{о}\Sigma} (1 - T_2/T_1)$ – затраты эксергии на отопление и вентиляцию; T_1, T_2 – температуры источника тепловой энергии и окружающей среды соответственно, К.

При использовании разных материалов для создания здания (i) и продолжительности строительства (t_1) суммарные затраты эксергии на изготовление материалов и строительство здания:

$$E_{\kappa\Sigma} = \int_0^{t_1} \int_1^n Q_{\kappa i} \eta_{ei}^k di dt = \iint Q_{\kappa i} \eta_{ei}^k didt. \quad (5)$$

При использовании электрической и высокопотенциальной тепловой энергии $\eta_{ei}^k \cong 1$, и (5) приобретает вид

$$E_{\kappa\Sigma} = Q_{\kappa\Sigma}. \quad (6)$$

Затраты эксергии на отопление и вентиляцию на протяжении всего периода эксплуатации здания (t_2) при условиях постоянства температуры источника теплоты (T_1) и средней температуры окружающей среды отопительного периода (T_2) приобретают вид:

$$E_{\text{о}\Sigma} = \int_0^{t_2} Q_{\text{о}} \eta_e^0 dt = Q_{\text{о}\Sigma} (1 - T_2/T_1) \tau_{\text{от}}. \quad (7)$$

С учетом неравноценности эксергии, получаемой в ближайшем и отдаленном будущем, подобно аналогичным расчетам в экономике [13], может быть введено дисконтирование эксергии. Тогда полный

расход эксергии E вычисляется как интеграл с весовой функцией, отражающей убывание во времени:

$$E = \int_0^{\tau_3} \dot{E} \exp(-\lambda \tau) d\tau \approx \dot{E} [1 - \exp(-\lambda \tau_3)] = \dot{E}(\tau_3) \bar{\lambda}, \quad (8)$$

где

$$\bar{\lambda} = (\tau_3/\tau_3) [1 - \exp(-\lambda \tau_3)]. \quad (9)$$

Здесь $\tau_3 = 1/\lambda$ – нормативное время дисконтирования, обратное степени дисконтирования λ . Фактор $\bar{\lambda} < 1$ монотонно возрастает с ростом отношения τ_3/τ_3 . Для учета истощения первичных энергоресурсов аналогичный прием проводится с величиной η_e , что отражает геологические прогнозы о повышении затрат эксергии на добычу ресурса:

$$E_{\text{отв}} = \int E_{\text{отв}} \exp(-\mu \tau) d\tau = \dot{E}_{\text{отв}} \tau_3 \bar{\mu} \quad (10)$$

(здесь коэффициент μ играет ту же роль, что и степень дисконтирования λ , но при оценке истощения ресурсов; $\bar{\mu}$ вычисляется аналогично $\bar{\lambda}$).

Критерии определения оптимальной тепловой защиты зданий

Для определения условий оптимальности при решении (1) – (7) необходимо выразить расходы соответствующих затрат – финансовых, энергетических и эксергетических – в виде обобщенных функций от конструктивных, теплофизических и климатологических характеристик. Например, для энергии – в виде функций типа

$$Q_{\kappa i} = \Phi_1(M_i, q_i); Q_{\text{о}} = \Phi_2(M_i, Z),$$

где Φ_1 – функция энергоемкости материальных затрат; Φ_2 – функция энергоемкости эксплуатационных затрат; M_i, q_i, Z – количество используемых материалов, удельная энергоемкость производства материалов и показатель градусо-суток отопительного периода (ГСОП) соответственно.

Для финансовых и эксергетических затрат используются удельные стоимости материалов и удельные затраты эксергии.

Значение оптимума во всех случаях определяется минимумом совокупных затрат за весь период эксплуатации здания:

$$\partial Q_{\Sigma} / \partial M \Rightarrow 0; \partial E_{\Sigma} / \partial M \Rightarrow 0; \partial C_{\Sigma} / \partial M \Rightarrow 0,$$

где $Q_{\Sigma}, E_{\Sigma}, C_{\Sigma}$ – совокупные затраты энергии, эксергии и финансов.

Результаты исследования

Расчетные исследования выполнялись численно при помощи разработанного программного комплекса, включающего модули энергетических и климатических характеристик.



Результаты расчетов расходов энергии, эксергии и финансовых затрат для здания, выполненного из кирпича, приведены на рис. 2-5.

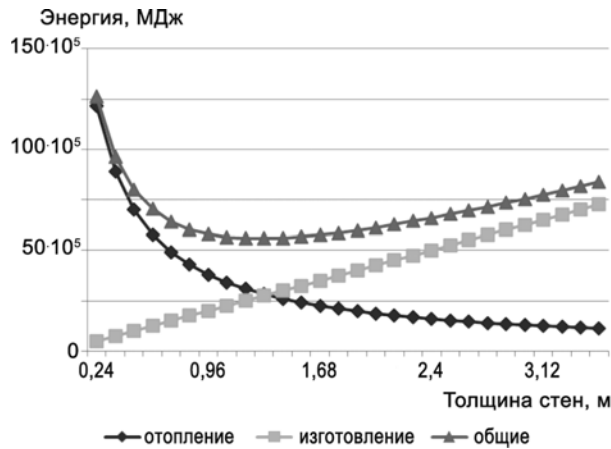


Рис. 2. Расход энергии на создание и энергоснабжение здания из кирпича

Fig. 2. Energy expenditure to create and energy supply of a building of brick

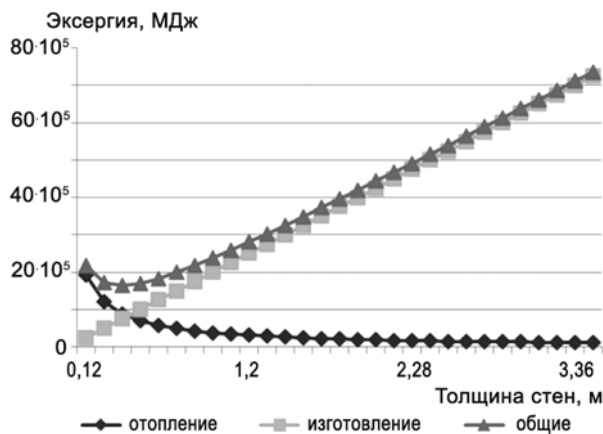


Рис. 3. Расход эксергии на создание и энергоснабжение здания из кирпича

Fig. 3. Exergy expenditure to create and energy supply of a building of brick

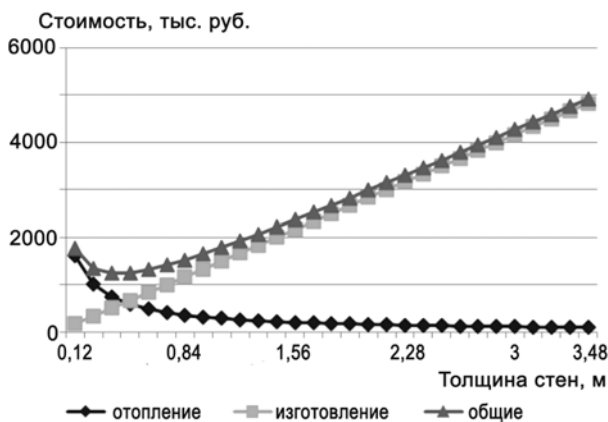


Рис. 4. Финансовые расходы на создание и энергоснабжение здания из кирпича (тариф 350 руб./Гкал)

Fig. 4. Financial expenses to create and energy supply of a building of brick (tariff of 350 rubles/Gcal)

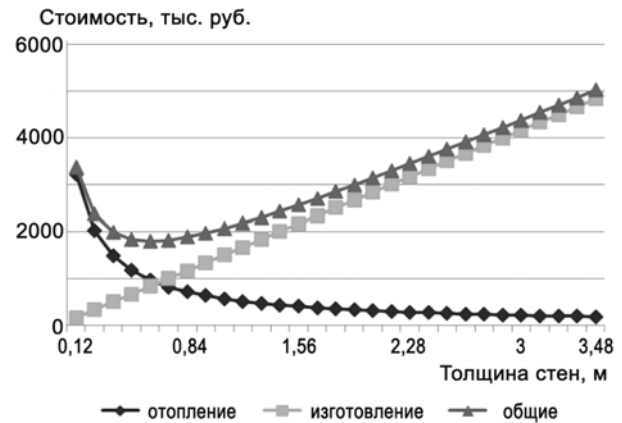


Рис. 5. Финансовые расходы на создание и энергоснабжение здания из кирпича (тариф 700 руб./Гкал)

Fig. 5. Financial expenses to create and energy supply of a building of brick (tariff of 700 rubles/Gcal)

Значения полученных по данной методике толщин защитной стены из кирпича приведены в табл. 3.

Таблица 3

Оптимальные значения толщины тепловой защиты и общего расхода ресурса (кирпич)

Table 3

The optimum thicknesses of thermal protection and overall consumption of resources (brick)

Критерий оптимальности	Толщина стены, м	Оптимум
Расход энергии, ГДж ($\partial Q_{\Sigma} / \partial M \Rightarrow 0$)	1,32	5400
Расход эксергии, ГДж ($\partial E_{\Sigma} / \partial M \Rightarrow 0$)	0,36	1900
Финансовые затраты, тыс. руб. ($\partial C_{\Sigma} / \partial M \Rightarrow 0$)		
тариф 350 руб./Гкал	0,35	1100
тариф 700 руб./Гкал	0,6	1800

Результаты расчетов общих затрат эксергии на создание и эксплуатацию зданий из разных материалов приведены на рис. 6.

В России (Уральский Федеральный университет и Уральская «Диатомитовая компания») выполнены научные исследования и разработки технологии, обосновывающие возможность производства пористого керамического кирпича из природного материала – диатомита. Полученные результаты показывают наличие у данных материалов высокой прочности и низкой теплопроводности при существенно более низкой энергоёмкости процесса получения, чем у волокнистых теплоизоляционных материалов [14]. На рис. 7 приведены данные оценки расходов эксергии на создание и энергоснабжение здания из диатомитового кирпича.

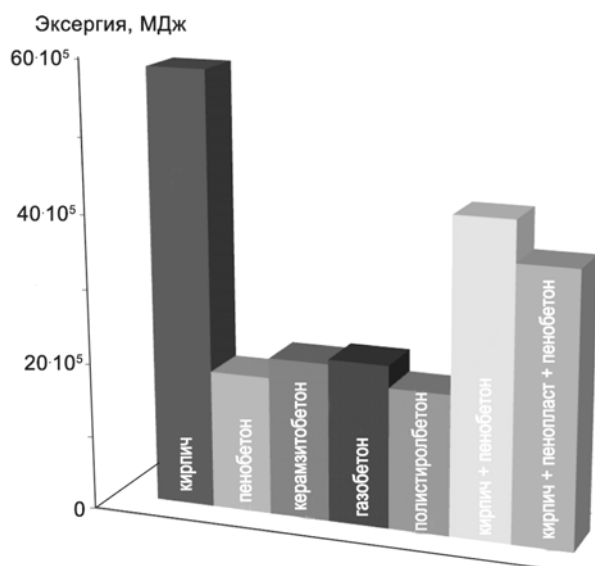


Рис. 6. Общий расход эксергии на создание и эксплуатацию зданий из разных материалов с эксергетически оптимальным слоем тепловой защиты

Fig. 6. Total consumption of exergy in the establishment and operation of buildings of different materials with exergic optimal thermal protection layer

Обсуждение результатов

Из рис. 2-7 видно, что все исследованные параметры имеют оптимальные значения (минимумы) при соответствующих значениях толщины защиты. Энергетический критерий оптимальности приводит к существенно завышенному уровню толщины тепловой защиты; финансовые затраты имеют высокую чувствительность к уровню цен на топливо и материалы, но более близки к результатам оптимизации по эксергетическому критерию. Последний дает значение, соответствующее современному уровню энер-

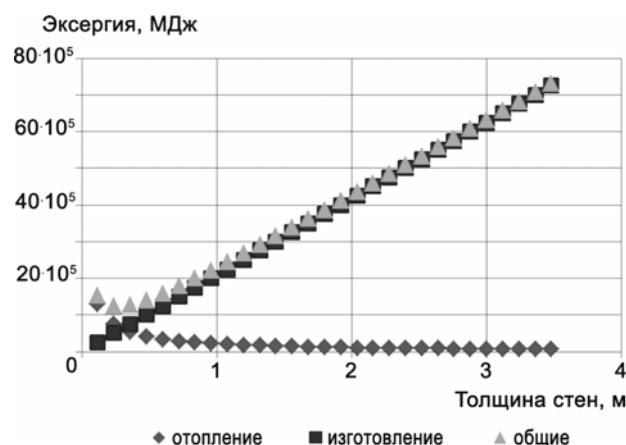


Рис. 7. Расход эксергии на создание и энергоснабжение здания из диатомитового кирпича

Fig. 7. Exergy expenditure to create and energy supply of a building of diatomite bricks

Список литературы

1. Мейер-Бое В. Строительные конструкции зданий и сооружений. Пер. с нем. под ред. Казбек-Казиева З.А. М.: Стройиздат, 1993.
2. Ананьев А.И., Комов В.М. и др. Экономия тепловых ресурсов в жилых зданиях // Теплоэнергоэффективные технологии: ИБ. 2001. № 4. С. 74–80.
3. Пирогов А.Н., Щеклеин С.Е. Энергетический дизайн – новый концептуальный подход при проектировании и строительстве энергоэффективных и экологических малоэтажных жилых зданий. Научно-практическая конференция «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». ИТФ СО РАН, 2013. С. 67–72.
4. Савин В.К. Энергоэффективность наружных конструкций зданий // Энергосбережение. 2002. № 6. С. 63–66.

References

1. Mejer-Boe V. Stroitel'nye konstrukcii zdaniy i sooruzhenij. Per. s nem. pod red. Kazbek-Kazieva Z.A. M.: Strojizdat, 1993.
2. Anan'ev A.I., Komov V.M. i dr. Èkonomiâ teplovykh resursov v žilyh zdaniâh // Teploènergoèffektivnye tehnologii: IB. 2001. № 4. S. 74–80.
3. Pirogov A.N., Šeklein S.E. Ènergetičeskij dizajn – novyj konceptual'nyj podhod pri proektirovanii i stroitel'stve ènergoèffektivnyh i èkologičnyh maloètažnyh žilyh zdaniy. Naučno-praktičeskââ konferenciâ «Ènergo- i resursoèffektivnost' maloètažnyh žilyh zdaniy». ITF SO RAN, 2013. S. 67–72.
4. Savin V.K. Ènergoèffektivnost' naružnyh konstrukcij zdaniy // Ènergobereženie. 2002. № 6. S. 63–66.

5. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Эффективность использования энергии. Новосибирск: ВО «Наука», Сибирская издательская фирма, 1994.

6. Кононов Ю.Д. Влияние энергетических стратегий на энергопотребление. Иркутск: СЭИ, 1985.

7. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Карчев Я.Я. и др. Эксергетические расчеты технических систем. Киев: Наук. думка, 1991.

8. http://www.naftaros.ru/kompozitsionnye_bazaltovye_tehno.

9. Исакович Г.А., Слуцкий Ю.Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве. М.: Стройиздат, 1988.

10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» (СанПиН 2.1.2. 2645-10) // Портал Гарант.РУ.

11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 9. СПб.: Гидрометиздат, 1990.

12. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

13. Янговский Е.И. Энергия – нетто // Промышленная энергетика. 1985. № 1. С. 33-37.

14. Shcheklein S.E., Shastin A.G., Domanskaya I.K. Prospects of the application of curable decontamination solutions in problems of impact improving of nuclear power plants // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Vol. 190, No. 2. P. 927-934.

5. Stepanov V.S., Stepanova T.B. Èffektivnost' ispol'zovaniâ ènergii. Novosibirsk: VO «Nauka», Sibirskaa izdatel'skaâ firma, 1994.

6. Kononov Û.D. Vliânie ènergetičeskikh strategij na ènergopotreblenie. Irkutsk: SÈI, 1985.

7. Brodânskij V.M., Verhivker G.P., Karčev Â.Â. i dr. Èksergetičeskie rasčety tehničeskikh sistem. Kiev: Nauk. dumka, 1991.

8. http://www.naftaros.ru/kompozitsionnye_bazaltovye_tehno.

9. Isakovič G.A., Sluckin Û.B. Èkonomiâ toplivno-ènergetičeskikh resursov v stroitel'stve. M.: Strojizdat, 1988.

10. Sanitarno-èpidemiologičeskie trebovaniâ k usloviâm proživaniâ v žilyh zdaniâh i pomešeniâh» (SanPiN 2.1.2. 2645-10) // Portal Garant.RU.

11. Naučno-prikladnoj spravočnik po klimatu SSSR. Vypusk 9. SPb.: Gidrometizdat, 1990.

12. SNIP 23-02-2003 «Teplovaâ zašita zdanij». M.: Gosstroj Rossii, FGUP CPP, 2004.

13. Ântovskij E.I. Ènergiâ – netto // Promyšlennaâ ènergetika. 1985. № 1. S. 33-37.

14. Shcheklein S.E., Shastin A.G., Domanskaya I.K. Prospects of the application of curable decontamination solutions in problems of impact improving of nuclear power plants // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Vol. 190, No. 2. P. 927-934.

Транслитерация по ISO 9:1995





**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ
ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД**

М.А. Безматерных, И.С. Селезнева

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002 Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
Тел./факс: (343) 374-39-05, тел.: (343) 375-44-20
E-mail: max6669@rambler.ru, i.s.selezneva@urfu.ru

Заключение совета рецензентов: 18.06.15 Заключение совета экспертов: 21.06.15 Принято к публикации: 24.06.15

В статье рассмотрены экологические аспекты очистки промышленных и бытовых сточных вод и утилизации образующихся при этом илистых осадков. Проведено сравнение аэробных и анаэробных методов очистки сточных вод. Дана характеристика основных групп микроорганизмов, используемых в биологической очистке, и особенности их метаболизма. Установлено, что объем выделяющегося биогаза полностью может обеспечить собственные нужды очистных сооружений. Разработаны дополнительные этапы обезвреживания многотоннажных осадков анаэробным методом.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, аэробные методы очистки, анаэробное сбраживание, илистые осадки, микроорганизмы, метаболизм, биогаз.

**ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY
IN BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT**

M.A. Bezmaternikh, I.S. Selezneva

Urals Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin
19 Mira str., Ekaterinburg, 620002, Russia
Tel./fax: (343) 374-39-05, tel.: (343) 375-44-20
E-mail: max6669@rambler.ru, i.s.selezneva@urfu.ru

Referred: 18.06.15 Expertise: 21.06.15 Accepted: 24.06.15

The article deals with the environmental aspects of purification of industrial and household wastewater and utilization of the silty sediments. The comparison of aerobic and anaerobic wastewater treatment methods has been done. Characteristic of the main groups of microorganisms used in the biological purification and features of their metabolism are described. It has been found that the amount of released biogas can fully meet the treatment facilities' own needs. An additional step of neutralization of large-tonnage silty sediments by the anaerobic method has been developed.

Keywords: biological wastewater treatment, aerobic treatment methods, anaerobic digestion, silty sediments, microorganisms, metabolism, biogas.



Максим Алексеевич
Безматерных
Maxim A. Bezmaternikh

Сведения об авторе: канд. хим. наук, доцент кафедры технологии органического синтеза, зам. директора по образованию Химико-технологического института УрФУ.
Образование: Уральский политехнический институт (1993).
Область научных интересов: экобиотехнология, органический синтез, энергосбережение.
Публикации: 102, 10 учебных пособий.

Information about the author: Associate professor, Candidate of chemical science, education vice-director of Institute of Chemical Technology Ural Federal University.

Education: Ural Polytechnic Institute (1993).
Research area: ecobiotechnology, organic synthesis, energy saving.
Publications: 102, 10 training aids.



Ирина Станиславовна
Селезнева
Irina S. Selezneva

Сведения об авторе: канд. хим. наук, доцент кафедры технологии органического синтеза Химико-технологического института УрФУ.

Почетный работник высшей школы.

Образование: Уральский политехнический институт (1976).

Область научных интересов: биологическая очистка сточных вод, энергосбережение в химической промышленности, охрана окружающей среды, органический синтез, энергосбережение.

Публикации: 152, 15 учебных пособий.

Information about the author: Associate professor, Candidate of chemical science, Institute of Chemical Technology Ural Federal University.

Honorary Worker of Higher School.

Education: Ural Polytechnic Institute (1976).

Research area: biological wastewater treatment, organic synthesis, energy saving.

Publications: 152, 15 training aids.

Введение

Вода – это важнейший природный ресурс, необходимый для жизнеобеспечения человека. Загрязнение воды наиболее жестко сказывается на здоровье людей. Проблема очистки сточных вод очень остро стоит на предприятиях химической, металлургической, энергетической, добывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, а также на предприятиях, связанных с сельскохозяйственной деятельностью, так как на промышленных площадках предприятий не предусмотрена комплексная очистка, способная очищать стоки до нормативов объектов рыбохозяйственного назначения, что позволило бы осуществлять сброс. Предприятия проводят лишь предварительную очистку стоков: нейтрализацию, осаждение. Затем стоки сбрасываются в общезаводской хозяйственно-бытовой коллектор. Процентное содержание стоков, поступающих в городскую станцию на очистку, составляет 50:50 промышленных к хозяйственно-бытовым, в которые входят атмосферные. Процентное соотношение может меняться.

Сточные воды, содержащие целый ряд органических и неорганических загрязнителей, негативно влияют на окружающую среду и нуждаются в комплексной очистке. Хотя реки и проточные водоемы обладают способностью к самоочищению, но процесс протекает медленно, а нагрузка стоков и мощности предприятий постоянно увеличиваются. Поэтому на предприятиях ведутся активные работы по

предварительной очистке сточных вод, а на городских очистных сооружениях проводится доочистка. Таким образом, только стоки и шламы, прошедшие все этапы очистки и отвечающие требованиям природоохранного законодательства, сбрасываются в водоем и на соответствующие площадки.

Методы очистки сточных вод

Методы очистки сточных вод разделяют на механические, химические, физико-химические и биологические. Выбор того или иного метода очистки или комплекса методов в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей, содержащихся в сточных водах.

К механическим методам относится очистка сточных вод в песколовках.

Песколовка – сооружение механической очистки, рассчитанное на отделение сточной воды от минеральных примесей. Органические же примеси в песколовках не задерживаются из-за высокой скорости течения жидкости. Широкое распространение для механической очистки получили горизонтальные, горизонтальные с круговым движением воды, вертикальные, аэрируемые и тангенциальные песколовки.

В аэрируемых песколовках выпадает больше осадка, выше его зольность и, кроме того, в нем содержатся мелкие фракции песка, не задерживаемые в горизонтальных песколовках.

К химическим методам относится обработка реагентами, которые вступают в реакцию с растворенными в сточных водах веществами. При этом образуются нетоксичные вещества, растворимые соединения переходят в нерастворимые и выпадают в осадок. Этот метод очистки требует расхода большого количества реагентов и последующей дополнительной очистки другими методами.

Физико-химическая очистка сточных вод заключается в изменении физического состояния загрязнений, что способствует их удалению из сточных вод. К ним относятся коагуляция, флотация, эвапорация, а также ионообменные методы. Эти методы характеризуются высокой эффективностью, но являются энергоемкими и требуют применения дорогостоящих реагентов.

К биологическим методам относятся аэробные и анаэробные методы с участием организмов разных морфологических групп.

Аэробные методы очистки сточных вод основаны на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, биологические пруды и аэротенки [1].

Наиболее широко используются аэротенки, в которых очищающим началом является активный ил из бактерий и микроскопических животных (колоники, черви и водные клещи). Все эти живые существа бурно развиваются в аэротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Инфузории, жгутиковые, амёбы, колоники и другие мельчайшие животные, пожирая бактерии, не слипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила.

Конструкции аэротенков [1] отличаются как по способу подачи сточной воды и активного ила (вытеснители, смесители и смешанного типа), так и по способу аэрации (обеспечения процесса очистки кислородом пневматическим или механическим способом).

Аэробные методы дают хорошие результаты только при очистке коммунально-бытовых стоков. Для эффективной жизнедеятельности аэробных микроорганизмов активного ила необходима постоянная подача значительного количества кислорода воздуха, интенсивное перемешивание, что требует высоких энергозатрат. Микроорганизмы потребляют только растворившийся в воде кислород. Для повышения степени растворения необходимо использование эффективного дополнительного оборудования (мелкопузырчатых аэраторов). При этом возникают дополнительные затраты, обусловленные установкой, эксплуатацией и очисткой аэраторов. Вторая проблема связана с образованием большого количества биомассы в виде активного ила, часть которого реаэрируется и используется повторно в аэротенках. Большая часть

избыточного активного ила требует утилизации, что представляет собой значительную экологическую проблему для близлежащих территорий.

Анаэробные методы могут быть использованы как для очистки сточных вод, так и для утилизации осадков, полученных при аэробном способе. К преимуществам этих методов следует отнести минимальное количество необходимого оборудования и низкий уровень эксплуатационных расходов. Следует отметить, что при анаэробном методе не происходит быстрого роста биомассы и, как следствие, образования большого количества осадка, требующего значительных земельных площадей для его хранения и дальнейшей утилизации. Кроме того, при анаэробном процессе в качестве продукта жизнедеятельности выделяется биогаз, который можно использовать как источник для получения тепловой энергии с целью обеспечения собственных нужд станций биологической очистки для процесса очистки сточных вод и утилизации осадков.

Таким образом, анаэробный способ очищения сточных вод является на сегодняшний день наиболее перспективным способом очистки вод с высокой концентрацией органических соединений, бытовых стоков, а также утилизации осадков.

Экологические аспекты при биологической очистке сточных вод

В результате биологической очистки сточных вод в качестве отходов, представляющих угрозу для окружающей среды, образуются иловые осадки. Часть из них может использоваться повторно для процесса очистки сточных вод, в то время как большая часть не используется и должна быть удалена за пределы очистных сооружений. В большинстве станций биологической очистки осадки вывозятся на иловые площадки для естественного обезвоживания.

На иловых площадках ил должен быть подсушен в среднем до влажности 75%, вследствие чего его объем уменьшается в 5 раз. Иловые площадки устраивают на естественном или искусственном основании. Если почва хорошо фильтрует воду (песок и супесь) и грунтовые воды находятся на большой глубине, иловые площадки устраивают на естественных грунтах. Если грунтовые воды залегают неглубоко, для отвода профильтровавшейся воды необходим специальный дренаж. Если же и при хороших грунтах не исключается опасность загрязнения грунтовой воды, площадку необходимо устраивать на искусственном основании, препятствующем попаданию профильтровавшейся загрязненной воды в грунтовой поток.

Следовательно, иловые площадки являются значительной экологической проблемой, в том числе и для городов Свердловской области, как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе. В силу того, что большинство иловых площадок уже заполнено, вода и осадок из них загрязняют окружающую среду, либо же



избыток воды и осадка возвращается на очистные станции, таким образом, увеличивается нагрузка на очистные сооружения. Кроме того, в долгосрочной перспективе просачивание иловой воды в грунт может привести к загрязнению подземных вод и водотоков.

Таким образом, обезвоживание осадков на иловых площадках представляет реальную угрозу вторичного загрязнения окружающей среды, требует значительных капитальных затрат и больших площадей земельных угодий под их размещение и хранение. Поэтому в настоящее время применяют механическое обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах, вибрационных фильтрах, центрифугах и фильтр-прессах. Тем не менее, дальнейшее полезное использование этих обезвоженных осадков не представляется возможным.

Однако в качестве более перспективного и экологически безопасного способа утилизации иловых осадков можно предложить применение процессов их анаэробного сбраживания. В этом случае в конечном итоге резко сокращается количество образующегося осадка, изменяется его состав и структура, что способствует его более легкому обезвоживанию и дальнейшему использованию в качестве удобрений. Тем самым снижается опасность проникновения загрязняющих веществ и патогенных микроорганизмов в подземные и грунтовые воды, снижается площадь земельных угодий, выводимых из хозяйственного оборота.

Характеристика анаэробных организмов и их метаболизм

Микроорганизмы, осуществляющие анаэробные процессы в ходе очистки сточных вод и утилизации осадков, представляют собой симбиотическое сообщество и функционируют как саморегулирующаяся система, поддерживающая значения pH окислительно-восстановительного потенциала, термодинамическое равновесие системы и обеспечивающая стабильность сбраживания органических субстратов-загрязнителей [2].

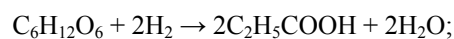
Отдельные группы органических загрязнений (углеводы, протеины, липиды/жиры) в процессе гидролиза преобразуются сначала в соответствующие мономеры (сахара, аминокислоты, жирные кислоты). Далее эти мономеры в ходе ферментативного разложения (ацетогенеза) преобразуются в короткоцепочечные органические кислоты, спирты и альдегиды, которые затем окисляются дальше в уксусную кислоту, что связано с получением водорода. Только после этого доходит очередь до образования метана на этапе метаногенеза. Наряду с метаном в качестве побочного продукта образуется углекислый газ (CO_2).

В анаэробных процессах принимают участие три группы микроорганизмов. Первая группа – гидролитические ацидогенные бактерии: протеолитические – *Eubacterium*, целлюлолитические – *Clostridium*, *Acetobacterium*, облигатные анаэробы – *Bacteroides*, *Bifidobacteria* и факультативные анаэробы – *Streptococcus* и *Enterobacteriaceae*. Они обеспечива-

ют начальный гидролиз высокомолекулярных субстратов и сбраживание промежуточных метаболитов до низкомолекулярных органических соединений. Примеры некоторых реакций:

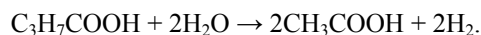
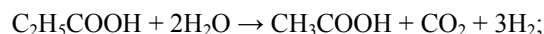


при значительном увеличении количества водорода и уксусной кислоты включаются альтернативные пути конверсии биомассы с образованием пропионовой и масляной кислот:



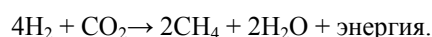
Гидролитические бактерии продуцируют видоспецифичные экзоферменты – протеазы, липазы, амилазы, целлюлазы и пектиназы для регуляции метаболических превращений.

Вторая группа представляет собой гетероацетогенные бактерии: *Synthrobacter wolinii* (граммотрицательная палочка) и *Synthrophomonas wolfii* (нефототрофная бактерия). Эта группа бактерий разлагает низкомолекулярные органические кислоты и некоторые спирты с образованием уксусной кислоты и водорода:



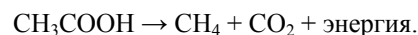
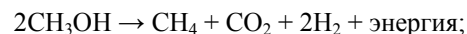
Третью группу составляют метаногенные бактерии, продуцирующие метан, в нее входят представители родов *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanococcus*, *Methanosarcina* и *Methanothrix*.

Третья группа делится на две подгруппы. К первой подгруппе относятся хемолитотрофные бактерии, которые превращают водород и диоксид углерода в метан, используя газообразный водород в качестве донора электронов:



Эта реакция термодинамически выгодна, так как связана с продуцированием энергии в виде одной молекулы АТФ из АДФ.

Микроорганизмы второй подгруппы относятся к хемоорганотрофам, перерабатывающим метанол, муравьиную и уксусную кислоты в метан:



В ходе последнего процесса выделяется только 0,25 моль АТФ в расчете на один моль кислоты, поэтому он термодинамически менее выгоден [3].

Все перечисленные реакции являются источниками энергии для метанообразующих бактерий, и каждая из них представляет собой серию последовательных ферментативных превращений исходного вещества. В процессе метанообразования принимает

участие витамин В₁₂, которому принадлежит основная роль в переносе водорода в энергетических окислительно-восстановительных реакциях у метанообразующих бактерий.

В результате процесса анаэробного сбраживания образуется целый ряд органических и неорганических соединений различных классов:

- органические кислоты: уксусная, пропионовая, масляная, капроновая, муравьиная, молочная, янтарная;
- спирты и кетон: метанол, этанол, изопропиловый спирт, бутанол, глицерин, ацетон;
- витамины: рибофлавин (В₂), цианкобаламин (В₁₂);
- ферменты: целлюлаза, алкогольдегидрогеназа;
- а также газообразные продукты: метан, водород, диоксид углерода.

Состав биогаза и доля метана в нем меняется в зависимости от того, какой класс органических соединений преобладает в сточной воде либо в осадках (таблица). Так, большинство углеводов разлагается легко, однако при этом образуется сравнительно небольшое количество метана. При разложении жиров и масел образуется большее количество биогаза с высоким содержанием в нем метана, однако разлагаются они очень медленно. Кроме того, жирные кислоты, образующиеся как побочные продукты при разложении жиров и масел, могут препятствовать всему процессу разложения.

Выход биогаза и доля метана в нем в зависимости от класса разлагаемых веществ
Biogas yield and the proportion of methane in it depending on the class of degradable substances

Класс веществ	Выход биогаза, л/г субстрата	Доля метана, %
Углеводы	0,83	50
Белки	0,72	71
Жиры/Масла	1,43	70

Таким образом, в результате жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов в ходе очистки сточных вод и утилизации осадков, образующихся при этом, выделяются горючие газообразные продукты (метан и водород), которые можно использовать в качестве топлива для получения тепловой энергии.

Аппаратурное оформление анаэробного сбраживания

Анаэробные процессы чаще всего используются при очистке сточных вод небольших предприятий, в основном пищевой промышленности, а также при утилизации осадков, образующихся при аэробной очистке городских сточных вод и вторичной очистке сточных вод крупных промышленных предприятий.

Процессы анаэробного сбраживания проводят в метантенках, представляющих собой цилиндрический железобетонный резервуар с коническим дни-

щем и герметическим перекрытием, в верхней части которого устанавливают колпак для сбора биогаза. Для транспортирования газа прокладывается специальная газовая сеть из стальных труб с усиленной противокоррозионной изоляцией. На крупных очистных станциях для сбора и хранения образующегося в метантенках газа следует устанавливать газгольдеры. Этот газ можно использовать в качестве топлива в котельных установках для обеспечения нужд станций биологической очистки.

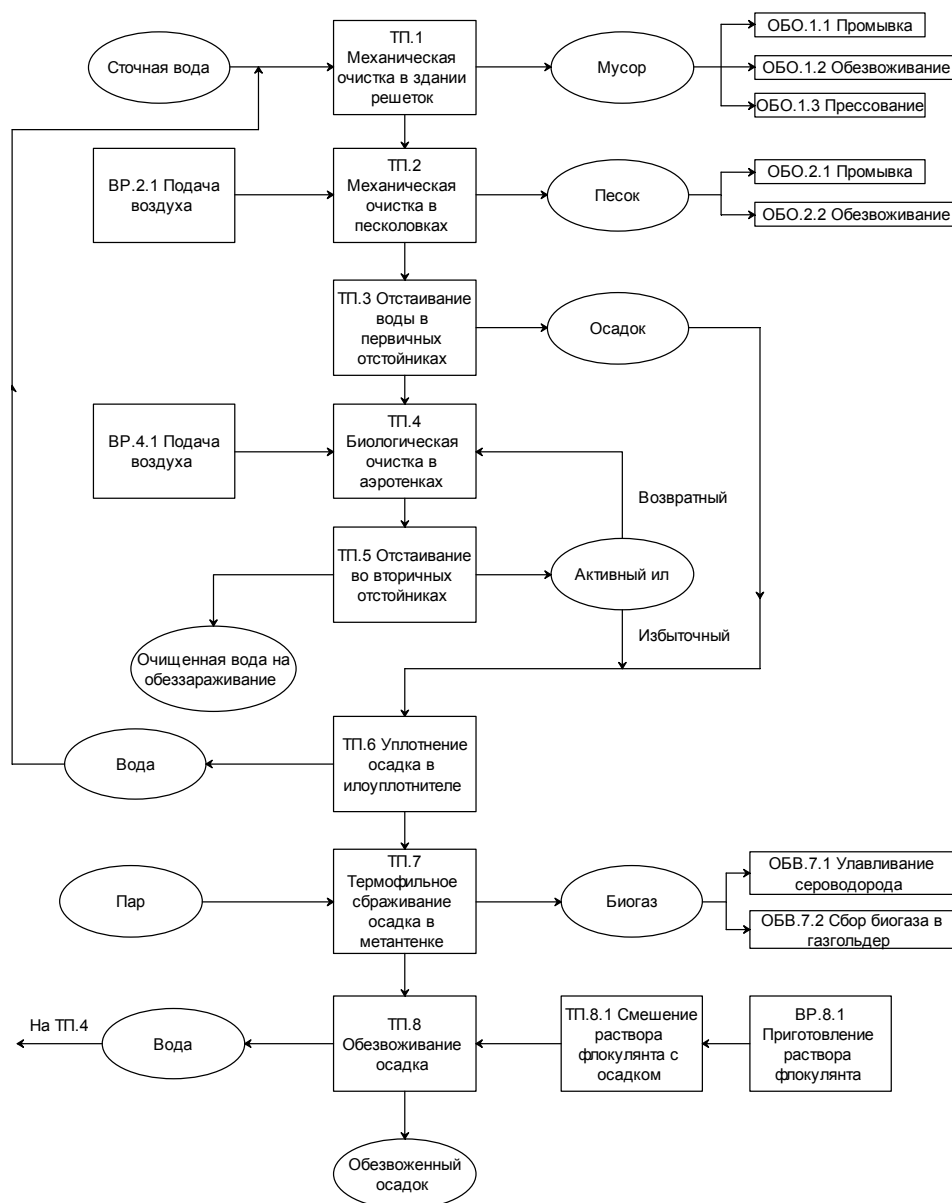
Для ускорения процесса сбраживания смесь перемешивают циркуляционными насосами, пропеллерными мешалками, что обеспечивает ее однородность во всем объеме метантенка. С помощью циркуляционных насосов обеспечивается рециркуляция бродящей массы со дна в верхнюю часть метантенка. Кроме того, при загрузке холодного осадка в верхнюю зону метантенка он, как более холодный, устремляется вниз, одновременно пузырьки выделяющегося газа поднимаются вверх. В результате происходит дополнительное интенсивное перемешивание бродящей массы в вертикальном направлении. Если метантенк оборудован инжектором, то он обеспечивает перемешивание осадка в горизонтальной плоскости аппарата.

Различают два процесса анаэробного сбраживания: мезофильное, происходящее при температуре 30–35 °С, и термофильное – при 50–55 °С. Для подогрева используют острый или глухой пар низких параметров (0,20–0,46 МПа).

Метантенки могут работать в периодическом, непрерывном и полунепрерывном режимах. При загрузке один раз в сутки скорость распада органического вещества и выход биогаза значительно меняется в период между загрузками. После загрузки выход газа в 2 раза превышает выход газа перед следующей загрузкой. Непрерывная загрузка и выгрузка метантенка устраняют данную неравномерность. При непрерывной подаче предварительно подогретого сырого осадка и его хорошем смешении с массой бродящего осадка обеспечивается равномерный тепловой режим сооружения, а также равномерное поступление питательных субстратов и возможность работы с повышенными дозами загрузки. Перевод метантенков на непрерывный режим загрузки делает возможным автоматизацию и механизацию процесса, обеспечивает уменьшение эксплуатационных затрат, равномерность выделения биогаза и однородность выгружаемого осадка.

Для утилизации осадков, образующихся при биологической очистке сточных вод, используются одноступенчатое, двух- или многоступенчатое сбраживание.

В результате процесса брожения осадка в метантенках 50% органического вещества разлагается с образованием биогаза, содержащего 65% метана, около 33–34% углекислого газа; 1–2% составляют азот, сероводород и водород. Ожидаемая теплотворная способность биогаза, образующегося в процессе сбраживания ила, составляет 5000 ккал/м³. Биогаз, выходящий из метантенков, имеет давление около 5–6 Па.



Технологическая схема
процесса биологической
очистки сточных вод
и утилизации осадка
Technological scheme
of the biological wastewater
treatment and silty
sediments utilization

Энергию биогаза можно использовать для подогрева утилизируемого осадка и для восполнения тепловых потерь метантенков.

Поскольку в процессе сбраживания осадков выделение газа происходит неравномерно, то для поддержания постоянного давления в газовой сети на тупиковых концах ее устанавливают аккумулирующие газгольдеры.

В настоящей работе для предприятий МУП «Водоканал» ряда городов Свердловской области разработаны дополнительные этапы обезвреживания многотоннажных осадков, образовавшихся при аэробной очистке городских сточных вод (рисунок), проведены материальные, технологические и тепловые расчеты, сделан выбор основного и вспомогательного оборудования.

Список литературы

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Луч, 2009.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006.
3. Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология. Т. 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

References

1. Žmur N.S. Tehnologičeskie i biokhimičeskie processy očistki stočnyh vod na sooruzenijah s aëro-tenkami. M.: Luč, 2009.
2. Voronov Ů.V., Ākovlev S.V. Vodootvedenie i očistka stočnyh vod. M.: Izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2006.
3. Kuznecov A.E. Prikladnaâ êkobiotehnologiâ. T. 1. M.: BINOM. Laboratoriâ znaniy, 2012.

Транслитерация по ISO 9:1995

ПЛАНИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОТРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Родченко, А.Г. Галеев, А.А. Золотов, А.В. Галеев

Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет)
125993 Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское ш., д. 4
Тел.: (8-499) 158-91-36, e-mail: galant1992@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 06.06.15 Заключение совета экспертов: 09.06.15 Принято к публикации: 12.06.15

В работе предложена аналитическая модель прогнозирования изменения показателей надежности в процессе проведения комплексной экспериментальной отработки (ЭО) сложных технических систем (СТС) – объектов ракетно-космической техники (РКТ).

Разработаны методы планирования испытаний на различных этапах комплексной экспериментальной отработки, обеспечивающей подтверждение заданных требований к надежности анализируемых систем при минимальных затратах средств.

Представленные результаты позволяют оперативно решать задачи планирования и оптимизации комплексной экспериментальной отработки СТС для различных прикладных задач в широком спектре исходных данных.

Ключевые слова: сложная техническая система, ракетно-космическая техника, автономные и комплексные испытания, надежность, планирование, число испытаний.

PLANNING OF INTEGRATED TESTS OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

V.V. Rodchenko, A.G. Galeev, A.A. Zolotov, A.V. Galeev

Moscow Aviation Institute
(National Research University)
4 Volokolamskoe sh., Moscow, 125993, GSP-3, A-80, Russia
Tel.: (8-499) 158-91-36, e-mail: galant1992@mail.ru

Referred: 06.06.15 Expertise: 09.06.15 Accepted: 12.06.15

The paper presents an analytical model for predicting changes in the indices of reliability in the process of comprehensive experimental work (EW) complex technical systems (CTS) – objects rocket and space technology (RST).

Methods of planning of volumes of tests at different stages of the complex experimental testing, providing acknowledgment of the requirements for the reliability of the analyzed system at the lowest cost of funds.

The presented results allow to quickly resolve the planning and optimization of autonomous and complex experimental testing of CTS for various applications in a wide range of input data.

Keywords: complex technical systems, rocket and space technology, autonomous and complex testing, reliability, planning, number of tests.





Владимир
Викторович
Родченко
Vladimir V.
Rodchenko

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, почетный работник высшей школы, действительный член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, зам. зав. кафедрой «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» МАИ; научно-педагогический стаж более 40 лет.

Был руководителем и участвовал в выполнении ряда хозяйственных работ по заказам промышленности, в том числе по программам «Энергия-Буря», «Магистраль», «Синева» и др.

Образование: Московский авиационный институт (1970).

Область научных интересов: теория и практика создания реактивных устройств, способных двигаться в грунтах с высокими скоростями; отработка сложных технических систем.

Публикации: более 180, в том числе 7 монографий, 9 учебных пособий, 4 авторских свидетельства и патента на изобретения.

Information about the author: Doctor of Science, Professor, Honorary Worker of Higher School, member of the K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics, the Deputy Head of the department "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience more than 40 years. He was a leader and participated in the implementation of a number of contractual works on the orders of the industry, including the following programs: "Energia-Buran", "Highway", "The blue", etc.

Education: Moscow Aviation Institute (1970).

Research area: Theory and practice of jet devices that can move in the ground at high speeds; testing of complex technical systems.

Publications: more than 180, including 7 monographs, 9 textbooks, 4 patents for inventions.

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Совета Министров СССР в области науки и техники, действительный член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, главный научный сотрудник ФКП «НИЦ РКП», профессор кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» МАИ; научно-педагогический стаж более 40 лет.

Участвовал в отработке ряда систем по ракетно-космическим программам «Космос-1», «Космос-3», «Н1Л3», «Энергия-Буря», «GSLV», «Ангара» и др.

Образование: Казанский авиационный институт (1961).

Область научных интересов: теория и практика наземных испытаний ракетных двигателей и двигательных установок, гидро- и газодинамика процессов в энергоустановках, исследования в области водородной технологии.

Публикации: более 180, в том числе 6 монографий, 6 учебных пособий, 44 авторских свидетельства и патента на изобретения.

Information about the author: Doctor of Science (Engineering Science), Professor, Laureate of USSR Council of Ministers in the field of science and technology, member of the K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics, Chief Researcher of the PCF "SIC RSI", professor of "Management of operation of rocket and space systems" of Moscow Aviation Institute (National Research University); scientific and pedagogical experience of 40 years. Participated in working out a number of systems for missile and space programs "Space-1", "Space-3", "N1L3", "Energia-Buran", "GSLV", "Angara" and others..

Education: Kazan Aviation Institute (1961).

Research area: theory and practice ground tests of rocket engines and moving-enforcement units, hydro and gas dynamics processes in power plants, research in the field of water-native technology.

Publications: more than 180, including 6 monographs, 6 textbooks, 44 patents for inventions.

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Космические системы и ракетостроение» МАИ; почетный работник высшей школы, научно-педагогический стаж более 40 лет.

Был руководителем и участвовал в выполнении важнейших госбюджетных тем и хозяйственных работ по заказам промышленности.

Образование: Московский авиационный институт (1964).

Область научных интересов: обеспечение надежности ракетно-космической техники.

Публикации: более 150, в том числе 8 монографий, 9 учебных пособий.

Information about the author: Ph.D., Professor, Department of "Space systems and rocket science" of the Moscow Aviation Institute (National Research University); Honorary Worker of Higher School, research and teaching experience of more than 40 years.

He was a leader and participated in the implementation of the major state budget and contract work on the orders of industry.

Education: Moscow Aviation Institute (1964).

Research area: ensuring the reliability of the rocket and space technology.

Publications: more than 150, including 8 monographs, 9 textbooks.



Айвенго Гадыевич
Галеев
Aivengo G. Galeev



Александр Алексеевич
Золотов
Alexandr A. Zolotov





Антон Валерьевич
Галеев
Anton V. Galeev

Сведения об авторе: инженер кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» МАИ.

Образование: Московский авиационный институт (2014).

Область научных интересов: теория и практика наземных испытаний ракетных двигателей и двигательных установок.

Публикации: 2.

Information about the author: Engineer Department of "Management of operation of rocket and space systems" Moscow Aviation Institute (National Research University).

Education: Moscow Aviation Institute (2014).

Research area: theory and practice ground tests of rocket engines and propulsion systems.

Publications: 2.

Введение

Экспериментальная отработка СТС сводится к последовательным испытаниям по иерархическому признаку по схеме «снизу вверх», включающим как автономные испытания элементов, систем, так и комплексные испытания группы систем и изделия в целом. Началу отработки соответствуют всесторонние проверки элементов структуры низших уровней с последующим усложнением объектов испытаний и переходом к испытаниям более высокого уровня. Критерии перехода к испытаниям более высокого уровня обычно формируются в виде условий достижения определенного уровня надежности. Знание надежности отдельных элементов позволяет рассчитать надежность системы в целом.

Рост изменения надежности происходит в процессе проектирования и ЭО, который имеет вид, представленный на рис. 1 [1, 2].

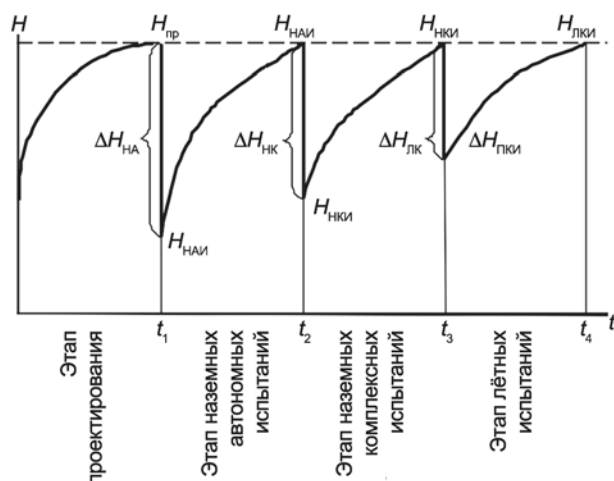


Рис. 1. Характер изменения оценок надежности на этапах проектирования и ЭО

Fig. 1. The nature of changes in estimates of reliability during the design and EW

На этапах проектирования учесть все факторы невозможно, они определяются на этапах ЭО, включающих наземные автономные испытания (НАИ), наземные комплексные (НКИ) и лётно-конструкторские испытания (ЛКИ), с учетом полученных экспериментальных данных.

Поэтому после завершения автономных испытаний отдельных систем переходят к стендовым совместным испытаниям этих систем. При проведении комплексных испытаний реальная надежность системы повышается за счет устранения выявленных источников отказа. В дальнейшем рассмотрим изменение вероятности отказа, обусловленное взаимодействием элементов, входящих в состав системы, по числу испытаний для произвольного j -го этапа комплексной отработки.

Прогнозирование параметров экспериментальной отработки

При создании модели прогнозирования надежности будем считать известными значения коэффициентов запаса по каждому из рассматриваемых параметров. Ими являются те коэффициенты запаса, которые закладываются при проектировании изделия. В дальнейшем задача заключается в том, чтобы обеспечить достижение запроектированных уровней избыточности в реальном изделии. Это означает, что нужно либо подтвердить надежность, заданную на этапе проектирования, либо выявить источники отказа и провести необходимые доработки для достижения требуемого уровня надежности, заданного в проекте. Как показано в работе [1], моменты окончания испытаний определяются пересечением случайных траекторий $\hat{m}_\eta$ с граничными кривыми $\eta_{гр.верх.}(k)$ и $\eta_{гр.ниж.}(k)$ (рис. 2).

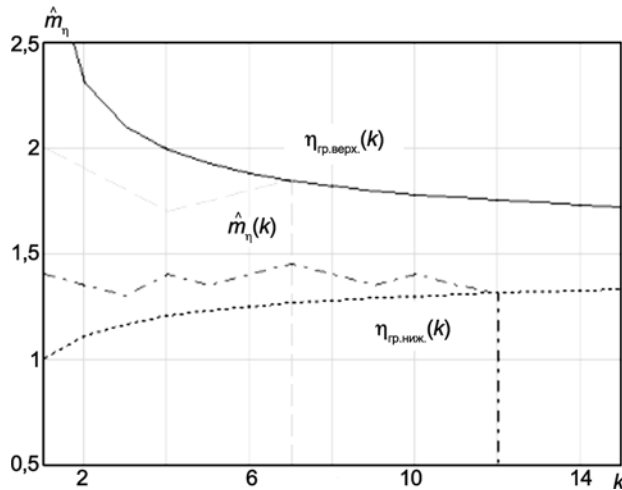


Рис. 2. Оценка моментов окончания испытаний
Fig. 2. Evaluation of the end of the test

Граничные кривые удовлетворяют соотношениям

$$\eta_{гр} = \frac{\eta_{зад}}{1 \pm (t_{\gamma}/\sqrt{k})\sqrt{k_V^2(x_d) + k_V^2(x_{доп})}};$$

$$\eta_{зад} = \frac{1}{1 - \arg F^*\{H_{зад}\}k_{V\Sigma}}; k_{V\Sigma} = \sqrt{k_V^2(x_d) + k_V^2(x_{доп})},$$

где $k_V(x_d)$; $k_V(x_{доп})$ – соответственно, коэффициенты вариации действующих и допустимых значений параметров; t_{γ} – квантиль, соответствующий принятому уровню доверительной вероятности γ ; $H_{зад}$ – заданный уровень надежности.

В дальнейшем оценим среднее число пересечений траекторий $\hat{m}_n$ граничных кривых $\eta_{гр.верх.}(k)$ и $\eta_{гр.ниж.}(k)$. При решении задачи в качестве нулевой гипотезы примем гипотезу «доверия» – $H_0: \hat{m}_n \geq \eta_{гр.верх.}$, предполагающую подтверждение требований к надежности. Очевидно, в случае подтверждения надежности достигается верхняя граничная кривая, т. е. выполняется соотношение

$$\hat{m}_n(k) = \eta_{гр.верх.}(k). \quad (1)$$

Вероятность этого события равна $(1 - \alpha) = \gamma$, как вероятность приемки правильной гипотезы. Здесь вероятность α характеризует ошибку первого рода. Применяя к обеим частям (1) операцию взятия условного математического ожидания, получим $M\{\hat{m}_n(k)/H_0\} = M\{\eta_{гр.верх.}(k)/H_0\}$.

Соответственно, при достижении нижней границы выполняется соотношение

$$\hat{m}_n(k) = \eta_{гр.ниж.}(k). \quad (2)$$

При этом происходит браковка устройства. Очевидно, вероятность этого события равна $\alpha = 1 - \gamma$,

как вероятность браковки правильной гипотезы. Применяя к обеим частям (2) операцию взятия условного математического ожидания, получим

$$M\{\hat{m}_n(k)/H_0\} = M\{\eta_{гр.ниж.}(k)/H_0\}.$$

Отсюда по формуле полной вероятности получим

$$m_n = M\{\eta_{гр.верх.}(k)/H_0\}(1 - \alpha) + M\{\eta_{гр.ниж.}(k)/H_0\}\alpha.$$

В линейном приближении соотношение можно представить в виде

$$m_n = \frac{\eta_{зад}}{1 - (t_{\gamma}/\sqrt{k_{cp}})\sqrt{k_V^2(x_d) + k_V^2(x_{доп})}}(1 - \alpha) + \frac{\eta_{зад}}{1 + (t_{\gamma}/\sqrt{k_{cp}})\sqrt{k_V^2(x_d) + k_V^2(x_{доп})}}, \quad (3)$$

где $k_{cp} = M\{k\}$.

Таким образом, задание значения коэффициентов запаса по каждому из рассматриваемых параметров позволяет по (3) определить средний объем испытаний, необходимый для подтверждения требуемых уровней надежности устройства. Характер зависимости $m_n(k_{cp})$ представлен на рис. 3.

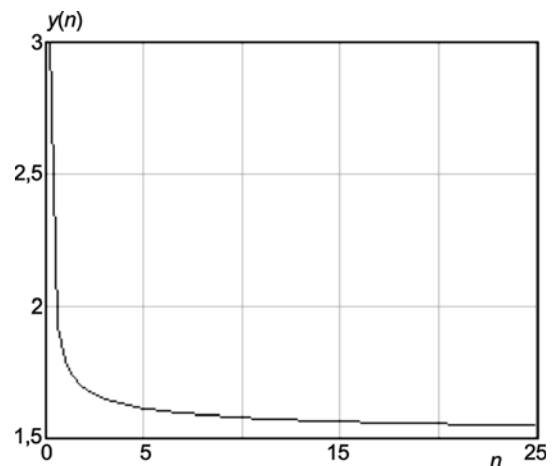


Рис. 3. Зависимость математического ожидания коэффициента запаса $m_n = y(n)$ от среднего числа испытаний $n = k_{cp}$

Fig. 3. The dependence of the expectation of the safety factor $m_n = y(n)$ the average number of tests $n = k_{cp}$

Если при проведении экспериментальной отработки проводятся измерения по нескольким параметрам работоспособности (M), средний объем испытаний $k_{cp,M}$ будет определяться переходом в область подтверждения надежности всех измеряемых параметров.

При проведении расчетов были приняты следующие исходные данные: $k_{V\Sigma} = 0,1$; $\eta = 1,5$; $t_{\gamma} = t$; $\alpha = 0,05$.

В рассматриваемом случае среднее число испытаний является аналогом среднего времени безотказ-

ной работы устройства для резервированной системы с M постоянно включенными элементами («горячий» резерв). Таким образом, величина $k_{cp,M}$ может быть оценена по соотношению

$$k_{cp,M} = k_{cp} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{M} \right), \quad (4)$$

где k_{cp} – средний объем испытаний для подтверждения надежности по одному параметру работоспособности, оцениваемый по (3).

Соотношение (4) соответствует случаю равенства вероятностных характеристик по всем условиям работоспособности. Разрешая (3) относительно k_{cp} , получим

$$k_{cp,1} = \frac{(t_{\gamma} k_{V\Sigma})^2}{\left\{ (0,5 - \alpha) \bar{\eta} + \sqrt{(0,5 - \alpha)^2 \bar{\eta}^2 + (1 - \bar{\eta})} \right\}^2}, \quad (5)$$

где $\bar{\eta} = \eta_{зад} / m_{\eta}$; $\eta_{зад} = 1 / (1 - k_{V\Sigma} t_H)$; $t_H = \arg F^* \{ H_{зад} \}$; $t_{\gamma} = \arg F^* \{ \gamma \}$.

Зависимость k_{cp} от параметра $\bar{\eta}$ для $\alpha = 0,05$ и различных значений $t_{\gamma} k_{V\Sigma}$ представлена на рис. 4.

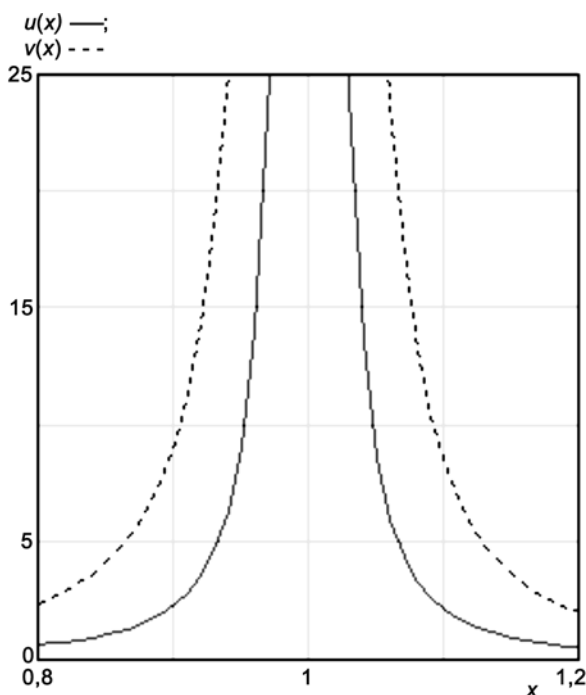


Рис. 4. Зависимость среднего числа испытаний $k_{cp}(\bar{\eta}) = u(x)$, соответствующего значению $t_{\gamma} k_{V\Sigma} = 0,165$, и среднего числа испытаний $k_{cp}(\bar{\eta}) = v(x)$, соответствующего значению $t_{\gamma} k_{V\Sigma} = 0,33$, от коэффициента $\bar{\eta} = x$
Fig. 4. The dependence of the average number of tests $k_{cp}(\bar{\eta}) = u(x)$, corresponding to the value $t_{\gamma} k_{V\Sigma} = 0,165$ and the average number of tests $k_{cp}(\bar{\eta}) = v(x)$, corresponding to the value $t_{\gamma} k_{V\Sigma} = 0,33$ of the coefficient $\bar{\eta} = x$

В дальнейшем найдем оценку гарантированного объема испытаний, обеспечивающих подтверждение требуемых уровней надежности.

Как было показано выше, для гипотезы H_0 область ω , лежащая ниже верхней границы $\eta_{гр.верх}(k)$, является критической (рис. 5).

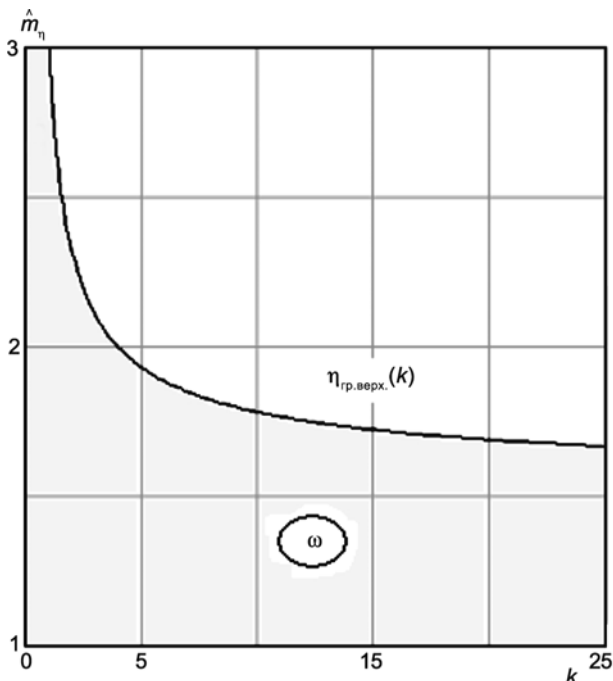


Рис. 5. Построение критической области ω
Fig. 5. Construction of the critical region ω

Согласно определению ошибки первого рода имеем

$$P\{\hat{m}_{\eta} \subset \Omega - \omega / H_0\} = 1 - \alpha.$$

В дальнейшем оценим вероятность выполнения этого события после проведения k испытаний:

$$P\{\hat{m}_{\eta}(k) > \eta_{гр.верх}(k)\} = 1 - \alpha = \gamma.$$

В предположении нормального закона распределения $\hat{m}_{\eta}(k)$ получим

$$P_k(A) = 1 - P\{\hat{m}_{\eta}(k) < \eta_{гр.верх}(k)\} = 1 - F^* \left\{ \frac{(\eta_{гр.верх}(k) - m_{\eta}) / \sigma_{\hat{m}_{\eta}}}{m_{\eta} k_{V\Sigma} / \sqrt{k}} \right\}. \quad (6)$$

После преобразований (6) примет вид

$$P_k(A) = 1 - F^* \left\{ \frac{\eta_{зад} / (1 - t_{\gamma} k_{V\Sigma} / \sqrt{k}) - m_{\eta}}{m_{\eta} k_{V\Sigma} / \sqrt{k}} \right\} = F^* \left\{ \frac{1 - (\eta_{зад} / m_{\eta}) / (1 - t_{\gamma} k_{V\Sigma} / \sqrt{k})}{k_{V\Sigma} / \sqrt{k}} \right\}, \quad (7)$$

где

$$\eta_{\text{зад}} = \frac{1}{1 - \arg F^* \{H_{\text{зад}}\} k_{V\Sigma}}; \quad k_{V\Sigma} = \sqrt{k_V^2(x_d) + k_V^2(x_{\text{доп}})}.$$

Тогда задание определенного уровня доверия γ позволяет по соотношению

$$P_k(A) = \gamma \quad (8)$$

определить уровни надежности изделия, подтверждаемые после проведения k испытаний.

С учетом (7) получим

$$F^* \left\{ \frac{1 - (\eta_{\text{зад}}/m_\eta) / (1 - t_\gamma k_{V\Sigma} / \sqrt{k})}{k_{V\Sigma} / \sqrt{k}} \right\} = F^*(t_\gamma),$$

где $t_\gamma = \arg F^* \{\gamma\}$.

Разрешая это соотношение относительно m_η , найдем $m_\eta = \eta_{\text{зад}} (1 - t_\gamma k_{V\Sigma} / \sqrt{k})^{-2}$.

Характер зависимости m_η от гарантированного числа испытаний $f(n)$ и от среднего числа испытаний $y(n)$ представлен на рис. 6.

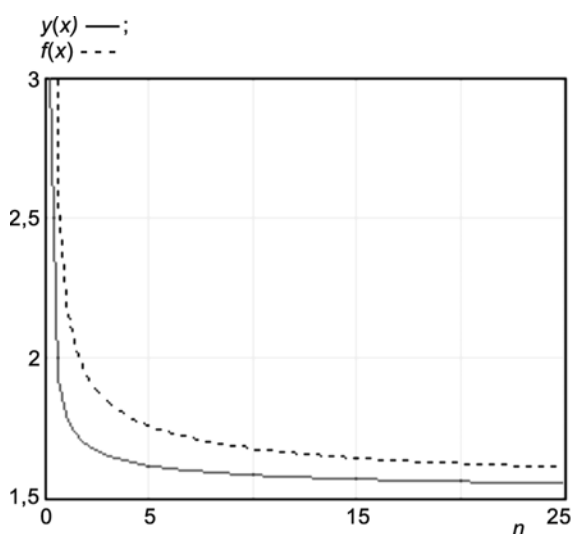


Рис. 6. Зависимость $m_\eta = f(n)$ от гарантированного числа испытаний и зависимость $m_\eta = y(n)$ от среднего числа испытаний
Fig. 6. Dependence $m_\eta = f(n)$ of the guaranteed number of tests and the dependence $m_\eta = y(n)$ of the average number of tests

Для каждого заданного значения m_η по графику можно оценить средние и гарантированные объемы испытаний, требуемые для подтверждения уровня надежности, соответствующего значению $\eta_{\text{зад}} = 1,5$.

Общий объем испытаний при проведении комплексной отработки будет определяться числом испытаний, необходимых для подтверждения заданного уровня надежности, и количеством отказов, проявившихся при проведении испытаний [3]. В

дальнейшем оценим зависимость подтверждаемых уровней надежности от числа испытаний k . С этой целью воспользуемся (5) для среднего объема испытаний. Для значений $\alpha = 0$ (5) примет вид

$$m_\eta \approx \frac{\eta_{\text{зад}}}{1 - k_{V\Sigma} t_\gamma / \sqrt{k_{\text{ср}}}}. \quad (9)$$

Разрешая (9) относительно $\eta_{\text{зад}}$ после проведения k испытаний, найдем

$$\eta_{\text{зад}} = m_\eta (1 - t_\gamma k_{V\Sigma} / \sqrt{k_{\text{ср}}}).$$

Раскрывая выражение для H_k , равное $H_k = F^* \{(\eta_{\text{зад}} - 1) / (m_\eta k_{V\Sigma})\}$, получим

$$H_k = F^* \left\{ \frac{m_\eta - 1}{m_\eta k_{V\Sigma}} - \frac{t_\gamma m_\eta k_{V\Sigma}}{m_\eta k_{V\Sigma} \sqrt{k_{\text{ср}}}} \right\} = F^* \{W\},$$

$$\text{где } W = \frac{m_\eta - 1}{k_{V\Sigma} m_\eta} - \frac{t_\gamma}{\sqrt{k_{\text{ср}}}}.$$

В случае измерения M параметров, предполагая, что по каждому параметру подтверждаются одинаковые уровни надежности, вероятность отказа системы будет оцениваться по [2]

$$Q_k = \left\{ \int_{-\infty}^{-W} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0.5U^2} dU \right\} \sqrt{M}.$$

Изменение логарифма вероятности отказа от числа испытаний представлено на рис. 7.

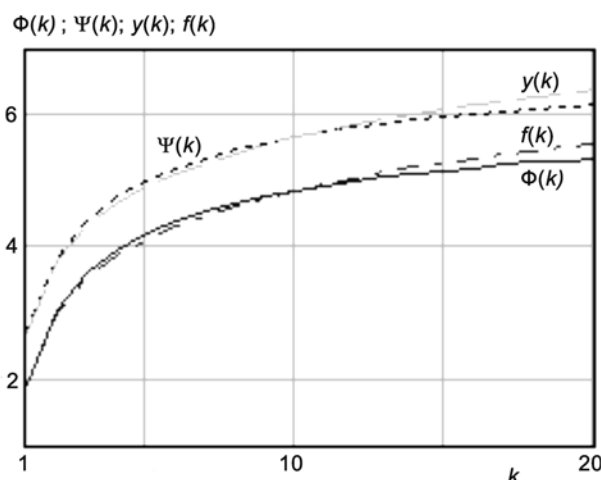


Рис. 7. Характер изменения логарифма вероятности отказа $\Phi(k)$ и $\Psi(k)$ по числу испытаний, соответственно, для различного числа источников отказа $M = 10$ и $M = 2$

Fig. 7. The nature of the change of the logarithm of the probability of failure $\Phi(k)$ and $\Psi(k)$ on number of trials, respectively, for various sources of failure $M = 10$ and $M = 2$

При проведении расчетов были приняты следующие исходные данные: коэффициент вариации $k_{V\Sigma} = 0,1$; коэффициент запаса $m_\eta = 1,5$; доверительная вероятность $\gamma = 0,95$ ($t_\gamma = 1,65$).

На графиках представлены также аппроксимирующие зависимости

$$y(k) = \ln(k - 0,5) + 3,4; f(k) = \ln(k - 0,5) + 2,6$$

для кривых $\Psi(k)$ и $\Phi(k)$ соответственно.

Таким образом, изменение вероятности отказа по числу испытаний можно представить в виде

$$Q = e^{-\alpha} / (k - \beta),$$

где α и β – аппроксимирующие коэффициенты.

Согласно полученным выше результатам, аппроксимирующие коэффициенты для $M = 10$ будут равны $\alpha = 2,6$; $\beta = 0,5$. Характер изменения надежности по числу испытаний для рассматриваемого случая представлен на рис. 8.

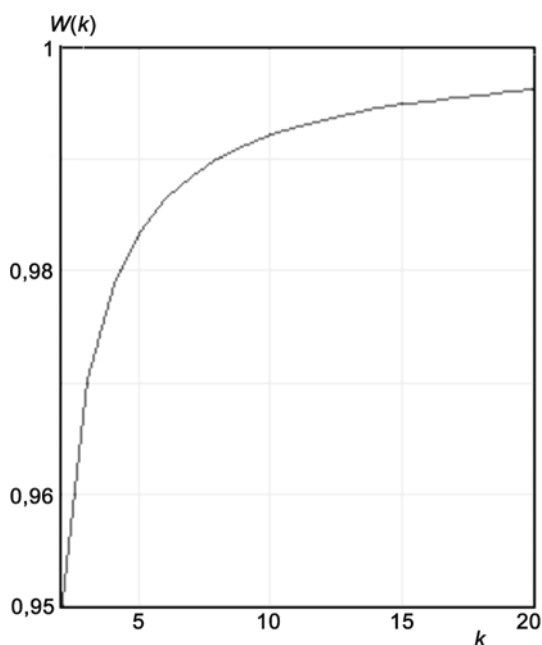


Рис. 8. Изменение надежности $W(k)$ по числу испытаний
Fig. 8. Change reliability $W(k)$ by the number of trials

В заключение отметим, что в случае M параметров, учитывая (4), суммарный объем испытаний можно оценить по соотношению $k_{\Sigma, M} = k\xi$, где $\xi = \sum_{i=1}^M i^{-1}$.

Оптимизация объемов испытаний на различных этапах комплексной отработки

Как отмечалось выше, после отработки отдельных элементов СТС при автономных испытаниях проводят комплексные испытания систем, работаю-

щих совместно. Эти испытания проводятся поэтапно. Очевидно, затраты на обеспечение надежности при проведении j -го этапа комплексной отработки будут определяться стоимостью проведения испытаний и затратами на устранение обнаруженных неисправностей.

В линейном приближении можно принять

$$C_{\text{кн}, j} = c_j k_j \xi + A_{0, j},$$

где c_j – удельные затраты на одно испытание; $A_{0, j}$ – прочие затраты с учетом проведения доработок при отказах.

Планирование комплексных испытаний заключается в определении объема испытаний на каждом из этапов ЭО. В результате проведения полного цикла испытаний должны быть удовлетворены требования, предъявляемые к надежности, т. е.

$$H_{\text{кн}} = 1 - Q_{\text{кн}}, \quad (10)$$

где $Q_{\text{кн}} = \sum_{j=1}^r q_{\text{кн}, j} = \sum_{j=1}^r \frac{1}{k_j - \beta_j} e^{-\alpha_j}$; $q_{\text{кн}, j}$ – вероятность отказа, достигаемая на j -м этапе комплексной отработки; r – число этапов комплексных испытаний.

Как видно из (10), заданные уровни надежности СТС можно обеспечить при различных сочетаниях вероятностей отказа $q_{\text{кн}, j}$ [4-6].

При этом конкретные уровни вероятности отказа, $q_{\text{кн}, j}$, удовлетворяющие дисциплинирующему условию (10), целесообразно назначать из условия минимизации суммарных затрат C_Σ на проведение ЭО

$$C_{\text{кн}} = \sum_{j=1}^r c_j k_j \xi_j.$$

Для рассматриваемого случая функция Лагранжа будет равна

$$L = C_{\text{кн}} + \lambda (Q_{\text{кн}} - Q_{\text{зад}}).$$

Таким образом, оптимальные уровни числа испытаний k_j и соответствующие им вероятностей отказа $q_{\text{кн}, j}$ должны удовлетворять соотношению

$$\partial L / \partial k_j = 0.$$

Раскрывая выражения для производных, приходим к системе алгебраических уравнений

$$c_j \xi_j - \lambda (e^{-\alpha_j})^2 \frac{e^{\alpha_j}}{(k_j - \beta_j)^2} = 0,$$

где $j = 1, 2, \dots, r$.

Разрешая уравнения относительно вероятностей отказа, получим

$$q_{\text{кн}, j} = \sqrt{\lambda^{-1} c_j \xi_j e^{-\alpha_j}}.$$

После подстановки в дисциплинирующее условие будем иметь

$$Q_{\text{зад}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \sum_{j=1}^r \sqrt{c_j \xi_j} e^{-\alpha_j}.$$

Отсюда

$$q_{\text{ки},j} = \sqrt{c_j \xi_j} e^{-\alpha_j} \frac{Q_{\text{зад}}}{\sum_{j=1}^r \sqrt{c_j \xi_j} e^{-\alpha_j}}.$$

Знание $q_{\text{ки},j}$ позволяет оценить объемы испытаний на различных этапах комплексной отработки:

$$k_j = \frac{e^{-\alpha_j} \sum_{j=1}^r \sqrt{c_j \xi_j} e^{-\alpha_j}}{Q_{\text{зад}} \sqrt{c_j \xi_j} e^{-\alpha_j}} + \beta_j = \frac{e^{-\alpha_j}}{q_{\text{ки},j}} + \beta_j.$$

Работоспособность предложенного выше подхода проиллюстрирована на модельном примере. При проведении расчетов были приняты следующие исходные данные:

$$H_{\text{зад}} = 0,96; (Q_{\text{зад}} = R = 0,04); r = 4;$$

$$\mathbf{C} := \begin{pmatrix} 2,5 \\ 2 \\ 1,5 \\ 3 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{A} := \begin{pmatrix} 2,6 \\ 3,4 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{D} := \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0,3 \\ 0,7 \\ 0,4 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{M} := \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 3 \\ 7 \end{pmatrix},$$

где $\mathbf{C}$ – матрица стоимостей проведения одного испытания c ; $\mathbf{A}$ – матрица значений коэффициентов аппроксимации $0,5\alpha$; $\mathbf{D}$ – матрица значений коэффициентов аппроксимации β ; $\mathbf{M}$ – матрица числа анализируемых параметров.

$$R := 0,04 \quad i := 0,1,2,3$$

$$\mathbf{C} := \begin{pmatrix} 2,5 \\ 2 \\ 1,5 \\ 3 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A} := \begin{pmatrix} 2,6 \\ 3,4 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{D} := \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0,3 \\ 0,7 \\ 0,4 \end{pmatrix} \quad \mathbf{M} := \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 3 \\ 7 \end{pmatrix}$$

$$\Phi_i := \sum_{j=1}^{M_{i0}} j^{-1} \quad \mathbf{F} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2,283 \\ 1,833 \\ 2,593 \end{pmatrix} \quad \Phi := \mathbf{F}^{0,5} \quad \Phi := \begin{pmatrix} 1 \\ 1,511 \\ 1,354 \\ 1,61 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{T} := (\mathbf{C} \cdot \Phi) \quad \mathbf{T} := \begin{pmatrix} 2,5 \\ 3,022 \\ 2,031 \\ 4,831 \end{pmatrix} \quad \mathbf{B} := (\mathbf{e}^{-\mathbf{A}}) \quad \mathbf{B} := \begin{pmatrix} 0,074 \\ 0,033 \\ 0,05 \\ 0,018 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{W} := \mathbf{R} \cdot \left| (\mathbf{T}^T \cdot \mathbf{B})^{-1} \right| \cdot \left| (\mathbf{T} \cdot \mathbf{e}^{-\mathbf{A}}) \right| \quad \mathbf{K} := \mathbf{D} + (\mathbf{B} \cdot \mathbf{W}^{-1})$$

$$\mathbf{W} := \begin{pmatrix} 0,016 \\ 8,473 \cdot 10^{-3} \\ 8,495 \cdot 10^{-3} \\ 7,433 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \mathbf{K} := \begin{pmatrix} 5,261 \\ 4,239 \\ 6,561 \\ 2,864 \end{pmatrix}$$

Рис. 9. Алгоритм проведения расчетов модельного примера
Fig. 9. The algorithm of the calculation model example

Программа проведения расчетов представлена на рис. 9.

При разработке программы были приняты следующие обозначения: $\mathbf{F}$ – матрица значений параметров ξ ; $\mathbf{W}$ – матрица оптимальных уровней вероятностей отказа по этапам ЭО; $\mathbf{K}$ – матрица числа испытаний на различных этапах ЭО; Φ , $\mathbf{T}$, $\mathbf{B}$ – матрицы промежуточных вычислений.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов надежности СТС, достигаемой на этапе комплексной отработки, и потребного количества испытаний

Table 1

The results of calculations of reliability CTS achieved at the stage of working out the complex and the necessary number of tests

Номер этапа комплексной отработки	Надежность H , достигаемая на отдельных этапах комплексной отработки	Потребное число испытаний
1	0,9840	6
2	0,9915	5
3	0,9915	7
4	0,9926	3
Надежность СТС	0,9602	

Таким образом, предложенный подход позволяет проводить оптимальное распределение надежности между различными этапами комплексной отработки систем, а также оценивать потребные объемы испытаний, обеспечивающие удовлетворение требований, предъявляемых к надежности анализируемых систем.

При проведении испытаний типа «успех – отказ» для подтверждения высоких уровней надежности требуется очень большое число испытаний. Для примера в табл. 2 представлены объемы испытаний k и соответствующие им значения нижней границы H_n при безотказных испытаниях ($\gamma = 0,95$).

Таблица 2

Объемы испытаний и нижняя граница H_n безотказной работы

Table 2

Trial size and the lower limit H_n of uptime

k	10	100	1000	10000
H_n	0,74	0,97	0,997	0,9997

Таким образом, для подтверждения нижней границы вероятности безотказной работы (ВБР) $P_n > 0,99$ при доверительной вероятности 0,95 необходимо провести $n = 300$ безотказных испытаний, а для $P_n > 0,999$ – более 1000 безотказных испытаний [2, 7]. Очевидно, проведение большого количества испытаний для целого ряда уникальных дорогостоящих объектов не представляется возможным. Для указанных систем объем испытаний, как правило, предопределен возможностями технологической базы, стоимостью или сроками отработки. В связи с этим возникает задача подтверждения высоких уровней надежности при малом числе испытаний.

Трудность статистического подтверждения высокого уровня надежности изделий при малом числе испытаний типа «успех – отказ» заключается в том, что в этом случае в процессе испытания используется минимальная информация о вероятностных свойствах изучаемого объекта, и этот недостаток информации нужно компенсировать увеличением количества самих испытаний. В связи с этим возникает задача повышения информативности испытаний. В частности, при измерении параметров, определяющих работоспособность устройства, объем испытаний может быть существенно сокращен.

При этом малые объемы испытаний обеспечиваются заданием высоких уровней коэффициентов запаса, закладываемых на этапе проектной разработки.

В случае измерения времени безотказной работы для подтверждения высоких уровней надежности при ограниченных объемах испытаний требуется обеспечить высокие уровни коэффициента временного запаса, т.е. среднее время безотказной работы должно существенно превышать время работы устройства.

В целом при проведении испытаний с измерением параметров устройства или времени безотказной работы оптимальные объемы испытаний определяются соотношением удельных затрат на обеспечение единицы надежности и затрат на проведение одного испытания, при этом большим удельным затратам соответствуют меньшие уровни надежности.

Как отмечалось выше, экспериментальная отработка СТС сводится к последовательным испытаниям по иерархическому признаку по схеме «снизу вверх», начиная со структур низших уровней с последующим усложнением объектов испытаний и переходом к испытаниям более высокого уровня.

Первым этапом испытаний является конструкторская отработка опытных образцов, имеющая целью уточнить проектные данные и выбрать штатный вариант конструкции. Этот этап включает, как правило, предварительные испытания опытных образцов, занимающих 15-20% от общего объема испытаний. Затем следует доводка штатного варианта изделия и оценка его тактико-технических характеристик, со-

ставляющих основной объем доводочных испытаний (ДИ) при создании ДУ (60-70%). Объем завершающих доводочных испытаний (ЗДИ) составляет до 10-25%. Отработка сложных технических систем, к которым относятся двигатели, ДУ и ЛА, завершается, как правило, государственными (межведомственными или сертификационными) испытаниями (МВИ) [7, 8].

Для иллюстрации приведем статистику испытаний, например, кислородно-водородного двигателя 11Д57 (тяга 392 кН, давление в камере $p_k = 11$ МПа), не имевшего аналогов в отечественном и зарубежном двигателестроении, и его агрегатов и систем на натурных компонентах. Экспериментальная отработка проводилась в 1964-1970 гг. и включала 900 испытаний агрегатов и систем двигателя и около 600 испытаний двигателя, которые были завершены проведением МВИ [7]. Объемы испытаний агрегатов и систем распределились следующим образом:

- автономные испытания насосов горючего составляли 15%, насосов окислителя – 58% и ТНА с газогенератором – 27% от всего объема (~740) испытаний систем питания;

- автономные испытания газогенератора привода ТНА и газогенератора совместно с камерой сгорания – ~150 испытаний.

Таким образом, наибольший объем испытаний приходился на отработку насосных агрегатов на жидком кислороде. Это вызвано влиянием на работоспособность насоса свойств перекачиваемой среды, способа уравнивания осевой и радиальной сил, параметров уплотнительных систем и др., так как в среде жидкого кислорода возможно возгорание элементов насоса при попадании посторонних предметов в полость насоса и нарушении зазоров в роторной части насоса (например, при задевании ротора о корпус).

Выводы по основным результатам работы

1. Представлены расчетные модели и алгоритмы для прогнозирования динамики изменения показателей надежности в процессе проведения этапов комплексной ЭО СТС.

2. Разработаны методы оптимизации объемов испытаний на различных этапах комплексной ЭО СТС.

3. Анализ полученных результатов показывает, что для этапов комплексной ЭО уровни подтверждаемой надежности и объемы испытаний зависят от затрат на проведение испытаний, числа измеряемых параметров и уровней избыточности анализируемых систем.

4. Работоспособность представленных в работе алгоритмов проиллюстрирована на модельных примерах.



Список литературы

1. Галеев А.Г., Золотов А.А., Перминов А.Н., Родченко В.В. Эксплуатация испытательных комплексов ракетно-космических систем. М.: Изд-во МАИ, 2007.
2. Золотов А.А., Титов М.И. Обеспечение надежности транспортных аппаратов космических систем. М.: Машиностроение, 1988.
3. Золотов А.А., Оделевский В.К., Родченко В.В., Черников А.И. Прикладные методы и алгоритмы обеспечения надежности и безопасности технических систем на этапе их разработки и эксплуатации. М.: Изд-во МАИ, 2013.
4. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. М.: Высшая школа, 1987.
5. Гнеденко Б.В. и др. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965.
6. Меньшиков В.А., Сухорученков Б.И. Методы мониторинга надежности ракетно-космических систем. М.: НИИ КС, 2006.
7. Грибанов В.Ф., Рембеза А.И., Голиков А.И. и др. Методы отработки научных и народно-хозяйственных ракетно-космических комплексов / Под общ. ред. В.Ф. Грибанова. М.: Машиностроение, 1995.
8. Галеев А.Г., Денисов К.П., Ищенко В.И., Лисейкин В.А., Сайдов Г.Г., Черкашин А.Ю. Испытательные комплексы и экспериментальная отработка жидкостных ракетных двигателей / Под ред. Н.Ф. Моисеева. М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2012.

References

1. Galeev A.G., Zolotov A.A., Perminov A.N., Rodchenko V.V. Ėkspluataciâ ispytatel'nyh kompleksov raketno-kosmičeskikh sistem. M.: Izd-vo MAI, 2007.
2. Zolotov A.A., Titov M.I. Obespečenie nadežnosti transportnyh apparatov kosmičeskikh sistem. M.: Mašinstroenie, 1988.
3. Zolotov A.A., Odelevskij V.K., Rodchenko V.V., Černikov A.I. Prikladnye metody i algoritmy obespečeniâ nadežnosti i bezopasnosti tehničeskikh sistem na ètape ih razrabotki i èkspluatácii. M.: Izd-vo MAI, 2013.
4. Volkov L.I. Upravlenie èkspluataciej letatel'nyh kompleksov. M.: Vysšaâ škola, 1987.
5. Gnedenko B.V. i dr. Matematičeskie metody v teorii nadežnosti. M.: Nauka, 1965.
6. Men'sikov V.A., Suhoruchenkov B.I. Metody monitoringa nadežnosti raketno-kosmičeskikh sistem. M.: NII KS, 2006.
7. Griбанov V.F., Rembeza A.I., Golikov A.I. i dr. Metody otrabotki naučnyh i narodno-hozâjstvennyh raketno-kosmičeskikh kompleksov / Pod obš. red.j V.F. Griбанova. M.: Mašinstroenie, 1995.
8. Galeev A.G., Denisov K.P., Išenko V.I., Lisejkin V.A., Sajdov G.G., Čerkašin A.Ů. Ispytatel'nye komplekсы i èksperimental'naâ otrabotka židkostnyh raketnyh dvigatelej / Pod red. N.F. Moiseeva. M.: Mašinstroenie / Mašinstroenie-Polet, 2012.

Транслитерация по ISO 9:1995

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**С.Е. Щеклеин, Е.В. Стариков, Ю.Е. Немихин,
А.Д. Никитин, А.В. Жуков, С.А. Коржавин**

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: 23.05.15 Заключение совета экспертов: 27.05.15 Принято к публикации: 31.05.15

Рассмотрены вопросы интенсивного охлаждения теплонапряженных элементов при помощи пародинамических технологий. Показана возможность пассивного отвода тепловой энергии в осевом направлении с плотностью теплового потока выше 10^6 Вт/м².

Ключевые слова: атомная энергетика, бассейн выдержки, термосифон, тепловая энергия, эффективность.

EXPERIMENTAL STUDY STEAM DYNAMIC SYSTEMS COOLING OF CRITICAL ELEMENTS IN EMERGENCY SITUATIONS

S.E. Shcheklein, E.V. Starikov, Yu.E. Nemikhin, A.D. Nikitin, A.V. Zhukov, S.A. Korzhavin

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: 23.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

The problems of intensive cooling heat-stressed components using steam dynamic technologies. The possibility of passive heat removal in the axial direction of heat flow density above 10^6 W/m².

Keywords: nuclear power, cooling pond, thermosyphon heat energy, efficiency.



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.



Евгений
Владимирович
Стариков
Evgeny V. Starikov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета.

Образование: Уральский гос. технический университет (УГТУ-УПИ) (2004).

Область научных интересов: малая и нетрадиционная энергетика, энергетический анализ эффективности установок нетрадиционной энергетики, солнечная энергетика.

Публикации: 32.

Information about the author: candidate of technical sciences, associate professor of department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Ural Federal University.

Education: Urals State Technical University (2004).

Research area: minor and alternative energetics; alternative energy plants effectiveness energetical analysis; solar energetics.

Publications: 32.



Юрий Евгеньевич
Немихин
Yurii E. Nemikhin

Сведения об авторе: ст. преподаватель кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

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).

Образование: Уральский гос. университет им. А.М. Горького (УрГУ) (1971).

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.

Information about the author: senior lecturer of Nuclear power plants and renewable energy sources department, UrFU.

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).

Education: Ural State University (1971).

Research area: 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 in refereed journals.



Александр
Дмитриевич
Никитин
Alexandr D. Nikitin

Сведения об авторе: магистрант, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета.

Победитель всероссийских выставок и конференций, имеет грамоты.

Образование: Уральский федеральный университет. (УрФУ) (2014).

Область научных интересов: малая и нетрадиционная энергетика, энергетический анализ эффективности установок нетрадиционной энергетики, солнечная энергетика, исследования тепловых физических процессов в энергетике.

Публикации: 10.

Information about the author: undergraduate, department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Ural Federal University.

Education: Ural Federal University (2014).

Research area: alternative energy, energy efficiency analysis of alternative energy systems, solar energy, study of thermophysical processes in the energy sector.

Publications: 10.



Алексей
Владимирович
Жуков
Alexey V. Zhukov

Сведения об авторе: магистрант, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета.

Победитель всероссийских выставок и конференций, имеет грамоты.

Образование: Уральский федеральный университет (УрФУ) (2013).

Область научных интересов: малая и нетрадиционная энергетика, газификация биомассы, применение когенерационных установок, энергетический анализ эффективности установок нетрадиционной энергетики.

Публикации: 13.

Information about the author: undergraduate, department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Ural Federal University.

Education: Ural Federal University (2013).

Research area: alternative energy, gasification of biomass, application of cogeneration units, energy efficiency analysis of alternative energy systems.

Publications: 13.



Сергей Александрович
Коржавин
Sergey A. Korzhavin

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Атомные электростанции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета.

Стипендиат президента РФ.

Образование: Уральский гос. технический университет (2009).

Область научных интересов: возобновляемая энергетика, биотоплива, автоматизированные системы сбора данных.

Публикации: 10.

Information about the author: postgraduate student of the Urals Federal University. Heat engineering faculty. Nuclear power plants and renewable energy sources department. President of Russia Grant holder.

Education: Urals State Technical University (2009).

Research area: renewable energy, biofuels, automatic data collection systems.

Publications: 10.

Введение

Одной из наиболее опасных аварийных ситуаций, приводящих к запроектной аварии АЭС, является полное длительное обесточивание. В подобных аварийных условиях основной задачей систем безопасности (СБ) является сохранение целостности активной зоны реактора и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), находящегося в приреакторном бассейне выдержки (БВ). Разработка новых проектов АЭС высокого уровня безопасности требует разработки пассивных способов отвода тепла не только от активной зоны и оборудования 1-го контура, но и от бассейнов выдержки отработавшего ядерного топлива к конечному поглотителю (атмосферному воздуху) [1]. Необходимость выполнения данного требования стала очевидной после аварии на японской АЭС Фукусима-1 с реакторами BWR, где в результате потери основных и аварийных источников электроснабжения из-за воздействия цунами, вызванного землетрясением 11 марта 2011 г., был нарушен отвод остаточных тепловыделений ядерного топлива в активных зонах реакторов, а также отработавшего ядерного топлива в приреакторных бассейнах выдержки. Это привело к нагреву и испарению теплоносителя в активных зонах и охлаждающей воды в БВ, что стало причиной перегрева ядерного топлива с его повреждением и образованием значительного количества водорода. Накопление водорода под за-

щитной оболочкой реактора, а затем и в здании реакторного отделения привело к взрывам со значительным разрушением зданий.

По данным МАГАТЭ, темп роста температур в бассейнах выдержки был весьма быстрым: температура воды в бассейне выдержки ОЯТ на энергоблоке № 4 составляла: 14 и 15 марта – 84 °С, 16 марта – данные отсутствуют. Данные по температуре воды в бассейне выдержки ОЯТ на энергоблоке № 5: 14 марта – 59,7 °С, 15 марта – 60,4 °С, 16 марта – 62,7 °С. Данные по температуре воды в бассейне выдержки ОЯТ на энергоблоке № 6: 14 марта – 58 °С, 15 марта – 58,5 °С, 16 марта – 60 °С. Все три реактора на момент землетрясения и цунами находились в режиме холодного останова.

Существующие системы, обеспечивающие отвод остаточных тепловыделений от БВ, являются системами «активного» принципа действия с подачей охлаждающей воды за счет работы циркуляционных насосов. Поэтому в условиях длительной потери электроснабжения собственных нужд и невозможности подключения аварийных источников электроэнергии обеспечение нормального отвода остаточных тепловыделений ОЯТ определяется временем испарения воды из БВ и составляет, в зависимости от загрузки БВ топливом, от нескольких суток до нескольких часов. Повышение температуры с последующим испарением воды приведет к началу парциальной реакции с образованием водорода. При

оголении наружной поверхности оболочек теплообделяющих элементов ОЯТ условия нормального теплоотвода нарушаются, что приводит к их повреждению и становится причиной радиационной аварии.

В то же время необходимость создания пассивных систем, основанных, как правило, на принципах естественной конвекции, входит в противоречие с необходимостью уменьшения объемов зданий и сооружений АЭС, т.к. в силу малой интенсивности процессов переноса тепла требует значительных поверхностей теплообмена, низких гидравлических сопротивлений трактов и значительных проходных сечений охлаждающей среды.

Интерес создателей новой техники вызывают более интенсивные, чем естественная конвекция, способы передачи тепла окружающей среде, основанные на естественных принципах при относительно малых тепловых напорах. Одним из таких методов является использование разницы плотностей жидкостей и паров в гравитационном поле, реализованное в конструкциях двухфазных термосифонов [2-10]. Детальный теоретический анализ использования данной технологии отвода тепла выполнен в работах [11-14], где показана принципиальная возможность и эффективность применения термосифонного метода. Однако, несмотря на кажущуюся простоту и хорошую

изученность теплофизических процессов, протекающих в этих устройствах, имеющихся теоретических и экспериментальных данных недостаточно для того, чтобы достоверно определить передаваемую мощность, выбрать и создать конструкцию теплообменного оборудования, способного надежно термостабилизировать бассейн выдержки ОЯТ [11-13].

Целью настоящей работы является экспериментальное обоснование возможности использования одного из вариантов термосифонного метода – пародинамического отвода теплоты от защищаемого объекта (БВ ОЯТ).

Методика экспериментального исследования

Эксперименты проводились на двух органических низкокипящих теплоносителях – этиловом спирте и ацетоне с разными температурами начала парообразования.

Теплообменник-испаритель контура обогревался двумя методами:

- горячим воздухом, подаваемым при помощи тепловой пушки;
- водой, нагретой до 90 °С, путем помещения его в бак-термостат.

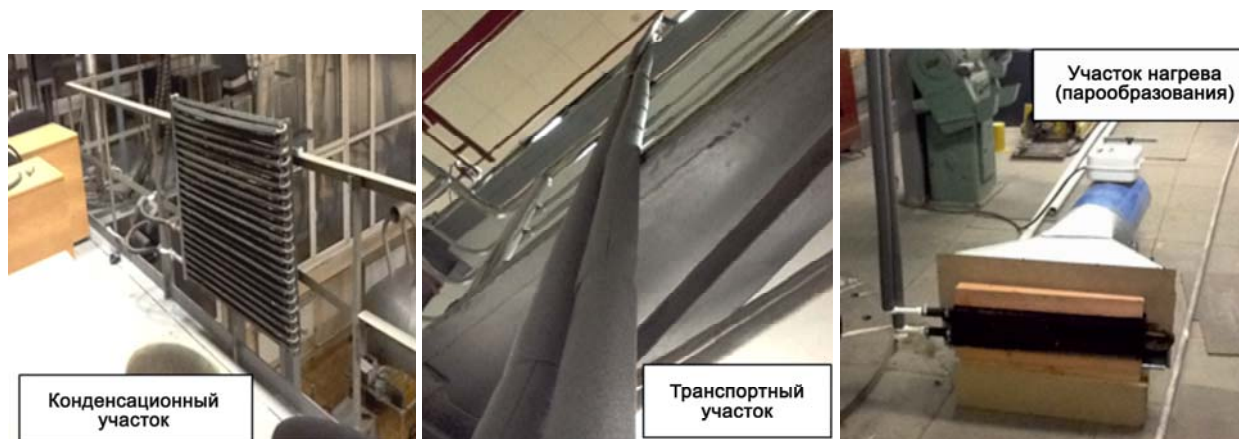


Рис. 1. Внешний вид (а) и общая схема (б) экспериментальной установки:

- 1 – транспортный участок; 2 – нагреватель-испаритель; 3 – конденсатор; 4, 5 – датчики температуры; / 6, 8 – регулирующие вентили; 7 – манометр; 9 – тепловая пушка

Fig. 1. A view (a) and general scheme (b) of the experimental setup:

- 1 – transport sector; 2 – a heater-evaporator; 3 – capacitor; 4, 5 – temperature sensors; 6, 8 – control valves; 7 – manometer; 9 – heat gun

Контур установки представлял собой протяженный участок трубопроводов, отводящих образующиеся в испарителе пары в расположенный выше теплообменник – воздушный конденсатор; образующийся конденсат возвращался под действием силы тяжести в испаритель. Охлаждение теплообменника-конденсатора осуществлялось естественной конвекцией воздуха.

Контур установки имел значительные размеры, так, суммарная длина паровых и конденсатных трубопроводов превышала 15 метров, что требуется для отвода теплоты на значительные расстояния в проектах современных АЭС. Процессы испарения, конденсации, движения потоков пара и конденсата развиваются во времени и имеют нестационарный характер.

Внешний вид и общая схема экспериментальной установки приведены на рис. 1.

Для получения информации об изменениях температур и давлений в протяженном контуре был разработан быстродействующий 16-канальный автоматизированный измерительный комплекс, состоящий из аналого-цифрового преобразователя, совместимого с персональным компьютером, мультиплексора и датчиков температуры. Система позволяет в автоматическом режиме производить замеры температуры с одновременным формированием массива данных в памяти компьютера. Основные технические характеристики системы:

Разрядность, бит	12 (без знака)
Число каналов	16
Диапазон измеряемых напряжений, В	от 0 до +5
Максимальное число измерений в секунду	200

Особенностью данного прибора являются: большое быстродействие (максимальная частота дискретизации составляет до 75 кГц), высокая точность измерений (разрешение АЦП – 12 бит), достаточно большое число каналов (с общей землей 16 шт.), входное сопротивление не менее 1 МОм, время преобразования не более 10 мкс, передача данных осуществляется посредством порта типа RS-232. Стандарт файла данных позволяет использовать результаты в расчетах Excel.

Результаты исследований

Результаты экспериментальных исследований для ацетона приведены на рис. 2-4. Исследования проводились в нестационарном режиме при нагреве испарителя водой, нагретой до 90 °С, путем помещения его в бак-термостат.

Используемые обозначения термопар и их местоположение на контуре установки:

1. Выход из испарителя
2. Восходящий поток на высоте 2 м от испарителя
3. Восходящий поток на высоте 5 м от испарителя
4. Вход в конденсатор

5. Выход из конденсатора
6. Нисходящий поток на высоте 2 м от испарителя
7. Нисходящий поток на высоте 5 м от испарителя
8. Вход в испаритель

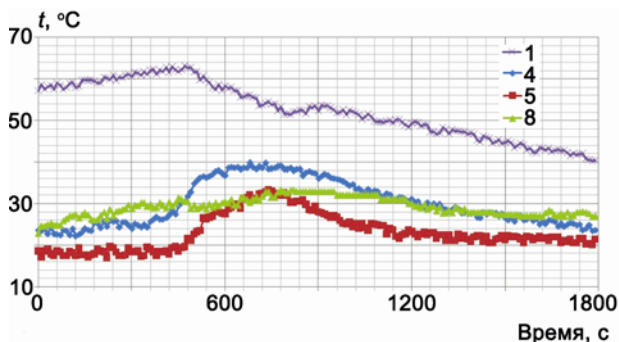


Рис. 2. Зависимость температур в характерных точках от времени
Fig. 2. Dependence of the temperatures at characteristic points from time

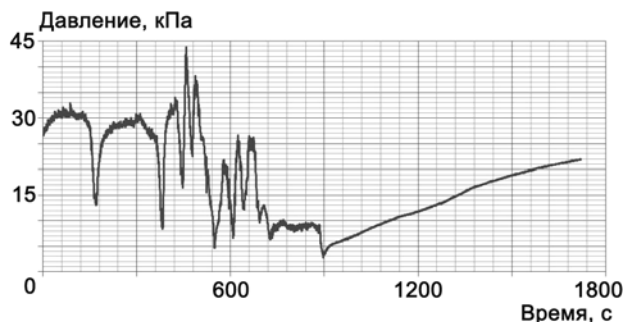


Рис. 3. Зависимость давления в контуре от времени
Fig. 3. Dependence of pressure in the circuit from time

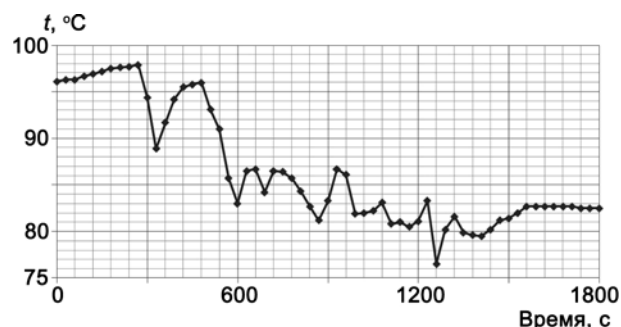


Рис. 4. Зависимость температуры греющей воды от времени
Fig. 4. Dependence of temperature of heating water from time

Вторая серия экспериментов проводилась с использованием в качестве теплоносителя этилового спирта. Исследования проводились в стационарном режиме при нагреве горячим воздухом, подаваемым при помощи тепловой пушки.

Результаты этих исследований приведены на рис. 5-6.

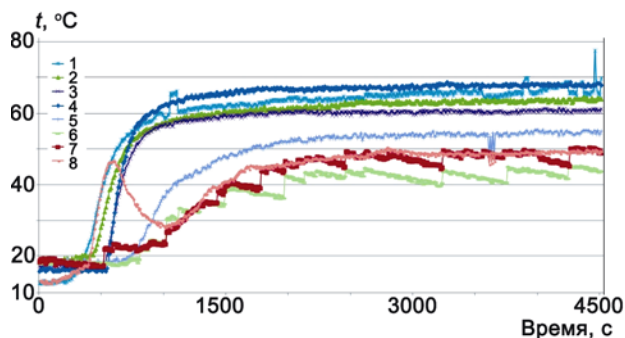


Рис. 5. Зависимость температур в характерных точках от времени

Fig. 5. Dependence of the temperatures at characteristic points from time

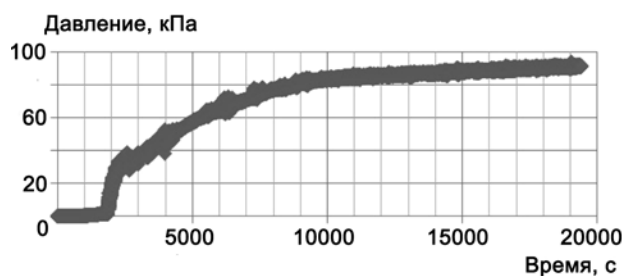


Рис. 6. Зависимость давления в контуре от времени

Fig. 6. Dependence of pressure in the circuit from time

Обсуждение и анализ результатов исследования

Данные экспериментов как для ацетона, так и для этилового спирта, полученные как по стационарной, так и нестационарной методикам, показывают следующее:

- при всех исследованных тепловых нагрузках в пародинамическом контуре возникала устойчивая циркуляция фаз, отсутствовали ограничения, характерные для тепловых труб и термосифонов, в т.ч. связанные с препятствием движению конденсата восходящим паровым потоком;

- после переходного процесса, связанного с прогревом и началом парообразования, происходит стабилизация температур и давления в контуре.

Оценка передаваемой тепловой мощности контура производилась в нестационарном режиме по количеству тепла, отведенного от бака с нагретой до 90 °С водой, и количеству тепла, воспринятого теплообменником-конденсатором:

– полная мощность, Вт, отводимая теплообменником-испарителем от греющей среды:

$$Q = \frac{V \rho c_p \Delta t}{\tau}, \quad (1)$$

– плотность теплового потока в теплообменнике-испарителе, Вт/м²:

$$q = \frac{Q}{LS}, \quad (2)$$

– плотность теплового потока в осевом направлении контура, Вт/м²:

$$q_{oc} = \frac{4Q}{\pi D^2}, \quad (3)$$

где V – объем нагретой воды в баке, м³; ρ , c_p – плотность и удельная теплоемкость воды, кг/м³ и Дж/кг·°С; Δt – изменение температуры воды в процессе отвода тепла, °С; τ – время измерения, с; L , S – длина и периметр труб в теплообменнике-испарителе, м; D – диаметр трубопроводов теплопередающего контура, м.

Обработка результатов измерений с помощью (1)–(3) позволила произвести оценку теплопередающей способности пародинамического контура:

Отводимая мощность, Вт	465
Отводимая мощность без тепловых потерь, Вт	445
Плотность теплового потока в теплообменнике-испарителе, кВт/м ²	3,44
Плотность теплового потока в осевом направлении контура, кВт/м ²	2,21·10 ³

Выводы

Экспериментально показана возможность отвода значительных тепловых мощностей на значительные расстояния (свыше 10 м) при помощи разработанного пародинамического контура с низкокипящими теплоносителями.

Полученные результаты осевых переносов тепла являются беспрецедентно высокими (выше 10⁶ Вт/м²) и могут быть еще увеличены интенсификацией теплообмена (оребрение) как со стороны испарителя (охлаждаемая зона) так и со стороны конденсатора (зона отвода тепла).

Список литературы

1. «Правила безопасности при хранении и транспортировании ядерного топлива на объектах использования атомной энергии НП-061-05», утвержденные Постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 декабря 2005 г. № 23.

References

1. «Pravila bezopasnosti pri hranenii i transportirovanii âdernogo topliva na ob"ektah ispol'zovaniâ atomnoj ènergii NP-061-05», utverždennye Postanovleniem Federal'noj služby po èkologičeskemu, tehnologičeskemu i atomnomu nadzoru ot 30 dekabrá 2005 g. № 23.

2. Пиоро И.Л., Антоненко В.А., Пиоро Л.С. Эффективные теплообменники с двухфазными термосифонами. Киев: Наукова думка, 1991.
3. Безродный М.К., Пиоро И.Л., Костюк Т.О. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика. – 2-е изд., дополненное и переработанное. Киев: Факт, 2005.
4. Васильев Л.Л. Теплообменники на тепловых трубах. Минск: Наука и техника, 1981.
5. Эва В., Асакавичюс И., Гайгалис Б. Низкотемпературные тепловые трубы. Вильнюс: Мокслас, 1982.
6. Дан П., Рей Д. Тепловые трубы: Пер. с англ. М.: Энергия, 1979.
7. Ивановский М.Н., Сорокин В.П., Чулков Б.А., Ягодкин И.В. Технологические основы тепловых труб. М.: Атомиздат, 1960.
8. Васильев Л.Л., Киселев В.Г., Матвеев Ю.Н., Молодкин Ф.Ф. Теплообменники-утилизаторы на тепловых трубах / Под ред. Л. И. Колыхана. Минск: Наука и техника, 1987.
9. Безродный М.К., Волков С.С., Мокляк В.Ф. Двухфазные термосифоны в промышленной теплотехнике. Киев: Вища школа, 1991.
10. Japikse D., Winter R.F. Single-phase transport processing the open thermosyphon // Int. J. Heat Mass Transfer. 1971. Vol. 14, No. 3. P. 427-441.
11. Подопригора А.В., Свириденко И.И., Шевелев Д.В. Пассивная система ремонтного расхолаживания ВВЭР-1000 // Вестник СевНТУ. 2011. Вып. 119. С. 127-132.
12. Свириденко И.И., Шевелев Д.В., Выборнов С.С. Расчетная оценка эффективности СПОТ приреакторного бассейна выдержки ОЯТ. Сб. научных трудов ЧНУЯЕ и П. Севастополь. 2013 С. 58-66.
13. Federovich E.D., Poluzunov I.I. Technical issues of wet and dry storage facilities for spent nuclear fuel / Safety related issues of spent nuclear fuel storage. Springer, 2007. P. 189-208.
14. Vasiliev L.L., Vasiliev L.L. Jr. Heat pipes and thermosyphons for thermal management of solid sorption machines and fuel cells. In: Heat Pipes and Solid Sorption Transformation: Fundamentals and Practical Applications / Ed. by L.L. Vasiliev, S. Kaka. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. London – New York, 2013. P. 213-258.
15. Стариков Е.В., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е. Исследование многотрубного термосифонного теплообменника // Научные труды молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ-УПИ XIII: сб. статей. Екатеринбург, 2007.

2. Pioro I.L., Antonenko V.A., Pioro L.S. Èffektivnye teploobmenniki s dvuhfaznymi termosifonami. Kiev: Naukova dumka, 1991.
3. Bezrodnyj M.K., Pioro I.L., Kostûk T.O. Processy perenosa v dvuhfaznyh termosifonnyh sistemah. Teoriâ i praktika. – 2-e izd., dopolnennoe i pererabotannoe. Kiev: Fakt, 2005.
4. Vasil'ev L.L. Teploobmenniki na teplovyh trubah. Minsk: Nauka i tehnika, 1981.
5. Èva V., Asakavičius I., Gajgalis B. Nizkotemperaturnye teplovyje truby. Vil'nûs: Mokslas, 1982.
6. Dan P., Rej D. Teplovyje truby: Per. s angl. M.: Ènergiâ, 1979.
7. Ivanovskij M.N., Sorokin V.P., Čulkov B.A., Âgodkin I.V. Tehnologičeskie osnovy teplovyh trub. M.: Atomizdat, 1960.
8. Vasil'ev L.L., Kiselev V.G., Matveev Ū.N., Molodkin F.F. Teploobmenniki-utilizatory na teplovyh trubah / Pod red. L. I. Kolyhana. Mînsk: Nauka i tehnika, 1987.
9. Bezrodnyj M.K., Volkov S.S., Moklâk V.F. Dvuhfaznye termosifony v promyšlennoj teplotehnike. Kiev: Viša škola, 1991.
10. Japikse D., Winter R.F. Single-phase transport processing the open thermosyphon // Int. J. Heat Mass Transfer. 1971. Vol. 14, No. 3. P. 427-441.
11. Podoprighora A.V., Sviridenko I.I., Ševelev D.V. Passivnaâ sistema remontnogo rasholaživaniâ VVĖR-1000 // Vestnik SevNTU. 2011. Vyp. 119. S. 127-132.
12. Sviridenko I.I., Ševelev D.V., Vybournov S.S. Rasčetnaâ ocenka èffektivnosti SPOT prireaktornogo bassejna vyderžki OÂT. Sb. naučnyh trudov SNUÂE i P. Sevastopol'. 2013 S. 58-66.
13. Federovich E.D., Poluzunov I.I. Technical issues of wet and dry storage facilities for spent nuclear fuel / Safety related issues of spent nuclear fuel storage. Springer, 2007. P. 189-208.
14. Vasiliev L.L., Vasiliev L.L. Jr. Heat pipes and thermosyphons for thermal management of solid sorption machines and fuel cells. In: Heat Pipes and Solid Sorption Transformation: Fundamentals and Practical Applications / Ed. by L.L. Vasiliev, S. Kaka. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. London – New York, 2013. P. 213-258.
15. Starikov E.V., Nemihin Ū.E., Šeklein S.E. Issledovanie mnogotrubnogo termosifonnogo teploobmennika // Naučnye trudy molodyh učenyh GOU VPO UGTU-UPI XIII: sb. statej. Ekaterinburg, 2007.

Транслитерация по ISO 9:1995





**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).

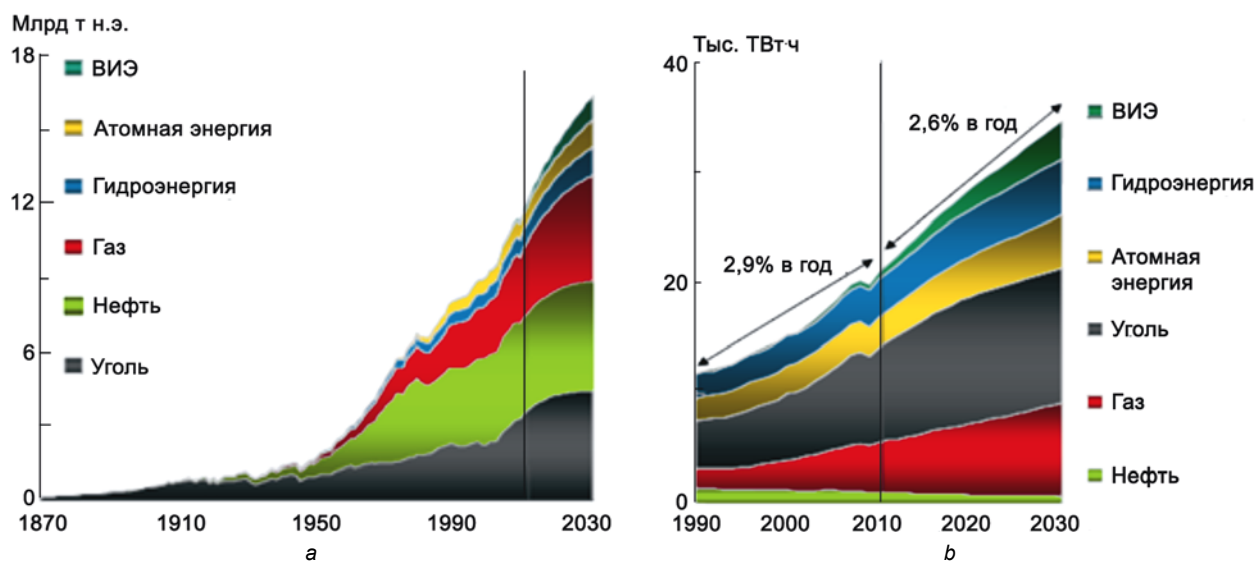
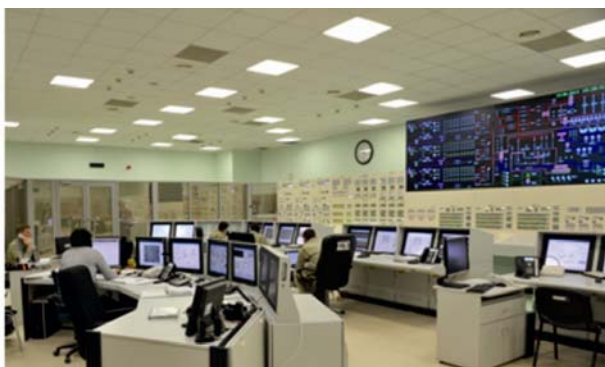


Рис. 1. Мировое потребление энергии (а) и производство электроэнергии (б) (по данным BP [1])
Fig. 1. World energy consumption (a) and electricity generation (b) (according to BP [1])



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

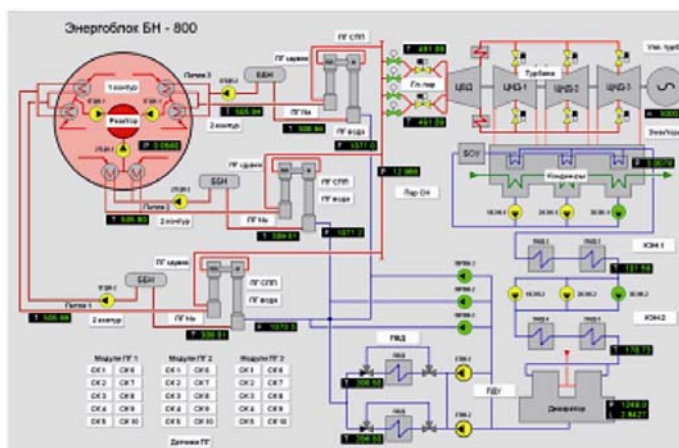


Рис. 3. Тренажерный комплекс управления энергоблоком БН 800
Fig. 3. BN-800 power unit control complex simulator

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



a



b

Рис. 5. «Энергоэффективный дом» в зимнее (a) 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).

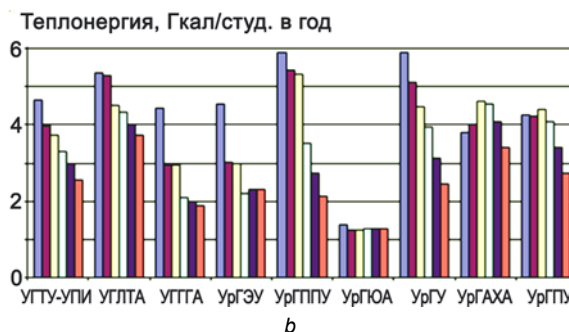
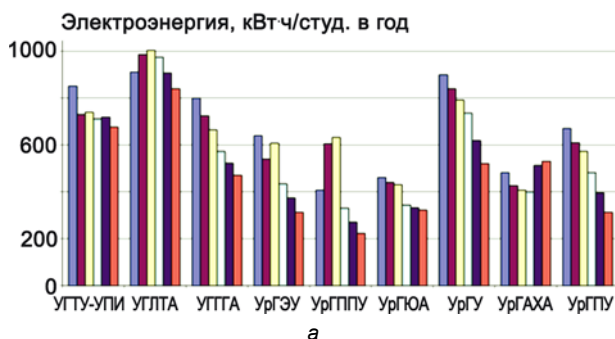


Рис. 11. Изменение за 5 лет удельного энергопотребления электрической (а) и тепловой (б) энергии на 1 студента в год вузов Свердловской области
Fig. 11. The change over 5 years in the consumption of electrical (a) and thermal (b) power per 1 student a year of the Sverdlovsk region's universities

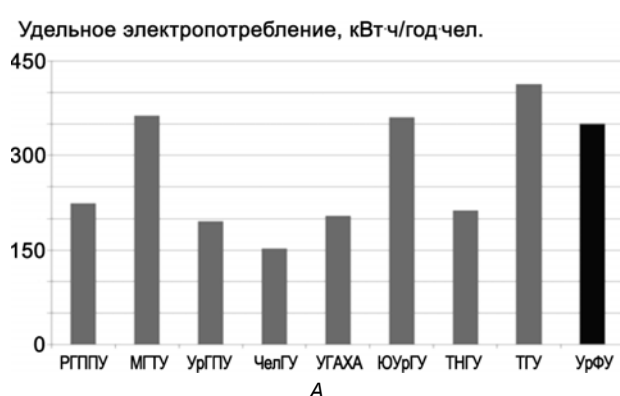


Рис. 12. Достигнутые к 2014 г. удельные показатели потребления электрической (а) и тепловой (б) энергии на 1 студента в год крупнейших вузов УрФО
Fig. 12. The specific indicators of consumption of electricity (a) and thermal (b) power per 1 student a year in major universities achieved by 2014 in the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



АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ В УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

В.Ю. Балдин, Н.И. Данилов, С.Е. Щеклеин, В.И. Велькин, И.С. Селезнева

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002 Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
Тел.: +7 (343) 374-61-55, 375-46-96, e-mail: v.u.baldin@urfu.ru

Заключение совета рецензентов: 18.06.15 Заключение совета экспертов: 21.06.15 Принято к публикации: 24.06.15

В статье приводятся основные результаты анализа разработки и реализации в Уральском федеральном университете (УрФУ) комплексной многоуровневой системы подготовки и повышения квалификации специалистов по энергосбережению. Показаны достижения уральской научно-методической школы в данной области знаний. Изложены основные методы обучения, охарактеризовано учебно-методическое обеспечение и перспективы дальнейшего развития системы подготовки кадров. Показана успешность реализации разработанных программ учебных дисциплин основного и дополнительного профессионального образования в сфере энергосбережения, повышения энергетической эффективности, расширения использования возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, подготовка специалистов, энергоемкость валового регионального продукта (ВРП).

THE ANALYSIS OF RESULTS OF THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE ENERGY EFFICIENCY TRAINING SYSTEM IN THE URALS REGION

V.Yu. Baldin, N.I. Danilov S.E. Shcheklein, V.I. Velkin, I.S. Selezneva

Urals Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin
19 Mira str., Ekaterinburg, 620002, Russia
Tel.: +7 (343) 374-61-55, 375-46-96, e-mail: v.u.baldin@urfu.ru

Referred: 18.06.15 Expertise: 21.06.15 Accepted: 24.06.15

The article presents the main results of the analysis of the development and implementation of the Urals Federal University (UrFU) complex multi-level system of training and skills development for the specialists in energy efficiency. The achievements of Ural scientific and methodological school in this area of expertise have been shown. Basic teaching methods have been stated, methodological support and prospects for further development of staff preparation system have been characterized. It is shown that programs developed for the academic subjects of basic and additional professional education in the field of energy saving, energy efficiency raising and increased use of renewable energy sources were implemented successfully.

Keywords: energy saving, energy efficiency, renewable energy, training system, gross regional product (GRP) energy intensity.



Виктор Юрьевич
Балдин
Victor Yu. Baldin

Сведения об авторе: доцент кафедры «Тепловые электрические станции», ранее – доцент, зам. зав. кафедрой «Энергосбережение» (1999-2014) Уральского энергетического института УрФУ, высококвалифицированный специалист, отмечен памятной медалью Готфрида Вильгельма фон Лейбница (2014) Европейской академии естественных наук.

Образование: Уральский политехнический институт (УПИ) (1973).

Область научных интересов: разработка и внедрение региональных программ энергосбережения, системы непрерывного образования в сфере энергосбережения.

Публикации: более 150.

Information about the author: Associate Professor of "Thermal power plants", previously – Associate Professor, Deputy Head of the Department "Energy Saving" (1999-2014) Ural power engineering Institute UrFU, highly qualified specialist, marked by a commemorative medal of the European Academy of natural Sciences Gottfried Wilhelm von Leibniz (2014).

Education: Ural Polytechnic Institute (UPI) (1973).

Research area: development and implementation of regional energy efficiency programs, continuing education system in the field of energy saving.

Publications: more than 150.



Николай Игорьевич
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.

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.



Сергей Евгеньевич
Щеклеин
Sergey E. Shcheklein



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.



Владимир Иванович
Велькин
Vladimir I. Velkin

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные электростанции и возобновляемые источники энергии» УрФУ. Технический руководитель реализованного инновационного проекта «Энергоэффективный дом для села».

Образование: УПИ им. С.М. Кирова (1982).

Область научных интересов: ядерные энергетические установки, проблемы атомной энергетики и теплофизики двухфазных потоков, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, биоэнергетика, энергосбережение, энергоэффективность.

Публикации: более 200, в том числе 1 монография, 10 изобретений.

Information about the author: Ph.D., associate professor of the department "Nuclear power plants and renewable energy sources" Ural Federal University. Technical Manager implemented the innovative project "Energy-efficient house for the village."

Education: Ural Polytechnic Institute (1982).

Research area: nuclear power plants, the problems of nuclear energy and thermo-phase flows, renewable energy, solar energy, wind energy, bio-energy, energy conservation, energy efficiency.

Publications: more than 200 scientific works, including 1 monograph, 10 inventions.



Ирина Станиславовна
Селезнева
Irina S. Selezneva

Сведения об авторе: канд. хим. наук, доцент кафедры технологии органического синтеза Химико-технологического института УрФУ.

Почетный работник высшей школы.

Образование: Уральский политехнический институт (1976).

Область научных интересов: биологическая очистка сточных вод, энергосбережение в химической промышленности, охрана окружающей среды, органический синтез, энергосбережение.

Публикации: 152, 15 учебных пособий.

Information about the author: Associate professor, Candidate of chemical science, Institute of Chemical Technology Ural Federal University.

Honorary Worker of Higher School.

Education: Ural Polytechnic Institute (1976).

Research area: biological wastewater treatment, organic synthesis, energy saving.

Publications: 152, 15 training aids.

Постановка проблемы

Задача подготовки специалистов в области энергосбережения и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) была поставлена в России законом «Об энергосбережении» в 1996 г. Статья 16 «Образование и подготовка кадров» этого закона гласила: «Имеющие государственную аккредитацию учреждения среднего профессионального, высшего профессионального и послевузовского профессионального образования, а также учреждения подготовки и переподготовки кадров в программах по обучению и подготовке работников в области энергообеспечения должны предусматривать основы эффективного использования энергетических ресурсов, в том числе основы эффек-

тивного использования возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива» [1].

Программными региональными документами, развившими насущную потребность в квалифицированных кадрах, обладающих необходимыми компетенциями в этой новой для России отрасли знаний, являются указы губернатора Свердловской области Э.Э. Росселя и постановления правительства области 1996-1999 гг. В соответствии с указом [2] в Уральском федеральном университете (УрФУ) по решению ученого совета в 1999 году была создана кафедра «Энергосбережение», а также Центр по подготовке и сертификации специалистов в области энергосбережения, затем – Региональный учебно-методический центр энергосбережения, ставшие

межвузовскими и межрегиональными центрами образования в области энергосбережения, повышения энергетической эффективности, расширения использования ВИЭ. Работа ведется совместно с кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» (АСиВИЭ, ранее – «Атомная энергетика»), осуществляющей подготовку специалистов по нетрадиционным и ВИЭ [3].

В результате на Среднем Урале (центр – г. Екатеринбург) была разработана, выстроена и успешно работает в настоящее время система образования в данной сфере. Целью создания и реализации такой системы является получение обучающимися теоретических знаний и практических навыков, направленных на эффективное и экологически ответственное использование энергии и ресурсов в экономике России, обеспечивающих снижение энергоёмкости производства продукции и оказания услуг [4].

Образовательные формы, методы, технологии и результаты подготовки специалистов

За период 2000-2015 гг. ежегодно на кафедре «Энергосбережение» УрФУ слушали лекции и изучали вопросы энергосбережения, повышения энергоэффективности на практических занятиях до 2100 студентов различных форм обучения (очных, заочных, дистанционных, ускоренных). За эти годы прошли обучение более 24000 студентов старших курсов десяти институтов (факультетов) и сети территориальных институтов-филиалов УрФУ (рис. 1). Некоторое снижение количества студентов, прошедших обучение на кафедре в последние годы, связано с переходом от специалитета к бакалавриату.



Рис. 1. Динамика количества студентов, прошедших обучение, и подготовленных специалистов по энергосбережению в УрФУ

Fig. 1. Dynamics of the number of students trained and changes in the number of specialists trained in energy saving in UrFU

При этом в Свердловской области за рассматриваемый период наблюдается снижение темпов роста энергопотребления региона при сохранении устойчивой динамики роста экономики (рис. 2).

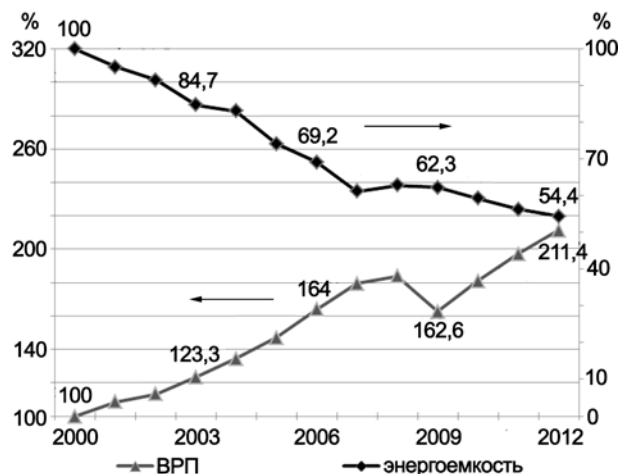


Рис. 2. Динамика изменения объемов валового регионального продукта (ВРП) и энергоёмкости ВРП Свердловской области, в % к 2000 году [5]

Fig. 2. Dynamics of gross regional product (GRP) and dynamics of the GRP energy intensity in Sverdlovsk region [5]

В преподавании названных дисциплин используется проблемно-тематический принцип: лекции студентам и слушателям курсов повышения квалификации читают профессора, доценты, высококвалифицированные специалисты различных организаций региона, профессионально занимающиеся вопросами ресурсо- и энергосбережения. Это способствует формированию у студентов и слушателей высокого уровня заинтересованности и мотивации в изучении и освоении основ теоретической и практической деятельности в данной области, позволяет им получить самую актуальную и достоверную информацию.

В процессе обучения используются тестовые системы для входного и итогового контроля знаний, практические задания (энергетические кейсы), имеющие непосредственное отношение к будущей профессии, или работы, основанные на производственном опыте слушателей, в качестве выпускной квалификационной работы в системе дополнительного профессионального образования (ДПО) разрабатываются и заслушиваются компетентной комиссией индивидуальные проекты – детализированные программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности производства с комплексным техническим, экономическим и экологическим эффектом.

С 2012 г. УрФУ принимает участие в реализации Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров (2012-2014 гг.) по теме «Энергосбережение, повышение энергетической эффективности и ресурсосбережение в промышленности», в рамках которой обучено более 100 специалистов ряда предприятий и организаций Свердловской и Челябинской областей. В процессе их подготовки использовались полигонные занятия на реальных энергетических объектах УрФУ, с применением самых современных приборов, оборудования и методик анализа энергопотребления и энергоэффективности.

Ведется подготовка магистров совместно с кафедрой АСиВИЭ по программе «Энергетические установки, электростанции и комплексы на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии» с углубленным изучением вопросов энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Впервые в России разработан образовательный стандарт УрФУ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в промышленности и бюджетной сфере», утвержденный ученым советом университета в декабре 2012 г., который является основой для разработки и реализации основных образовательных программ подготовки высококвалифицированных кадров со степенью магистра для различных сфер экономики России по данному направлению.

В 2014 г. под руководством проф. Данилова Н.И. успешно защитили диссертационные работы по проблемам энергосбережения и повышения энергоэффективности студенты магистратуры, чьи работы находятся в электронном научном архиве УрФУ [6, 7].

Опыт реализации данной системы докладывался, обсуждался и получил поддержку на ряде российских и международных симпозиумов, таких как EURO-ECO в г. Ганновере, Германия [8, 9], на Energy Quest 2014 [10] и других.

Учебно-методическое обеспечение и перспективные направления работы

Сотрудниками кафедры разработан и выпущен значительный объем учебно-методической и научно-технической литературы по проблемам энергосбережения и повышения эффективности использования энергии, включающий в себя разные уровни и виды

знания, методы обучения: от дошкольного и бытового до профессионального и научного, от популярных до энциклопедических пособий, от классических бумажных до электронных интерактивных учебников, мультимедийных учебно-методических комплексов.

Подготовлены и изданы учебно-методические пособия, разработаны и реализуются программы:

- для младших школьников и дошкольников [11],
- для учащихся общеобразовательных школ, гимназий, лицеев, училищ и техникумов [12, 13];
- для студентов технических, архитектурно-строительных и профессионально-педагогических вузов – «Основы энергосбережения», «Энергоаудит и энергосбережение», «Малая энергетика», «Энергосберегающие технологии», «Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения», «Информационные технологии и системы управления в ресурсосбережении» и др. [14, 15];

– для обучения и повышения квалификации специалистов предприятий и организаций различного профиля через систему ДПО – разноуровневые программы комплексной предсертификационной подготовки и формирования необходимых компетенций в сфере энергосбережения, повышения энергетической эффективности, проведения энергетических обследований и осуществления энергосервисной деятельности (рис. 3).

В настоящее время данная система реорганизуется в направлении перехода от подготовки специалистов к бакалавриату и магистратуре. В УрФУ подготовлен и утвержден стандарт прикладного бакалавриата, разрабатываются индивидуальные образовательные траектории для обучаемых, формулируются принципы инженерной магистратуры.

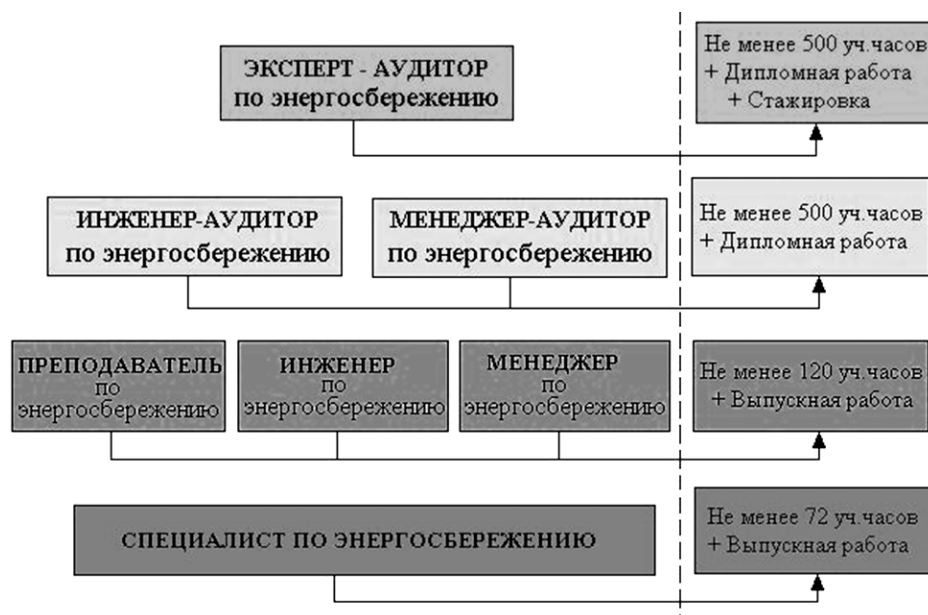


Рис. 3. Основные уровни системы подготовки и повышения квалификации специалистов по энергосбережению, созданной в УрФУ

Fig. 3. Basic levels of training and retraining system of specialists in energy efficiency, established in UrFU

Кафедрой за 2000-2014 гг. подготовлено и издано более 120 учебно-методических и справочных пособий, в том числе: 45 учебных пособий, 25 учебно-методических разработок, более 50 справочных изданий, монографий, энциклопедий. В 2008 г. совместно с государственным бюджетным учреждением Свердловской области «Институт энергосбережения» выпущен учебник «Основы энергосбережения» объемом более 38 печатных листов, тиражом 3100 экз. [14]. Это – первый в стране учебник такого объема и полноты охвата тем. Интерес к этому изданию проявляют представители многих организаций области, а также регионов России и некоторых зарубежных стран. Так, при поддержке ряда энергетических компаний в 2009-2011 гг. учебник «Основы энергосбережения» был издан для работников этих организаций общим тиражом более 3000 экз. [15]. В 2012 г. создан электронный вариант учебника совместно с Институтом повышения квалификации руководящих работников и специалистов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Минэнерго России, который используется в системе повышения квалификации работников не только ТЭК страны, но и бюджетной сферы, в том числе, с применением дистанционных технологий [16], при проведении в 2012-2013 гг. занятий с ответственными за энергосбережение и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы в Свердловской области, прошедших в УрФУ, а также в других областях Уральского региона.

В учебном процессе нашли отражение результаты научно-исследовательской работы кафедры, опубликованной свыше 1200 научных работ, которые использовались также при подготовке документов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности правительства Свердловской области, а также законодательных актов РФ, рекомендаций Международной финансовой корпорации IFC (2010 г.) [17] и докладов ООН (2009-2010 гг.) [18].

В системе подготовки и сертификации специалистов в течение пятнадцати лет работы обучено и сертифицировано более 6000 работников бюджетной сферы, промышленных предприятий, сельского хозяйства, строительного комплекса, жилищно-коммунального хозяйства, силовых ведомств, муниципальных служащих. Опыт этой работы изложен в справочном пособии [19].

Успешным опытом стала организация и проведение в 2007-2010 гг. подготовки специалистов для управленческих округов области в рамках государственного заказа «Образовательные услуги по повышению квалификации государственных гражданских служащих Свердловской области и муниципальных служащих в Свердловской области по вопросам энергосбережения» с использованием дистанционных методов обучения в форме видеоконференций и вебинаров. За счет этого удалось охватить очень широкую аудиторию специалистов самых удаленных муниципальных образований и городских

округов всех управленческих округов области, которые обучались с частичным отрывом от производственной деятельности в течение нескольких дней в неделю во второй половине дня, но при этом продолжали выполнять свои профессиональные задачи в первой половине дня и имели возможность интерактивного общения с высококвалифицированными преподавателями, проводившими эти занятия.

Для методического обеспечения этих занятий был подготовлен и выпущен электронный учебник «Организация работ по энергосбережению в муниципальных образованиях Свердловской области», размещенный в тот период на официальном Интернет-сайте правительства Свердловской области и на портале информационно-образовательных ресурсов УрФУ [20].

В настоящее время для специалистов, участвующих в повышении квалификации через систему ДПО, а также для магистрантов энергетических направлений подготовки, на базе УралЭНИН и Экспериментально-производственного комбината УрФУ действует комплекс объектов энергоснабжения, коммунальной инфраструктуры и научно-исследовательских лабораторий, представляющий собой «Полигон энергоэффективности» УрФУ (модель объекта «Энергоэффективный город»), на котором отрабатываются практические навыки и алгоритмы управления энергетическими объектами с использованием научного, контрольно-измерительного, диагностического и регулирующего оборудования и приборов:

- действующая газовая котельная;
- система диспетчеризации электропотребления микрорайона;
- система удаленного мониторинга параметров работы котельной с турбиной, обеспечивающей выработку электроэнергии для собственных нужд;
- инженерные коммуникации электро-, водо- и теплоснабжения;
- лаборатория частотно-управляемого электропривода;
- лаборатория контроля качества тепловой изоляции и другие.

Целью углубленного изучения и освоения этих возможностей является расширение как фундаментальной, так и практической подготовки специалистов в области энергосбережения и энергоэффективности в направлении понимания принципов повышения эффективности на всех этапах жизненного цикла энергии, отраженных на рис. 4, представленного в материалах «Центра исследования энергии Нижней Саксонии» (г. Гослар, Германия) [21], с которым осуществляется научно-образовательное сотрудничество. Опираясь на такой подход, очень перспективным является совместное участие магистрантов, аспирантов и постдоков, ориентированных на целенаправленные исследования, которые позволят изучить всю «энергетическую цепочку» с точки зрения взаимозависимостей, междисциплинарного анализа и поиска решения проблем, лежащих в рамках сотрудничества между различными научными дисциплинами.



Рис. 4. Энергетическая цепочка: повышение энергоэффективности на всех этапах [21]

Fig. 4. Energy chain: improving energy efficiency at all stages [21]

Студенческие олимпиады и молодежная наука как средство повышения и развития интереса к энергоэффективности и ВИЭ

Важную роль в этой образовательной системе имеет уникальный опыт организации и проведения в УрФУ ежегодных всероссийских студенческих олимпиад «Энерго- и ресурсосбережение», «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», научно-практических конференций с международным участием, выставок научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». В этих молодежных мероприятиях с 2000 г. приняли участие свыше 4500 человек из нескольких десятков вузов России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

Издано 15 сборников студенческих и аспирантских работ в этой сфере, в декабре 2014 г. выпущен один из наиболее объемистых сборников таких работ, показывающий все большую заинтересованность научной молодежи в результатах исследований в данной сфере, в разработке и применении современных технологий в области энергосбережения, повышения энергоэффективности и использования ВИЭ [22].

В 2014-2015 гг. УрФУ по результатам конкурсного отбора Министерством образования и науки РФ стал единственным вузом России, где проводятся две всероссийские студенческие олимпиады по энергетическим направлениям.

Основные результаты научно-исследовательской работы

Преподаватели и специалисты кафедры в период ее зарождения и создания активно участвовали в разработке концепции региональной энергосберегающей политики, программ повышения энергоэффективности экономики Свердловской области и г. Екатеринбурга. На кафедре отработаны научно-

методические подходы к формированию топливно-энергетического баланса региона, заложены основные принципы энергетического анализа хозяйственной деятельности, сформированы методические рекомендации по разработке региональных программ энергосбережения. Ведутся исследования в направлении разработки ресурсосберегающих технологий по энергетическому использованию низкопотенциальных и низкосортных топливно-энергетических ресурсов в региональной и местной энергетике, оценки влияния энергосбережения на состояние окружающей среды, создания методики определения энергоемкости валового регионального продукта и путей ее снижения. Впервые совместно с Некоммерческим партнерством «Союз «Энергоэффективность» разработан стандарт организации «Энергетический анализ хозяйственной деятельности» [23], являющийся методической основой такого анализа при проведении энергетических обследований, при определении показателей (индикаторов) энергетической эффективности объектов, оборудования и технологий.

За последние годы с учетом этого опыта активизировалась работа с участием специалистов из европейских стран по широкому кругу проблем, связанных с энергоэффективным развитием и методами информирования широкого круга потребителей, популяризации среди школьников и студентов современных технологий и методов энергосбережения. Проведен целый ряд международных симпозиумов по проблемам энергетической эффективности с представителями организаций, профессионально занимающихся этой тематикой в Германии, Франции, Чехии, Финляндии и других странах.

С целью расширения применения данного опыта в УрФУ в 2014 г. создан Евразийский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения, обладающий высокими компетенциями в области инновационных энергетических технологий и ведущий широкий спектр исследований в данной сфере. Результаты исследовательской работы в этом направлении активно используются преподавателями в образовательном процессе.

Выводы

Таким образом, на территории Свердловской области и Уральского региона реализован и развивается комплексный подход по созданию и постоянному совершенствованию системы подготовки специалистов по энергосбережению и ВИЭ. Эта работа находится в русле предпринимаемых в стране и в области усилий по снижению энергоемкости российской и региональной экономики, обеспечению рационального и экологичного использования энергии и энергетических ресурсов в соответствии с Федеральным законом от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эф-

фективности...» на пути создания современного энергоэффективного общества.

Положительный опыт реализации многокомпонентной системы образования с использованием современных образовательных технологий и результатов исследовательской работы в области энергосбережения и возобновляемой энергетики показывает, что с учетом достигнутых успехов в учебной и научной деятельности в данном направлении в регионе удалось добиться ощутимых результатов снижения темпов роста энергопотребления при сохранении устойчивой динамики роста экономики. Изложенный опыт и полученные результаты нашли отражение в изданных в последние годы учебно-справочных изданиях [24-26].

Список литературы

1. Федеральный закон от 03.04.1996 № 28-ФЗ «Об энергосбережении».
2. Указ Губернатора Свердловской области от 09.02.1999 № 53 «О подготовке специалистов по энергосбережению для организаций Свердловской области».
3. Щеклеин С.Е., Велькин В.И. Вехи и достижения кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2012. № 4 (108). С. 154-157.
4. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/27565>.
5. О реализации государственной политики энергосбережения в Свердловской области за 2012 г.: государственный доклад ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения». Екатеринбург: Министерство энергетики и ЖКХ Свердловской области, 2012.
6. Серебряков Д.В. Законодательство и практика энергетического менеджмента в части энергосервисной деятельности, разработка законопроекта по энергосервисной деятельности: магистерская диссертация; УрФУ, Уральский энергетический институт, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии». Екатеринбург, 2014. [Электронный ресурс] URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/29216>.
7. Потапов И.Е. Технологии «Пассивного дома» и возможность применения в Уральском федеральном округе: магистерская диссертация; УрФУ, Уральский энергетический институт, кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии». Екатеринбург, 2014. [Электронный ресурс] URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/29215>.

References

1. Federal'nyj zakon ot 03.04.1996 № 28-FZ «Ob ènergobereženii».
2. Ukaz Gubernatora Sverdlovskoj oblasti ot 09.02.1999 № 53 «O podgotovke specialistov po ènergobereženiju dlja organizacij Sverdlovskoj oblasti».
3. Šeklein S.E., Vel'kin V.I. Vехi i dostiženija kafedry «Atomnye stancii i vozobnovlâemye istočniki ènergii» UrFU // A'l'ternativnaâ ènergetika i èkologija – ISJAE. 2012. № 4 (108). S. 154-157.
4. Ukaz Prezidenta RF ot 4 iûnâ 2008 g. № 889 «O nekotoryh merah po povыšeniju ènergetičeskoj i èkologičeskoj èffektivnosti rossijskoj èkonomiki». [Èlektronnyj resurs] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/27565>.
5. O realizacii gosudarstvennoj politiki ènergobereženija v Sverdlovskoj oblasti za 2012 g.: gosudarstvennyj doklad GBU Sverdlovskoj oblasti «Institut ènergobereženija». Ekaterinburg: Ministerstvo ènergetiki i ŽKH Sverdlovskoj oblasti, 2012.
6. Serebrâkov D.V. Zakonodatel'stvo i praktika ènergetičeskogo menedžmenta v časti ènergoservisnoj deâtel'nosti, razrabotka zakonoproekta po ènergoservisnoj deâtel'nosti: magisterskaâ dissertaciâ; UrFU, Ural'skij ènergetičeskij institut, kafedra «Atomnye stancii i vozobnovlâemye istočniki ènergii». Ekaterinburg, 2014. [Èlektronnyj resurs] URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/29216>.
7. Potapov I.E. Tehnologii «Passivnogo doma» i vozmožnost' primeneniâ v Ural'skom federal'nom okruge: magisterskaâ dissertaciâ; UrFU, Ural'skij ènergetičeskij institut, kafedra «Atomnye stancii i vozobnovlâemye istočniki ènergii». Ekaterinburg, 2014. [Èlektronnyj resurs] URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/29215>.



8. Danilov N.I., Baldin V.Ju., Rossel E.E. System der Schulung und Qualifizierung von Fachleuten für Energieeinsparung: Regionale Erfahrungen // Euro-Eco. Hannover 2013. Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Das Internationale Symposium (28-29 November 2013). Programm Abstracts. Hannover: Europäischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, 2013. S. 32-33.

9. Danilov N.I., Baldin V.Yu., Selezneva I.S. Experience and perspectives of specialists preparing and professional development in energy saving and raising energy efficiency field on the regional and municipal levels // Euro-Eco. Hannover 2014. Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Das Internationale Symposium (27-28 November 2014). Programm Abstracts. Hannover: Europäischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, 2014. S. 43-45.

10. Baldin V.U., Danilov N.I., Khudyakova G.I. The system of human resource development in energy saving in the Ural region // Energy Production and Management in the 21st Century. The Quest for Sustainable Energy «Energy Quest 2014»: First International Conference (23-25 April 2014, Ekaterinburg). Southampton, Boston: WIT Press, 2014. Vol. 2. P. 1205-1211.

11. Данилов Н.И., Тимофеева Ю.Н., Щелоков Я.М. Энергосбережение для начинающих. Екатеринбург: Уралэнерго-Пресс, 2004.

12. Данилов Н.И., Евпланов А.И., Михайлов В.Ю., Щелоков Я.М. Энергосбережение. Введение в проблему: учебное пособие. Екатеринбург: ИД «Сократ», 2001.

13. Данилов Н.И., Тимофеева Ю.Н., Усольцев А.П., Щелоков Я.М., Балдин В.Ю. Использование ресурсов и энергии: учебное пособие. Екатеринбург: МРСК Урала; изд-во АМБ, 2010.

14. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения: учебник. Екатеринбург: ГУ Свердловской области «Институт энергосбережения», 2008.

15. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения: учебник. Екатеринбург: ИД «Автотраф», 2009.

16. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в муниципальных образованиях, на предприятиях и ЖКХ / Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Минэнерго России. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ipktek.ru/distanc.html>.

17. Алгоритм формирования региональных программ энергосбережения / Консультативная программа IFC в Европе и Центральной Азии. Washington: IFC, 2010.

18. Энергетика и устойчивое развитие. 2009: Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации. Программы развития ООН (ПРООН) / под общ. ред. С.Н. Бобылева. М.: ООО «Дизайн-проект «Самолет», 2010.

8. Danilov N.I., Baldin V.Ju., Rossel E.E. System der Schulung und Qualifizierung von Fachleuten für Energieeinsparung: Regionale Erfahrungen // Euro-Eco. Hannover 2013. Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Das Internationale Symposium (28-29 November 2013). Programm Abstracts. Hannover: Europäischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, 2013. S. 32-33.

9. Danilov N.I., Baldin V.Yu., Selezneva I.S. Experience and perspectives of specialists preparing and professional development in energy saving and raising energy efficiency field on the regional and municipal levels // Euro-Eco. Hannover 2014. Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Das Internationale Symposium (27-28 November 2014). Programm Abstracts. Hannover: Europäischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, 2014. S. 43-45.

10. Baldin V.U., Danilov N.I., Khudyakova G.I. The system of human resource development in energy saving in the Ural region // Energy Production and Management in the 21st Century. The Quest for Sustainable Energy «Energy Quest 2014»: First International Conference (23-25 April 2014, Ekaterinburg). Southampton, Boston: WIT Press, 2014. Vol. 2. P. 1205-1211.

11. Danilov N.I., Timofeeva Ů.N., Šelokov Ā.M. Ėnergobereženie dlā načinaûsih. Ekaterinburg: Uralënergo-Press, 2004.

12. Danilov N.I., Evplanov A.I., Mihajlov V.Ů., Šelokov Ā.M. Ėnergobereženie. Vvedenie v problemu: učebnoe posobie. Ekaterinburg: ID «Sokrat», 2001.

13. Danilov N.I., Timofeeva Ů.N., Usol'cev A.P., Šelokov Ā.M., Baldin V.Ů. Ispol'zovanie resursov i ènergii: učebnoe posobie. Ekaterinburg: MRSK Urala; izd-vo AMB, 2010.

14. Danilov N.I., Šelokov Ā.M. Osnovy ènergobereženia: učebnik. Ekaterinburg: GU Sverdlovskoj oblasti «Institut ènergobereženia», 2008.

15. Danilov N.I., Šelokov Ā.M. Osnovy ènergobereženia: učebnik. Ekaterinburg: ID «Avtograf», 2009.

16. Upravlienie ènergobereženiem i povyšenie ènergetičeskoj èffektivnosti v municipal'nyh obrazovaniâh, na predpriâtiâh i ŹKH / Institut povyšeniâ kvalifikacii rukovodâsih rabotnikov i specialistov toplivno-ènergetičeskogo kompleksa (TÈK) Minènergo Rossii. [Èlektronnyj resurs] URL: <http://www.ipktek.ru/distanc.html>.

17. Algoritm formirovaniâ regional'nyh programm ènergobereženia / Konsul'tativnaâ programma IFC v Evrope i Central'noj Azii. Washington: IFC, 2010.

18. Ènergetika i ustojčivoie razvitie. 2009: Doklad o razvitii čelovečeskogo potentsiala v Rossijskoj Federacii. Programmy razvitiâ OON (PROON) / pod obš. red. S.N. Bobyleva. M.: ООО «Dizajn-proekt «Samolet», 2010.



19. Щелоков Я.М., Данилов Н.И. Энергосбережение в бюджетной сфере: справочное издание. Екатеринбург: УрФУ, СРО НП «Союз «Энергоэффективность», Энергосервисная компания Урала, 2012.

20. Балдин В.Ю., Бегалов В.А., Велькин В.И., Данилов Н.И., Проскуряков В.С., Щелоков Я.М. Организация работ по энергосбережению в муниципальных образованиях в Свердловской области: электронный учебник. [Электронный ресурс] URL: http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=8695.

21. Bericht über die Aufbauphase 2008 bis 2011 / Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, EFZN. [Электронный ресурс] URL: <http://www.efzn.de/en/research/annual-reports/>; Исследование энергии сегодня и завтра / Центр исследования энергии Нижней Саксонии. Гослар: EFZN, 2008. (на рус. яз.).

22. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции с международным участием и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых 16-19 декабря 2014 г. / Науч. ред. В.Ю. Балдин, И.С. Селезнева. Под общ. ред. проф., д-ра экон. наук Н.И. Данилова. Екатеринбург: УрФУ, 2014.

23. Щелоков Я.М., Данилов Н.И., Лисиенко В.Г. Ресурсосбережение. Промышленное производство. Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Основные положения: Стандарт саморегулируемой организации СРО–2012–01–К. [Электронный ресурс] URL: http://www.energoauditsro19.ru/avtorskaya_metodika_schelokova/. Режим доступа – свободный.

24. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Управление энергоэффективностью в экономике: Том 1. Теоретические основы энергоэффективности: учебное пособие; под общ. ред. Н.И. Данилова. Екатеринбург: УрФУ, 2014.

25. Данилов Н.И., Балдин В.Ю., Щелоков Я.М. Управление энергоэффективностью в экономике: Том 2. Практика управления энергоэффективностью: учебное пособие; под общ. ред. Н.И. Данилова. Екатеринбург: УрФУ, 2014.

26. Щелоков Я.М., Лисиенко В.Г., Данилов Н.И. Наилучшие доступные технологии обеспечения энергоэффективности в черной металлургии: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2014.

19. Šelokov Â.M., Danilov N.I. Ènergobereženie v bûdžetnoj sfere: spravočnoe izdanie. Ekaterinburg: UrFU, SRO NP «Soûz «Ènergoèffektivnost'», Ènergoservisnaâ kompaniâ Urala, 2012.

20. Baldin V.Û., Begalov V.A., Vel'kin V.I., Danilov N.I., Proskurâkov V.S., Šelokov Â.M. Organizaciâ rabot po ènergobereženiû v municipal'nyh obrazovaniâh v Sverdlovskoj oblasti: èlektronnyj učebnik. [Èlektronnyj resurs] URL: http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=8695.

21. Bericht über die Aufbauphase 2008 bis 2011 / Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, EFZN. [Èlektronnyj resurs] URL: <http://www.efzn.de/en/research/annual-reports/>; Issledovanie ènergii segodnâ i zavtra / Centr issledovaniâ ènergii Nižnej Saksonii. Goslar: EFZN, 2008. (na rus. âz.).

22. Ènergo- i resursobereženie. Ènergoobespeçenie. Netradicionnye i vobnovlâemye istoçniki ènergii: Sbornik materialov Vserossijskoj studençeskoj olimpiady, naučno-praktičeskoj konferencii s meždunarodnym učastiem i vystavki rabot studentov, aspirantov i molodyh učenyh 16-19 dekabrà 2014 g. / Nauč. red. V.Û. Baldin, I.S. Selezneva. Pod obš. red. prof., d-ra èkon. nauk N.I. Danilova. Ekaterinburg: UrFU, 2014.

23. Šelokov Â.M., Danilov N.I., Lisienko V.G. Resursobereženie. Promyšlennoe proizvodstvo. Ènergetičeskij analiz hozâjstvennoj deâtel'nosti. Osnovnye položenîa: Standart samoreguliruemoj organizacii SRO–2012–01–K. [Èlektronnyj resurs] URL: http://www.energoauditsro19.ru/avtorskaya_metodika_schelokova/. Režim dostupa – svobodnyj.

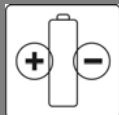
24. Danilov N.I., Šelokov Â.M. Upravlenie ènergoèffektivnost'û v èkonomike: Tom 1. Teoretičeskie osnovy ènergoèffektivnosti: učebnoe posobie; pod obš. red. N.I. Danilova. Ekaterinburg: UrFU, 2014.

25. Danilov N.I., Baldin V.Û., Šelokov Â.M. Upravlenie ènergoèffektivnost'û v èkonomike: Tom 2. Praktika upravleniâ ènergoèffektivnost'û: učebnoe posobie; pod obš. red. N.I. Danilova. Ekaterinburg: UrFU, 2014.

26. Šelokov Â.M., Lisienko V.G., Danilov N.I. Nailučšie dostupnye tehnologii obespeçeniâ ènergoèffektivnosti v černoj metallurgii: učebnoe posobie. Ekaterinburg: UrFU, 2014.

Транслитерация по ISO 9:1995





ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ КАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

А.А. Игнатова, О.В. Ярмоленко

Институт проблем химической физики РАН
142432 Черноголовка Московской обл., пр. акад. Семенова, д. 1
Тел.: 8 (496) 522-56-25, e-mail: oyarm@icp.ac.ru

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

В обзоре рассмотрены работы по разработке органических катодных материалов для литиевых аккумуляторов. Среди всех классов органических катодов материалы на основе сопряженных карбонильных соединений имеют потенциал для достижения одновременно высокой плотности энергии, высокой стабильности циклирования и высокой удельной мощности. Обзор состоит из трех частей, посвященных катодам на основе малых молекул сопряженных карбонильных соединений и двух видов их производных: полимеров и солей лития.

Ключевые слова: органические катодные материалы, сопряженные карбонильные соединения, литиевые аккумуляторы.

PERSPECTIVE ORGANIC CATHODE MATERIALS BASED ON CONJUGATED CARBONYL COMPOUNDS FOR LITHIUM BATTERIES

A.A. Ignatova, O.V. Yarmolenko

The Institute of Problems of Chemical Physics RAS
1 acad. Semenov ave., Chernogolovka, Moscow reg., 142432, Russia
Tel.: 8-(49552)-25625, e-mail: oyarm@icp.ac.ru

Referred: 24.05.15 Expertise: 27.05.15 Accepted: 31.05.15

In the review works on the development of organic cathode materials for lithium batteries were observed. Among the all classes of organic cathode, materials based on conjugated carbonyl compounds have the potential to achieve simultaneously high energy density, high cycling stability and high power density. Overview consists of three parts dedicated cathodes based on small molecules of conjugated carbonyl compounds and two kinds of their derivatives: polymers and lithium salts.

Keywords: organic cathode materials, conjugated carbonyl compounds, lithium batteries.



Анна Алексеевна
Игнатова
Anna A. Ignatova

Сведения об авторе: аспирант ИПХФ РАН.

Образование: Институт химии Саратовского гос. университета (2013).

Область научных интересов: литиевые источники тока, литий-ионные аккумуляторы, полимерные электролиты, жидкие органические электролиты, органические катоды.

Публикации: 5.

Information about the author: Postgraduate Student of IPCP RAS.

Education: Institute of Chemistry, Saratov State University (2013).

Research area: lithium power sources, lithium-ion batteries, polymer electrolytes, liquid organic electrolytes, organic cathodes.

Publications: 5.



Ольга Викторовна
Ярмоленко
Olga V. Yarmolenko

Сведения об авторе: д-р хим. наук, зав. лабораторией ИПХФ РАН.

Образование: химический факультет Ленинградского гос. университета (1991).

Область научных интересов: полимерные электролиты для литиевых источников тока, литий-ионные аккумуляторы, жидкие органические электролиты, органические катоды.

Публикации: 53.

Information about the author: Doctor of science in chemistry, Head of laboratory of IPCP RAS.

Education: Department of Chemistry of the Leningrad State University (1991).

Research area: polymer electrolytes for lithium power sources, lithium-ion batteries, liquid organic electrolytes, organic cathodes.

Publications: 53.

Введение

В настоящее время существует большой спрос на высокоэффективные и мобильные накопители энергии, которые к тому же должны все время совершенствоваться как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Литий-ионные аккумуляторы, использующие в качестве активного катодного материала LiCoO_2 , сталкиваются с серьезными проблемами, связанными с безопасностью и ресурсными затратами. В последнее десятилетие отмечается рост разработок альтернатив LiCoO_2 , преимущественно на основе литированных оксидов переходных металлов различной структуры и оливина LiFePO_4 , которые уже нашли коммерческое использование. Хотя оливин намного безопаснее кобальтита лития, он уступает ему по емкостным показателям.

Органические электрод-активные материалы обеспечивают новый подход к высокоэффективным источникам тока. Существует намного больше органических соединений, которые можно использовать в качестве электрод-активных материалов, чем неорганических, так как органические структуры отличаются большим разнообразием.

Концепция использования органических соединений в качестве электродных материалов для литиевых аккумуляторов возникла одновременно с не-

органическими соединениями внедрения. Тем не менее, при огромном успехе неорганических соединений в конце 1980-х и медленном прогрессе в области развития проводящих полимеров как катодов аккумуляторов, интерес к органическим электродам снизился. Сейчас, когда неорганические материалы внедрения достигли своего предела в емкости (140-170 $\text{mA}\cdot\text{ч/г}$), начинают возрождаться исследования по органическим электродам. В дополнение к высоким теоретическим емкостям, обычно $> 400 \text{ mA}\cdot\text{ч/г}$, органические материалы обладают достоинствами, которые не достигаются в неорганических соединениях. Они являются потенциально дешевыми (без вовлечения в процесс дорогостоящих элементов) и хорошо утилизируются. Кроме того, их молекулярные структуры могут быть легко модифицированы для регулировки удельной мощности и окислительно-восстановительных потенциалов органических катодов, в то время как неорганические материалы вряд ли могут быть изменены. Также органические материалы обладают такими полезными свойствами, как легкий вес и гибкость. Такая обычная процедура для неорганических соединений внедрения, как высокотемпературный отжиг для получения фазы высокой чистоты и кристалличности, не требуется для органических соединений, следовательно, ожидается низкое содержание следов CO_2 при производстве катодного материала.

В течение долгого времени органическим электродным материалам уделялось значительно меньше внимания по сравнению с неорганическими, в основном из-за их относительно низких электрохимических характеристик и большого успеха неорганических электродных материалов во всех проводимых исследованиях. История создания Li-органических аккумуляторов прослеживается с 1969 г. [1], почти с того же времени, что и начало разработки литий-ионных аккумуляторов [2]. В прошлых десятилетиях исследования органических электродных материалов никогда не останавливались, было изучено множество различных органических структур и механизмов окислительно-восстановительных реакций и установлено, что по электрохимическим характеристикам они могут конкурировать с неорганическими материалами. В 1980-1990-х годах проводящие полимеры и органические дисульфиды интенсивно изучались в качестве электродных материалов для литиевых аккумуляторов [3], но их производительность была все еще далека от практического применения. После 2000 г. интерес постепенно перешел к нитроксильными радикальным полимерам и сопряженным карбонильным соединениям, и только после этого был достигнут значительный прогресс в этой области [4]. В настоящее время комплексные электрохимические характеристики некоторых органических катодных материалов, такие как плотность энергии, плотность мощности и стабильность зарядно-разрядного циклирования, сопоставимы или даже выше, чем для обычных неорганических катодов. Тем не менее, по сравнению с неорганическими материалами исследование органических электродов все еще находится на начальной стадии. И на настоящее момент катоды на основе сопряженных карбонильных соединений являются самыми многообещающими [5].

Прежде чем перейти к рассмотрению этого класса органических электродов, разберем критерии, по которым отбирается то или иное соединение в качестве кандидата активного электродного материала.

Основы создания органических электродных материалов

Принципы работы электрохимических ячеек

Основным требованием для катодного и анодного (неорганического или органического) активного материала аккумулятора является то, что он может обратимо электрохимически окисляться или восстанавливаться. Таким образом, помимо неорганических электродных материалов на основе переходных металлов (например, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni) [6] есть также много других элементарных веществ (например, Li, Na, Mg, C, O₂, Si, P [7], S, Sn, I₂ [8]) и электроактивных органических веществ, которые могут быть использованы в качестве электродов для аккумуляторов. Для неорганических катодов окислительно-восстановительная реакция связана с изменением

валентности переходного металла или элементарного вещества, в то время как для органических данная реакция основана на изменении состояния заряда в электроактивной органической группе или фрагменте.

В электрохимической реакции восстановления *n*-типа или реакции окисления *p*-типа катиона Li⁺ или аниона A⁻, соответственно (рис. 1), необходимо нейтрализовать отрицательный заряд N⁻ или положительный заряд P⁺. В обратном процессе окислительно-восстановительной реакции Li⁺ или A⁻ мигрирует назад от электрода к электролиту. Для многих органических соединений *n*-типа Li⁺ может быть замещен другими щелочными металлами (например, Na⁺ и K⁺) или даже H⁺, которые практически не влияют на электрохимическое поведение материала. Это в значительной степени отличает их от неорганических соединений, которые очень чувствительны к радиусу катиона.

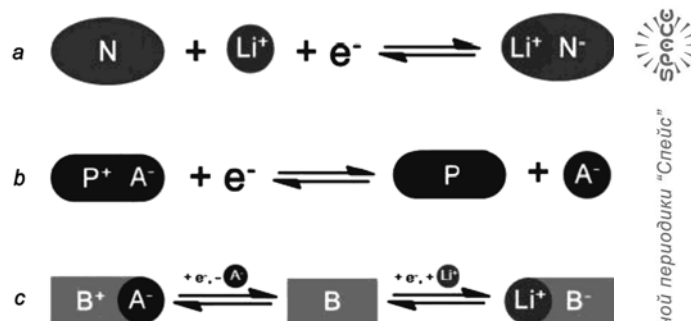


Рис. 1. Электрохимические реакции: а – *n*-тип; б – *p*-тип; с – биполярная реакция. А⁻ – анион в электролите, Li⁺ – может быть замещен другими щелочными ионами [4]

Fig. 1. The redox reaction of three types of electroactive organics: a – *n*-type; b – *p*-type; c – bipolar. A⁻ means anion of the electrolyte and Li⁺ can be replaced by other alkali ions [4]

Для органических соединений *p*-типа может использоваться много анионов, таких как ClO₄⁻, PF₆⁻, BF₄⁻ и TFSI⁻ в неводном электролите или Cl⁻ и NO₃⁻ в водном электролите.

В табл. 1 приведены основные структуры органических соединений, которые могут быть использованы в качестве электродных материалов, и механизмы их окислительно-восстановительных реакций. Из табл. 1 видно, что сопряженные углеводороды и нитроксильные радикалы имеют биполярный редокс механизм, сопряженные амины и сопряженные тиоэфиры имеют *p*-тип, а сопряженные карбонилы, тиоэфиры и органодинисульфиды – *n*-тип редокс механизма.

Исходя из многообразия перечисленных окислительно-восстановительных реакций и огромного количества органических структур, способных принимать участие в них, для выбора достойного кандидата в катодные материалы необходимо руководствоваться определенными требованиями к электрохимическим характеристикам.

Таблица 1

Структуры и редокс механизмы органических электродов

Table 1

The structures and redox mechanisms of various types of organic electrode materials

Структура	Редокс механизм	Примеры	Ссылки
Сопряженные углеводороды	$\begin{aligned} & \left(\text{R} \right)_n^{x+} \longleftrightarrow \left(\text{R} \right)_n \longleftrightarrow \\ & \longleftrightarrow \left(\text{R} \right)_n^{y-} \\ & \text{биполярная молекула} \end{aligned}$	PAc PPP	[9-11]
Сопряженные амины	$\begin{aligned} & \text{R}^+ \text{N}^{\bullet} \text{R} \longleftrightarrow \text{R} \text{N}^{\bullet} \text{R} \\ & p\text{-тип} \end{aligned}$	PAn PPy	[12-15]
Сопряженные тиоэфиры	$\begin{aligned} & \text{R}^+ \text{S}^{\bullet} \text{R} \longleftrightarrow \text{R} \text{S}^{\bullet} \text{R} \\ & p\text{-тип} \end{aligned}$	PTh TA	[16-18]
Органические дисульфиды	$\begin{aligned} & \text{R-S-S-R} \longleftrightarrow \\ & \longleftrightarrow \text{R-S}^{\bullet} + \text{S}^{\bullet} \text{R} \\ & n\text{-тип} \end{aligned}$	PDMcT PDTTA	[19, 20]
Тиоэфиры (4e ⁻)	$\begin{aligned} & \text{R-SO}_2\text{R} \longleftrightarrow \text{R-SO}^{\bullet}\text{R} \longleftrightarrow \\ & \longleftrightarrow \text{R-S}^{\bullet}\text{R} \\ & n\text{-тип} \end{aligned}$	PEDOT PTBDT	[21, 22]
Нитрокислые радикалы	$\begin{aligned} & \text{R}^+ \text{N}^{\bullet} \text{O} \longleftrightarrow \text{R} \text{N}^{\bullet} \text{O} \longleftrightarrow \\ & \longleftrightarrow \text{R} \text{N}^{\bullet} \text{O}^- \\ & \text{биполярная молекула} \end{aligned}$		[23-25]
Сопряженные карбонилы	$\begin{aligned} & \text{R-CO-R} \longleftrightarrow \text{R-C}^{\bullet}\text{O}^- \text{R} \\ & n\text{-тип} \end{aligned}$	AQ NTCDA	[26, 27]

Требования к электрохимическим характеристикам органических катодов

Обратимость реакции (как химическая, так и термодинамическая) является важным фактором, определяющим электрохимическую поляризацию и скоростную способность работы электродного материала. Данные механизмы реакций, приведенные в табл. 1, показывают не только разные механизмы

электрохимических реакций, но и имеют огромные различия в кинетике реакции. Например, органические дисульфиды и тиоэфиры всегда показывают очень низкие кинетические скорости реакции, потому что разрыв/формирование S-S или S=O связи требует высокой энергии активации. Напротив, все другие окислительно-восстановительные реакции показывают быструю кинетику. Более того, нитрокислые радикалы имеют очень высокие константы ско-

рости реакции и всегда приводят к отличной эффективности работы аккумулятора с высокой скоростью заряда-разряда.

Окислительно-восстановительный потенциал определяется в основном электроактивной органической группой или фрагментом. Различные структуры в табл. 1 показывают огромную разницу в плато заряда-разряда или среднем напряжении заряда-разряда.

На рис. 2 приведено сравнение окислительно-восстановительных потенциалов некоторых типичных органических электродных материалов. Из рис. 2 видно, что органические вещества предпочтительно применяются в качестве катода, а не анода, потому что окислительно-восстановительные потенциалы органических соединений, как правило, находятся между 2,0 и 4,0 В относительно Li^+/Li , что значительно ниже, чем у неорганических интеркаляционных катодов, и это является их минусом. Но существуют и органические аноды – это литиевые органические соли, чей потенциал лежит в пределах от 0,5 до 0,75 В.

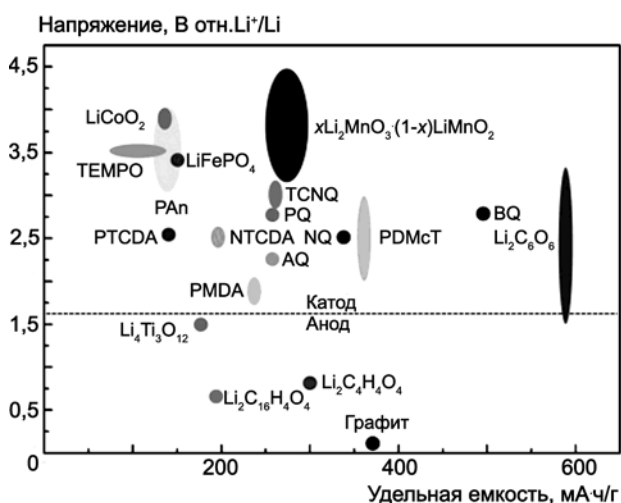


Рис. 2. Редокс потенциалы и удельная емкость типичных неорганических и органических электродных материалов для литиевых аккумуляторов. Структуру каждого органического вещества можно найти в табл. 1-3, 5 [4]

Fig. 2. The redox voltage and specific capacity of typical inorganic and organic electrode materials for rechargeable lithium batteries. The structure of each organic can be found in Table 1-3, 5 [4]

Как правило, органические соединения *p*-типа имеют более высокие окислительно-восстановительные потенциалы, чем органические соединения *n*-типа. Например, нитроксильный радикал TEMPO (используется только пара $\text{TEMPO}^+/\text{TEMPO}$) и проводящий полимер PAN (полианилин) всегда показывают среднее напряжение заряда-разряда около 3,5 В, в то время как органодисульфид PDMcT и карбонильные соединения с наибольшим сопряжением с ароматическим кольцом, включая хиноны (например, BQ, NQ и AQ, см. табл. 2) и диангидриды (например,

PMDA, NTCD и PTCDA, см. табл. 2), показывают окислительно-восстановительные потенциалы ниже 3,0 В. Кроме функциональной группы или фрагмента, соседние электроноакцепторные группы (например, $-\text{Cl}$, $-\text{F}$, $-\text{CN}$ и $-\text{NO}_2$) или электронодонорные группы (например, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$ и $-\text{OCH}_3$) также могут повысить или понизить окислительно-восстановительный потенциал, соответственно, который может быть предсказан теоретическим химическим расчетом [28, 29].

Теоретическая емкость. Теоретическую удельную ($C_{\text{теор}}$) емкость органического материала можно рассчитать по формуле $C_{\text{теор}} = n(\text{Li}^+)F/3,6M$, где M – молекулярная масса; F – число Фарадея; n – количество ионов Li^+ , участвующих в редокс процессе.

Согласно этой формуле, существует два способа улучшения теоретической емкости:

- осуществление многоэлектронных реакций;
- снижение молекулярной массы структурной единицы.

Наиболее эффективный подход заключается в упрощении конструкции, сокращении излишних групп или фрагментов, не участвующих в реакции.

Растворимость. Одной из основных проблем органических катодных материалов является растворение активного вещества в органическом электролите, что значительно влияет на его устойчивость при зарядно-разрядном циклировании. Как правило, небольшие органические молекулы не могут избежать растворения в жидком электролите. В отличие от них полимеры малорастворимы в электролитах и поэтому более устойчивы при циклировании. Но существуют и другие способы решения этой проблемы, которые будут описаны ниже.

Синтез и стоимость. Для практической реализации того или иного материала важна его себестоимость. Гораздо легче разработать органический материал электрода, чем его получить. Более того, некоторые органические соединения с оптимальной структурой очень трудно или даже невозможно синтезировать. В результате возникает компромисс между оптимизацией структуры и необходимостью упрощения синтеза и, как следствие, уменьшение его стоимости.

Безопасность. Для обычных катодов на основе оксидов переходных металлов одна из проблем, оставшаяся нерешенной, – это их безопасность. Основной причиной этого является образование оксидов металлов с высокой валентностью во время перезаряда, который иногда сопровождается выделением кислорода и может пройти бурная экзотермическая реакция с электролитом, приводящая к возгоранию и даже взрыву [30, 31]. Для органических материалов, используемых в качестве электродов, этой проблемы не существует, так как ни один сильный окислитель не образуется во время процесса заряда-разряда. Это преимущество делает их более конкурентоспособными в практических приложениях.

Хотя сами органические катодные материалы являются безопасными, для большинства органических электродных материалов, особенно *n*-типа, Li или его сплавы должны применяться в качестве анодного материала и источника лития, который возвращает нас к проблеме безопасности при его практическом использовании [2].

Мы рассмотрели главные критерии, по которым необходимо оценивать тот или иной органический материал. Исходя из них, на настоящее время только ароматические соединения с карбонильными группами (в дальнейшем мы будем называть их «сопряженными карбонильными соединениями») обладают самой выгодной комбинацией указанных характеристик. Именно этим соединениям и будет посвящен дальнейший обзор.

Сопряженные карбонильные соединения

Данный класс органических соединений стали исследовать в качестве органических катодов одним из первых с 1969 г. [1] из-за их способности к обратной реакции енолизации. Енолизация является важной реакцией карбонильной двойной связи, которая может быть стабилизирована путем сопряжения. Ионы Li^+ могут обратимо образовывать связь с атомами кислорода и разрывать ее, что приводит к восстановлению или окислению карбонильной группы. Это как раз и свидетельствует о возможности использования их в качестве органического катода [3] в литиевых аккумуляторах.

На рис. 3 на примере соединений AQ и NTCDА представлены типичные окислительно-восстановительные реакции хинона (рис. 3, а) и диангидрида (рис. 3, б), двух самых известных видов органических структур среди сопряженных карбонильных соединений.

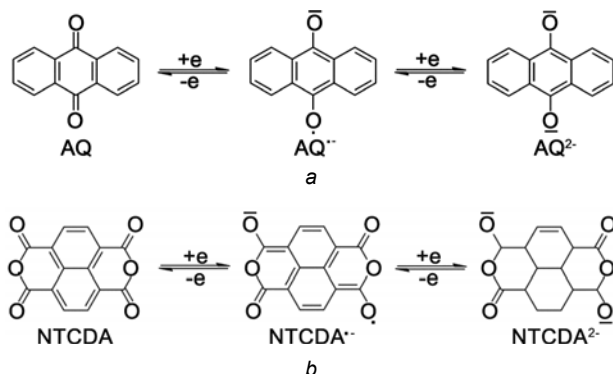


Рис. 3. Схема типичного электрохимического редокс механизма: а – хинона; б – диангидрида
Fig. 3. Scheme of the typical electrochemical redox mechanism: а – quinone; б – dianhydride

Для разбавленного раствора AQ характерен двухступенчатый обратимый окислительно-восстановительный механизм электрохимической реакции с участием анион-радикала ($\text{AQ}^{\bullet-}$) в качестве переходного состояния (рис. 4, а) [32]. Тем не менее, если

его использовать в качестве электродного материала аккумулятора, то наблюдается только одно зарядно-разрядное плато (рис. 4, б). Это может происходить из-за того, что анион-радикал $\text{AQ}^{\bullet-}$ в составе катодного материала, содержащего проводящий углерод в качестве добавки, более неустойчив, чем в растворе. Поэтому второй этап восстановления ($\text{AQ}^{\bullet-}/\text{AQ}^{2-}$) происходит очень быстро, и разрыв напряжения между двумя этими этапами слишком мал, чтобы он проявился на плато. Это явление было обнаружено и во многих других сопряженных карбонильных соединениях с двухэлектронной реакцией.

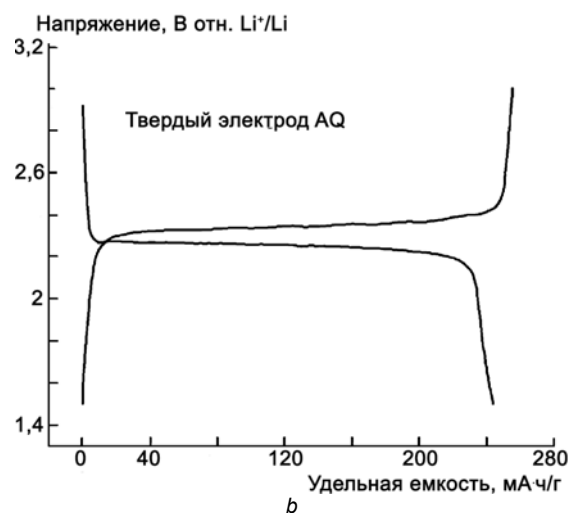
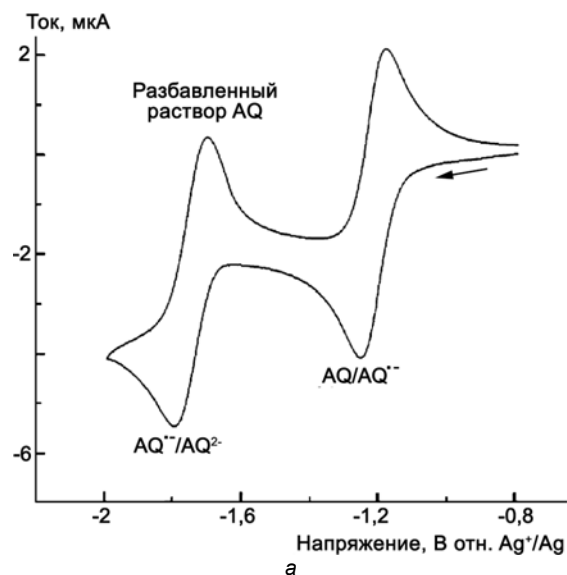


Рис. 4. а – циклическая вольтамперограмма 0,02 М AQ в электролите 0,1 М TBAP/ CH_3CN при скорости сканирования 100 мВ/с [32]; б – заряд-разрядная кривая AQ электрода (AQ:C:PTFE = 6:3:1) в электролите 1 М LiTFSI/DOL+DME при скорости циклирования 0,2С, где PTFE – политетрафторэтилен, DOL – диоксолан, DME – диметоксиэтан

Fig. 4. а – cyclic voltammogram of 0.02 M AQ in 0.1 M TBAP/ CH_3CN electrolyte at a scan rate of 100 mV/s [32]; б – charge-discharge curve of AQ electrode (AQ:C:PTFE = 6:3:1) in 1 M LiTFSI/DOL + DME electrolyte at a current rate of 0.2C, where PTFE – polytetrafluoroethylene, DOL – dioxolane, DME – dimethoxyethane

У диангидрида NTCDА (рис. 3, *b*), хотя и имеются четыре карбонильные группы, маловероятно, чтобы все они участвовали в реакции. Чтобы получить высокую обратимость и стабильность циклирования, для работы аккумулятора обычно используют только двухэлектронную реакцию. Хотя снижение напряжения может еще восстановить NTCDА и при этом получится более высокая разрядная емкость, но структура соединения может быть разрушена из-за серьезного взаимодействия отталкивающихся зарядов, как это происходит в проводящих полимерах при высоком зарядном напряжении. Взаимодействие отталкивающихся зарядов значительно ограничивает практический потенциал электродных материалов с высокой плотностью карбонильных групп, имеющих возможность проведения многоэлектронных реакций.

В приведенном выше обсуждении мы коротко представили общее электрохимическое поведение сопряженных карбонильных соединений. В послед-

ние десятилетия было исследовано большое количество таких материалов в качестве электродов. Для понимания их особенностей их можно разделить на три типа: небольшие органические молекулы, органические полимеры и органические соли.

Катоды на основе малых органических молекул

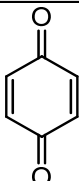
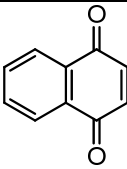
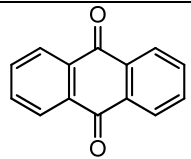
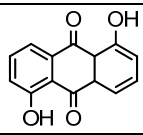
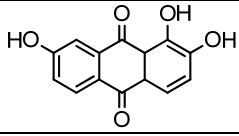
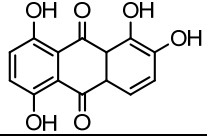
В 1969 г. был представлен литиевый аккумулятор, где в качестве катода использовалась дихлоризоциануровая кислота [1]. С тех пор многие ученые пытались использовать небольшие органические молекулы в качестве катодов до сборки аккумуляторов с водными или неводными электролитами. В табл. 2 перечислены типичные структуры малых органических молекул и их электрохимические характеристики. Хотя многие из них могут достичь высокой разрядной емкости и высокой плотности энергии, все они страдают от проблемы растворения и не дают приемлемой зарядно-разрядной циклируемости.

Таблица 2

Катодные материалы на основе органических соединений
и их электрохимические характеристики

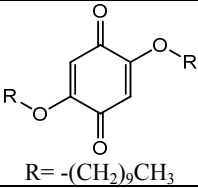
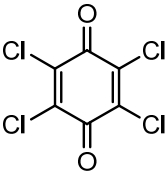
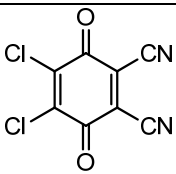
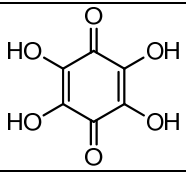
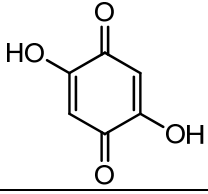
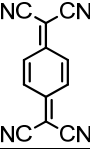
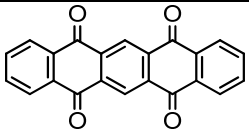
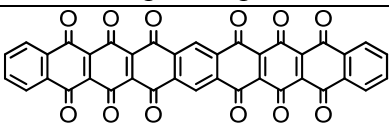
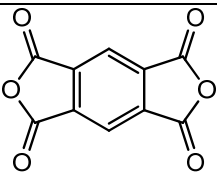
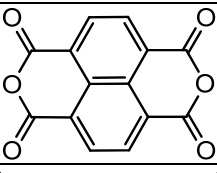
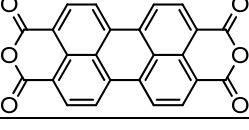
Table 2

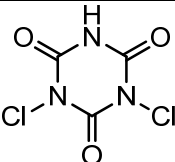
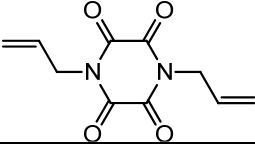
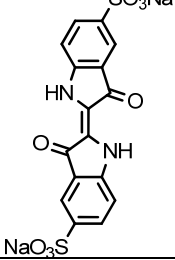
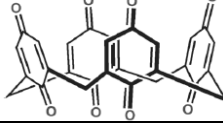
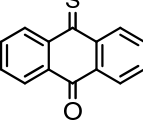
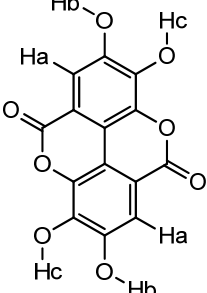
Cathode materials based on organic compounds and their electrochemical characteristics

№	Название	Структура	E_{Redox} , В	$C_{\text{теор}}$, мА·ч/г	$C_{\text{практ}}$, мА·ч/г	Ссылка
1	1,4-бензохинон, BQ		2,0-4,0	496	490	[33]
2	Нафтахинон, NQ			339		
3	Антрахинон, AQ		2,0-2,6 (1,8-2,9)	257	251 (220)	[32, 34, 35]
4	1,5-дигидроксиантрахинон, DHAQ		1,7-2,7	223	167	[36]
5	1,2,7-тригидроксиантрахинон, THAQ		1,7-4,2	209	147	[36]
6	1,2,5,8-тетрагидроксиантрахинон, THAQ		1,5-3,8	197	143	[36]

7*	1,2,4-тригидроксиантрахинон, (пурпурин)		1,8-3,4	209	200	[37]
8	Бензо[5,6-b]фуран-4,8-дион, BFFD		2,3-2,9	285	240	[38]
9	Бензо[1,2b:4,5b']дитиофен-4,8-дион, BDTD		2,4-2,7	244	220	[38]
10	Пиридо[3,4-g]изохинолин-5,10-дион, PID		2,0-2,9	255	210	[38]
11	Фенантрахинон, PQ			257	320	[39]
12	Пирен-4,5,9,10-тетраон, PYT			409.2	315	[40]
13	2,7-бис(литийоксикарбонил)-пирен- 4,5,9,10-тетраон, LCPYT			296	217	[40]
14	2,7-бис(метоксикарбонил)пирен- 4,5,9,10-тетраон, MCPT			283	242	[40]
15	2,5-диметокси-1,4-бензохинон, DMBQ		2,0-3,4	319	15	[41, 42]
16	2,5-диэтокси-1,4-бензохинон, DEBQ		2,0-3,4	273	250	[41]
17	2,5-дипропокси-1,4-бензохинон, DPBQ		2,0-3,4	239	232	[41]

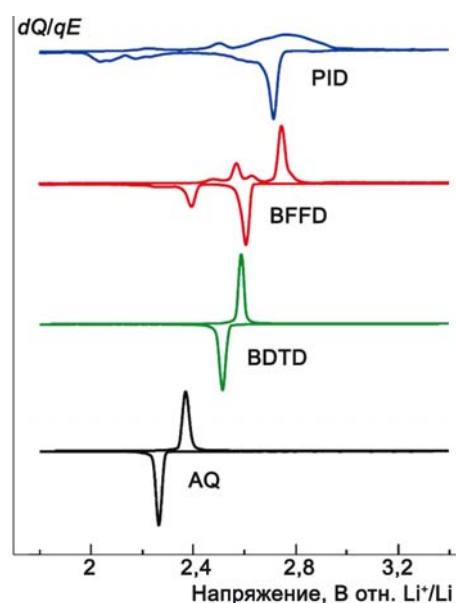


18	2,5-ди-п-децилокси-1,4-бензохинон, DDBQ		2,2-2,9	192	125	[43]
19	2,3,5,6-тетрахлор-1,4-бензохинон (хлоранил)		2,06-4,06	218	114	[44, 45]
20	2,3-дихлор-5,6-дициано-1,4-бензохинон, DDQ		3,0-3,6	236	160	[46]
21	Тетрагидроксибензохинон, THBQ		1,6-3,0	311	275	[46]
22	Дигидроксибензохинон, DHBQ		1,8-3,2	382	320	[46]
23	Тетрацианохинондиметан, TCNQ			263 (2 e ⁻)	215	[39, 47]
24	5,7,12,14-пентаценететрон, PT			317	310	[48]
25	Нонилбензогексахинон, NBHQ		2,6-3,6	488	125	[49, 50]
26	Пиромеллитовый ангидрид, PMDA		1,3-2,5	246		[51]
27	1,4,5,8-нафталентетракарбоксильный диангидрид, NTCDA			200	215	[26, 52]
28	3,4,9,10-перилентетракарбоксильный диангидрид, PTCDA			137	130	[26]

29	Дихлоризоциануровая кислота, DCA			406		[1]
30	N,N'-диаллил-2,3,5,6-тетракетопиперазин, AP			240	160	[53]
31	5,5'-индигодисульфоновой кислоты натриевая соль (индиго карминовый)			115	120	[54]
32	Каликс[4]-хинон, C4Q		2,4-3,2	446	422	[55]
33	Монотиоантрахинон, MTAQ		2,1-3,6	239	222	[56]
34	Эллаговая кислота		0,5-3,5	530	400	[57]

Как видно из табл. 2, ряд соединений на основе карбонильных гетероароматических структур, таких как фуран (BFFD), тиофен (BDTD) и пиридин (PID), показал явное превосходство над бензольным аналогом (антрахинон, AQ [46]), открывая еще не известную, универсальную стратегию для разработки органических электродных материалов с многэлектронными реакциями. Из рис. 5 видно, что рабочий потенциал ячеек сдвигается в область более высоких потенциалов в ряду антрахинон → фуран → тиофен → пиридин.

Рис. 5. Кривые дифференциальной емкости, полученные из зарядно-разрядных кривых ячеек при скорости 0,1С
Fig. 5. Differential capacity curves derived from the discharge-charge curves at 0.1C



На рис. 6 показана скоростная способность ячеек с разными карбонильными гетероароматическими структурами. Из рис. 6 видно, что при возрастании скорости разряда выше 0,5С емкость тиюфена BDTD и антрахинона AQ значительно снижается. Напротив, емкость пиридина PID остается относительно устойчивой до 5С. Примечательно, что 85% емкости, наблюдаемой для фурана BFFD на 0,1С, может быть разряжена при высокой скорости 10С.

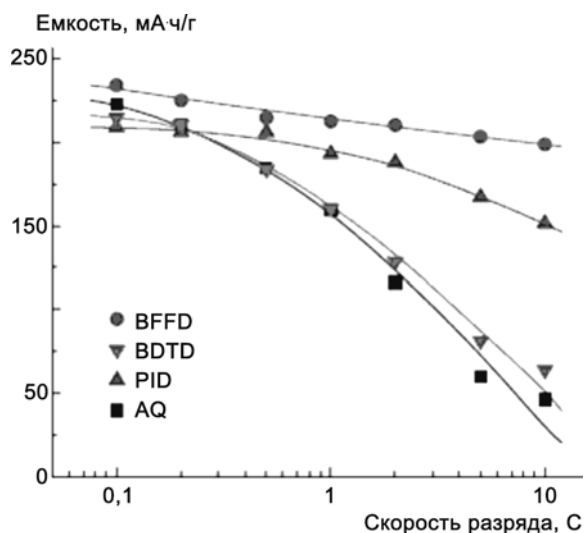


Рис. 6. Скоростная работоспособность ячеек на основе карбонильных соединений, разряженных при 0,1–10С. Состав катода: активный материал:сажа:PVDF, 3:6:1 (по массе)

Fig. 6. Rate performance of the cells based on the four carbonyl compounds discharged at 0.1–10C. Cathode composition: active material:carbon black:PVDF, 3:6:1 (wt.)

Высокая скоростная способность фурана BFFD привела авторов [38] к дальнейшему исследованию возможности применения этого материала при высоких скоростях.

На рис. 7 приведено сравнение скоростной способности электродов без связующего, содержащих 30 и 60 масс.% активного вещества BFFD.

Из рис. 7 видно, что данная зависимость для обоих электродов имеет сходный характер, несмотря на снижение емкости для катодов с 60 масс.% BFFD. Таким образом, исключение связующего PVDF (поливинилидендифторид) в электроде значительно снижает поляризацию при высоких скоростях. При замене PVDF на Al_2O_3 для электродов, содержащих 30 масс.% фурана BFFD, разность потенциалов между зарядом и разрядом при 10С снижается с 1,61 В до 0,66 В. Улучшенная работоспособность может быть связана с отсутствием изолирующих покрытий, образованных PVDF, высаженного из раствора в N-метилпирролидоне при изготовлении электрода. Даже при заряде-разряде при 100С (что соответствует плотности тока $\sim 13,7 \text{ mA/cm}^2$) получена полностью обратимая емкость 181 мА·ч/г (70% от емкости, полученной при 0,1С) и плотность мощности 29,8 кВт/кг. По-

следнее значение почти на порядок выше, чем для катода с PVDF. Интересно, что такие высокие скорости (72 секунды на полный цикл) позволяют проводить циклические испытания до того, как произойдет значительное растворение активного материала (контролировалось относительно медленного механизма диффузии). В отсутствие связующего 30%-BFFD электрод сохраняет 72% своей первоначальной емкости после заряда-разряда при 100С в течение 50 циклов (вставка на рис. 7).

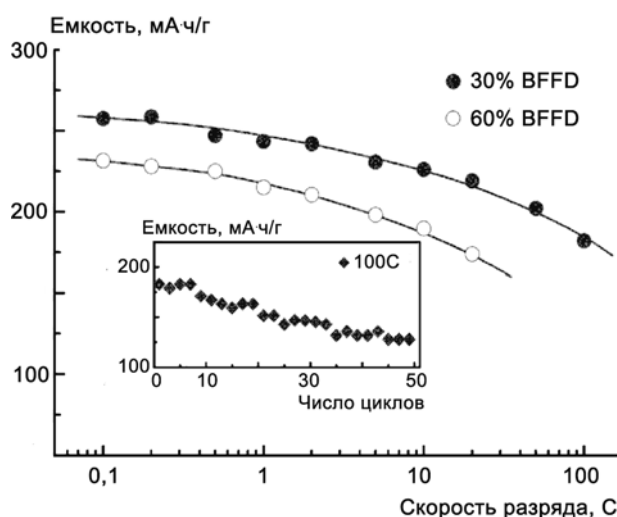


Рис. 7. Сравнение скоростной способности электродов без связующего, содержащих 30 масс.% и 60 масс.% активного вещества BFFD. Составы катодов BFFD: сажа: Al_2O_3 (30–50 нм в диаметре), 3:6:1 и BFFD:сажа: Al_2O_3 , 6:3:1 соответственно. На вставке представлено сохранение емкости 30%-BFFD электрода при заряде-разряде при 100С

Fig. 7. Comparison of the rate capability of binder-free electrodes containing 30 wt% and 60 wt% of the active material BFFD. Cathode compositions BFFD:carbon black: Al_2O_3 (30–50 nm in diameter), 3:6:1 and BFFD:carbon black: Al_2O_3 , 6:3:1, respectively). Inset shows the capacity retention of the 30%-BFFD electrode charged/discharged at 100C

Для того чтобы решить проблему растворения малых молекул, исследователи использовали несколько подходов. С одной стороны, увеличение содержания проводящего углерода [35] или включение мезопористого углерода [34] может усилить иммобилизацию и предотвратить растворение активного вещества. С другой стороны, использование твердого электролита (например LISICON) [33] или полимерного электролита (например LiTFSI/ПЭО) [46] может полностью предотвратить растворение. Тем не менее, до сих пор не было сообщений об удовлетворительном результате этих методов. Способ иммобилизации не может существенно избежать растворения и, вероятно, может снизить емкость всего электрода. Твердый электролит или полимерный электролит приведет к низкой ионной проводимости при температуре окружающей среды и к большому Фарадеевскому сопротивлению на границе электрод/электролит. Хотя с использованием жидкого [33] или ква-

зтитвердого [46] электрода можно уменьшить Фарадеевское сопротивление, это в значительной степени снизит плотность энергии всего аккумулятора. Недавно было показано [58], что растворимость малых органических молекул зависит и от состава жидкого органического электролита. Авторы [58] установили, что органические катоды на основе антрахинона растворяются в карбонатных растворителях, в то время как к эфирным (диоксолан, диметоксиэтан) они более устойчивы.

Катоды на основе органических полимеров

В 1986 г. Дж. С. Фус и др. получили полимерный хинон (PQ) из электрохимически синтезированного поли-(L)-4-диметоксибензола и испытали его электрохимические характеристики в качестве катода

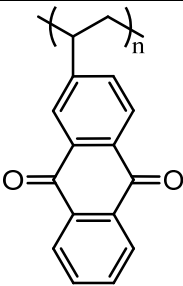
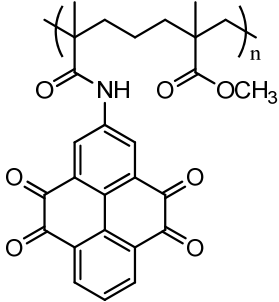
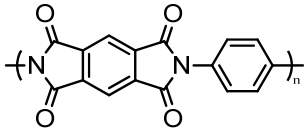
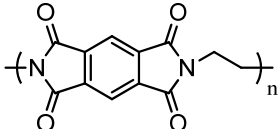
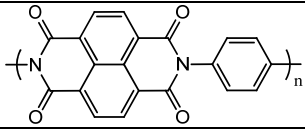
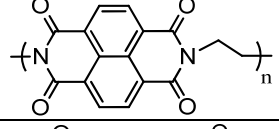
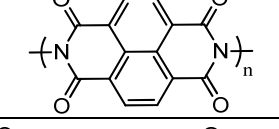
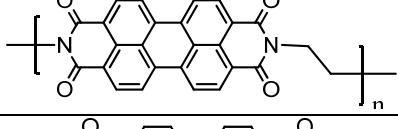
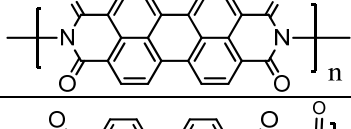
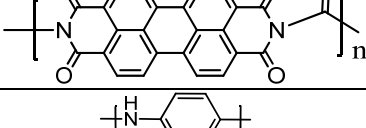
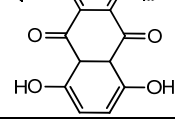
литиевого аккумулятора [58]. PQ похож на совершенную структуру для полимерного катода на основе сопряженного карбонильного органического соединения из-за его относительно высокого потенциала разряда (2,5-3,0 В относительно Li^+/Li), высокой теоретической емкости (505 $\text{mA}\cdot\text{ч/г}$), а также его нерастворимости. К сожалению, на практике емкость была только около одной четверти от теоретической величины, а эффективность заряд-разрядного циклирования была очень низкой из-за несовершенства синтеза и неоптимизированности условий испытаний в 1980-е годы.

После 1999 г. исследователи синтезировали и испытали много других полимерных электродных материалов на основе хинона и диангидрида [27, 59-64] (табл. 3).

Таблица 3

Катодные материалы на основе органических полимеров и их электрохимические характеристики
Table 3
Cathode materials based on organic polymers and their electrochemical characteristics

№	Название	Структура	E_{Redox} , В	$C_{\text{теор}}$, $\text{mA}\cdot\text{ч/г}$	$C_{\text{практ}}$, $\text{mA}\cdot\text{ч/г}$	Ссылка
1	Полимерный хинон, PQ		3,8-4,2	505	140	[59]
2	Поли(5-амино-1,4-нафтохинон), PANQ		2,0-3,0	313	250	[60]
3	Поли(2,5-дигидрокси-1,4-бензохинон-3,6-метилен), PDBM		1,7-3,5	352	150	[61]
4	поли(2,5-дигидрокси-1,4-бензохинонил-сульфид), PDBS		1,5-2,8	315	230	[67]
5	Полиантрахинонилсульфид, P15AQS		1,8-2,6	225	198	[55, 62]
6	Полиантрахинонилсульфид, P18AQS		1,9-2,5	225	135	[55]

7	Поли(2-винилантрахинон), PVAQ		2,2-2,6	229	217	[63]
8	Полимерсвязанный пирен-4,5,9,10-тетраон, PPYT		1,8-3,2	262	231	[64]
9	Полиимид, PI-1		1,7-2,5	369	181	[65]
10	Полиимид, PI-2		1,7-2,6	443	237	[65]
11	Полиимид, PI-3		2,1-2,8	315	170	[65]
12	Полиимид, PI-4		2,1-2,8	367	188	[65]
13	Полиимид, PI-5		2,2-2,8	203 (2 e ⁻)	222	[65, 66]
14	Этилендиаминполиимид, EDP		1,7-3,1	320	85	[68]
15	Гидразинполиимид, HP		1,8-3,3	343	130	[68]
16	Карбонилдиаминполиимид (мочевина), UP		1,8-3,1	320	165	[68]
17	Поли(5-амино-1,4-дигидроксиантрахинон), PADAQ		1,75-3,5	212	143	[69]

В последние годы многие полимеры (PAQS [62], PVAQ [63], РРУТ [64] и PI-5 [65, 66]) показали лучшие электрохимические характеристики по сравнению с предыдущими результатами, в том числе большую емкость, близкую к теоретическому значению, высокую стабильность при зарядно-разрядном циклировании, высокую кулоновскую эффективность, а также высокую воспроизводимость результатов. Например, РРУТ может сохранять 83% своей первоначальной емкости после 500 циклов, или 90% своей емкости при 30С по сравнению с 1С (рис. 8) [61].

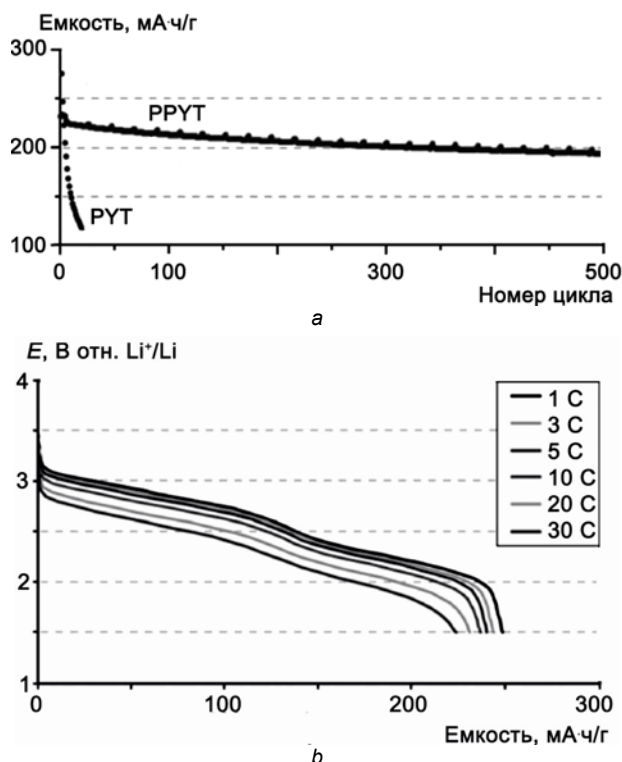


Рис. 8. (а) Эффективность заряд-разрядного циклирования и (б) скоростная работоспособность РРУТ. Катод (РРУТ или РРУТ:сажа:PVDF (3:8:2)) тестировался в электролите LiTFSI/тетраглим при 45 °С. Для (а) РРУТ тестировался при 0,2С, тогда как РРУТ – при 1С [64]

Fig. 8. (a) Cycling performance and (b) rate capability of PPYT. Cathode (PPYT or PPYT:carbon black:PVDF (3: 8: 2)) was tested in the electrolyte LiTFSI/tetraglyme at 45 °C. For (a) PPYT tested at 0.2C, while PPYT – at 1C [64]

По сравнению с мономером полимер практически нерастворим в жидком электролите. Поэтому лучшим способом решить проблему растворения полимера во время электрохимической реакции – создать электродный материал со стабильным и неактивным скелетом, а также высокоэлектроактивной органической группой или фрагментом. Тем не менее, этот способ также обладает рядом недостатков, в том числе пониженной теоретической емкостью, увеличенной электрохимической поляризацией и медленным ион-электронным переносом на электроде. Например, по сравнению с AQ полимер PAQS может достичь значительно лучшей стабильности при циклировании с не-

которым уменьшением первоначальной емкости (рис. 9). Кривая заряда-разряда становится при этом более наклонной с несколько уменьшенной средней величиной потенциала разряда. Это, вероятно, связано с отталкиванием заряда из-за взаимодействия структурных единиц в полимерной цепи AQ в дополнение к электронной изоляции полимера. Иногда существует стадия возрастания емкости полимерного электрода, которая определяется как «процесс активации». Это явление приписывается недостаточному контакту между полимером и электролитом, который будет постепенно улучшаться в процессе заряда-разряда.

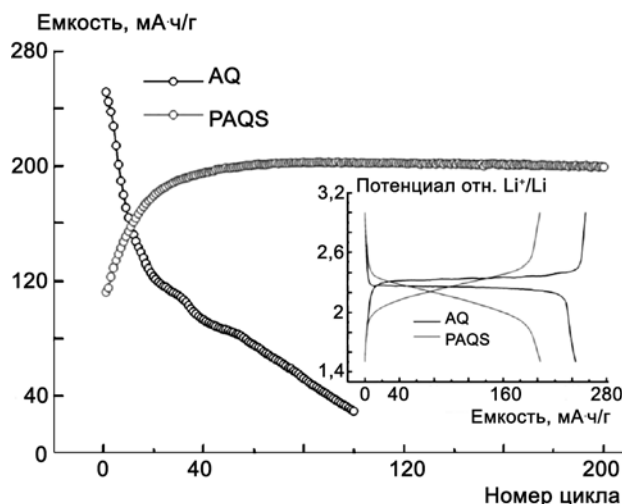


Рис. 9. Сравнение электрохимической работоспособности AQ и PAQS в качестве катодного материала для литиевых аккумуляторов. Катод (AQ или PAQS:С:PTFE (6:3:1)) тестировался в электролите 1 М LiTFSI/DOL + DME при скорости тока 0,2С

Fig. 9. Comparison between the electrochemical performance of AQ and PAQS as cathode materials for rechargeable lithium batteries. The cathode (AQ or PAQS:C:PTFE = 6:3:1) is tested in 1 M LiTFSI/DOL + DME electrolyte at a current rate of 0.2C

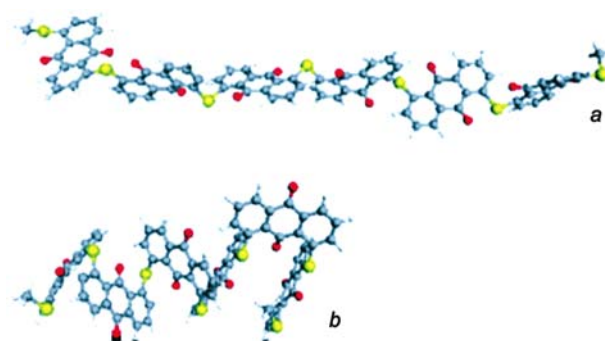


Рис. 10. Химические структуры (а) P15AQS и (б) P18AQS, построенные путем квантово-химического моделирования

Конструируя полимерный катодный материал, следует учитывать его конфигурацию. Рассмотрим две одинаковые молекулярные структуры P15AQS и P18AQS (табл. 3), имеющие различную геометрию. На рис. 10 изображены рассчитанные химические

структуры данных соединений с шестью повторяющимися антрахиноновыми кольцами. Из рис. 10 видно, что структуры имеют различную геометрию, которая, по-видимому, должна сказаться и на электрохимических характеристиках этих полимеров.

На рис. 11 приведены заряд-разрядные профили при скорости $C/10$ ($1C = 225 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$) P15AQS и P18AQS. Из рис. 11 видно, что емкость P15AQS равна $250 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$ при первом процессе интеркаляции Li (т.е. кривая разряда), что немного превышает его теоретическую удельную емкость ($225 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$), а P18AQS имеет только $90 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$ при первом процессе интеркаляции Li, что намного меньше его теоретической емкости (также $225 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$). Напряжение поляризации для P18AQS в течение первого процесса деинтеркаляции Li (т.е. кривая заряда) на $\sim 0,4 \text{ В}$ выше, чем у P15AQS. Это указывает на то, что P18AQS имеет более низкую проводимость, чем P15AQS. Низкая проводимость также способствует низкой емкости P18AQS на начальных циклах. На двадцатом цикле напряжение поляризации для P18AQS при деинтеркаляции Li значительно снижается.

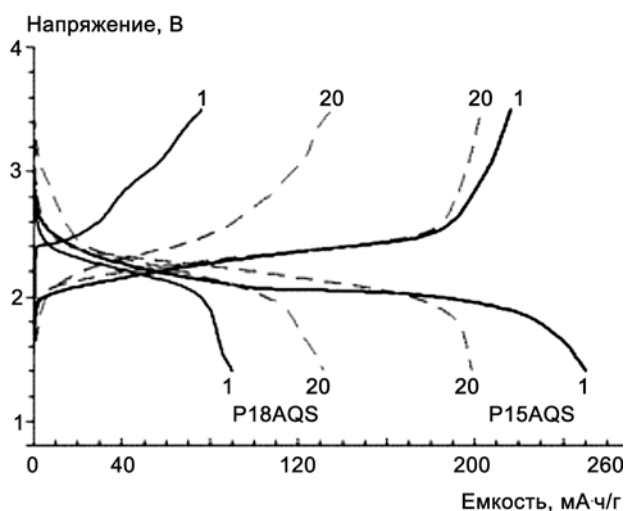


Рис. 11. Сравнение зарядно-разрядных профилей при скорости $C/10$ ($1C = 225 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$), где PVDF связующее, электролит $1,0 \text{ M LiTFSI}$ в DOL/DME (1:1 по массе)

Fig. 11. Comparison of the charge/discharge profiles at $C/10$ rate ($1C = 225 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$), where the binder was PVDF and the electrolyte was 1.0 M LiTFSI in DOL/DME (1:1 by wt.)

Таким образом, установлено, что электрохимическая работоспособность органических катодных материалов на основе антрахинона значительно зависит от положения замещения. Материалы с меньшим стерическим препятствием в позиции замещения показывают более высокую емкость и длительный срок службы.

В наших работах [71, 72] работоспособность полиимидного катода PI-5 (табл. 3) была протестирована при различных скоростях тока: $C/10$, $C/2$ и $2C$ (рис. 12). В данном случае за C была принята теоретическая емкость $405,8 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$.

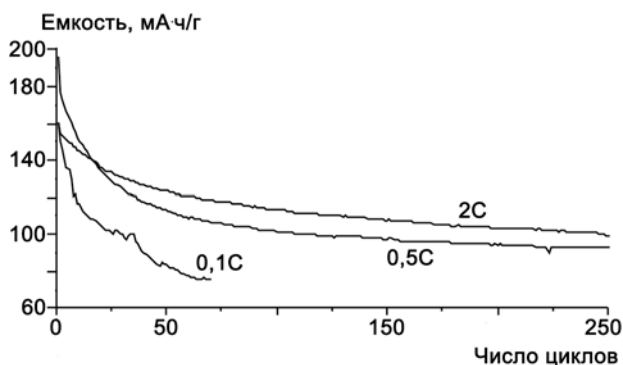


Рис. 12. Эффективность зарядно-разрядного циклирования полиимидного катода при различных скоростях
Fig. 12. Cycling performance of polyimide cathode at different current rate

Из рис. 12 видно, что при скорости $0,1C$ достигается емкость $160 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$, но в дальнейшем она быстро падает и к 70 циклу составляет 50% от первоначальной (здесь и далее без учета цикла № 1). При скорости $0,5C$ на первом цикле было достигнуто рекордное значение $\sim 200 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$. Дегградация ячейки в этом случае идет с меньшей степенью, и к 250 циклу емкость достигает 53% от первоначальной. Лучше всего себя показала ячейка со скоростью циклирования $2C$: при первоначальной емкости $160 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$ ее падение к 250 циклу составило 36%, а к 670 циклу – 42% за весь период испытаний. Похожие результаты, только на 100 циклах, были получены авторами работы [65], т.е. чем выше скорость заряда-разряда, тем устойчивее работает аккумулятор.

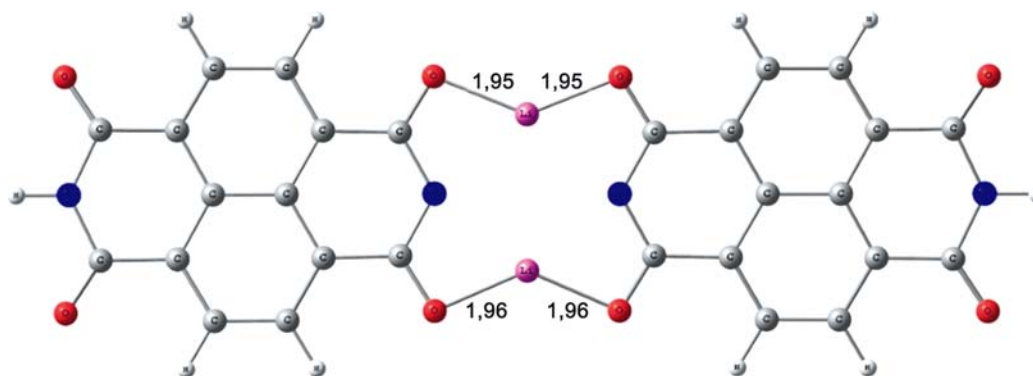


Рис. 13. Структура полиимида, допированная двумя ионами Li^+
Fig. 13. Structure of polyimide doped by two Li^+ ions

Данный факт можно объяснить следующими обстоятельствами. При допировании первым ионом лития согласно квантово-химическим расчетам в молекуле полиимида уже происходит разрыв N-N связи (рис. 13). В образующемся радикале примерно половина спиновой плотности сосредоточена на атомах N бывшей N-N связи. Так как система значительно стабилизируется при присоединении второго иона Li^+ , то имеет значение соотношение времени существования системы в нестабильном состоянии со временем побочной реакции. Поэтому с увеличением скорости восстановления полиимидного кольца возникает парадоксальное увеличение эффективности работы электрохимической системы.

Другой важной проблемой работы органических катодов является низкая электронная проводимость, потому что большинство полимеров являются изоляторами. Для того чтобы полностью использовать активный материал в процессе изготовления электрода, как правило, добавляют большое количество проводящего углерода (например, 30-60%). Чтобы решить эту проблему, можно сконструировать органическую молекулу с сопряженными связями, имеющую высокую электронную проводимость.

Электронная проводимость [72] является важным фактором, определяющим эффективность работы катодного материала литиевых аккумуляторов, который влияет не только на сопротивление самого электрода, но и на перенос электронов внутри активного материала. Повышения электронной проводимости катодного материала можно добиться двумя путями: увеличением электронной проводимости самого активного материала или путем введения электрон-проводящей добавки на основе углеродного наноматериала. Сначала рассмотрим первый путь.

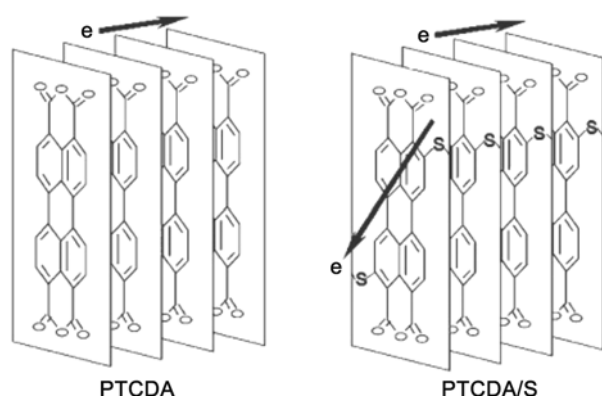


Рис. 14. Перенос электронов по связи тиоэфира в PTCSA/S
Fig. 14. Electron transfer along the thioether bond in PTCSA/S

Как сообщалось в [73], PTCSA имеет анизотропию проводящих свойств, т.е. внутренняя проводимость, по меньшей мере в шесть раз ниже, чем в перпендикулярном направлении, что указывает на

то, что перенос электронов между кристаллами PTCSA (рис. 14) может быть реализован только с помощью π - π укладки между слоями [74].

Тем не менее, для сульфидных полимеров перенос электронов по связи тиоэфира может обеспечиваться по альтернативному пути (рис. 14), вызванному π -делокализацией электрона в перилене [75], который имеет значительно более низкий энергетический барьер, чем при π - π укладке. Это может привести к значительному улучшению внутренней проводимости и общей эффективности переноса электрона. Кроме того, это считается причиной стабильности циклирования PTCSA и полимеров, т.к. без эффективного переноса электронов окислительно-восстановительная енолизация карбонильных групп в PTCSA будет необратимой. Электронная проводимость прессованной пластины PTCSA очень низка, и сопротивление, рассчитанное по наклону кривой ток-напряжение $I-U$, составляет около $4,6 \cdot 10^9$ Ом. Полимеры обладают гораздо более высокой проводимостью, которая увеличивается с содержанием серы. Для пластины PTCSA/S (PTCSA с серой, прокаленные при $500^\circ C$) сопротивление составляет около $1,5 \cdot 10^3$ Ом, что указывает на улучшение проводимости с коэффициентом примерно $3 \cdot 10^6$ по сравнению с пластиной из PTCSA. Это показывает, что связи тиоэфира значительно улучшают электронную проводимость полимеров [76]. Таким образом, перенос электронов между электрохимическими центрами становится гораздо легче, и в результате эффект поляризации и структурной нестабильности в процессах заряда-разряда можно эффективно устранить, что приведет к превосходной стабильности при заряд-разрядном циклировании.

Еще одно преимущество структуры сульфидного полимера заключается в том, что он может эффективно предотвратить возможное растворение реагента в электролите во время заряд-разряда, что особенно важно для материалов, которые растворимы в электролите. Это наблюдалось для частично сернистых материалов NTCDA, которые были получены с помощью каталитической реакции сульфирования со значительно более высокой начальной емкостью $296 \text{ mA} \cdot \text{ч/г}$.

Приведенный выше анализ показывает, что удельная емкость этих видов материалов может быть существенно улучшена без потери стабильности циклирования с помощью введения серы в PTCSA и в другие подобные ароматические производные с меньшими молекулярными весами.

Влияние добавки различных углеродных наноматериалов на электрохимические свойства органических катодов

В данном разделе рассматривается второй путь увеличения электронной проводимости за счет добавления углеродной токопроводящей добавки. Аце-

тиленовую сажу добавляют во все составы катодных материалов. Но если в неорганических катодах оптимальным количеством является 10 мас.%, то для органических катодов массовое содержание сажи может достигать 60%. В настоящее время появились работы по замене ацетиленовой сажи более инновационными углеродными наноматериалами, а именно – нанотрубками и графеном.

В статье [77] авторы добавляли углеродные одностенные нанотрубки (УНТ) в органический катод на основе ангидрида PTCDA с последующей его полимеризацией.

При обычном получении композита PTCDA/УНТ методом смешения одностенные нанотрубки диспергировали в этаноле с помощью ультразвука. Затем добавляли PTCDA, перемешивали и выпаривали этанол с последующим вакуумированием. Плотность PTCDA (1,764 г/см) была сопоставима с плотностью УНТ (1,4 г/см). Таким образом, была получена серия композитов PTCDA/УНТ с концентрацией углеродных нанотрубок в диапазоне от 1 до 10 мас.%.

Зависимость сопротивления переноса заряда (R_{ct}) от содержания УНТ в композите приведена на рис. 15.

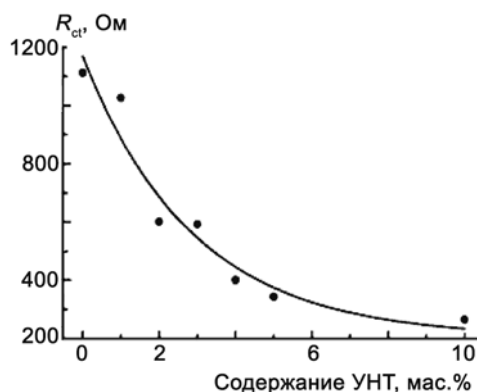


Рис. 15. Сопротивление переноса заряда от весового содержания УНТ в нанокompозите
Fig. 15. Charge transfer resistance versus weight content of CNT in nanocomposite

Из рис. 15 видно, что R_{ct} при содержании 1 мас.% УНТ незначительно уменьшается по сравнению с исходным PTCDA (1113 Ом). Таким образом, при малом содержании углеродных нанотрубок электронная проводимость возрастает не сильно. При увеличении содержания УНТ до 2 мас.% R_{ct} быстро уменьшается до 602 Ом. Это свидетельствует о переходе критического весового содержания 2 мас.% (2,55% по объему). Стоит отметить, что, хотя R_{ct} при 2 мас.% УНТ уменьшается почти в 2 раза, скоростная способность катодного материала не улучшается. Только при добавлении 5 мас.% УНТ ($R_{ct} = 344$ Ом) скоростная способность катода повышается. При добавлении 10 мас.% УНТ $R_{ct} = 265$ Ом, но при этом, за счет уменьшения доли активного материала, падает емкость (рис. 14).

На рис. 16 показана эффективность заряд-разрядного циклирования при токе 100 мА·ч/г.

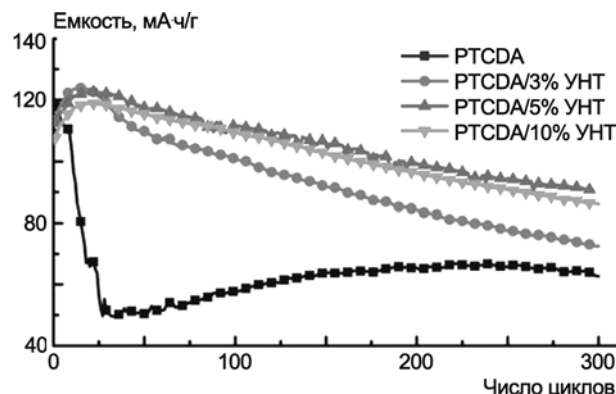


Рис. 16. Эффективность циклирования PTCDA/УНТ по сравнению с PTCDA при плотности тока 100 мА/г
Fig. 16. Cycling performance of PTCDA/CNT compared with PTCDA at a current density of 100 mA/g

Начальная емкость PTCDA равна 118 мА·ч/г, и она быстро снижается до 49 мА·ч/г на 25 цикле, затем постепенно увеличивается до 63 мА·ч/г на 300 цикле. Это вызвано тем, что PTCDA и его разряженное состояние растворяются в электролите [26].

Раствор PTCDA достигает своего насыщения после 35 цикла, после которого емкость немного увеличивается, и стабилизируется. Все композиты PTCDA/УНТ показывали лучшую циклическую работоспособность, чем PTCDA. Лучшим оказался композит с 5 мас.% УНТ. Его разрядная емкость сначала возрастала до 122 мА·ч/г и оставалась на уровне 90 мА·ч/г после 300 циклов. Таким образом, углеродные нанотрубки повышают катодную эффективность переноса электрона и, следовательно, увеличивают обратимость окислительно-восстановительной реакции карбонильных групп.

Другим способом получения нанокompозита является полимеризация дисперсии PTCDA/УНТ с этилендиамином при 400 °С, при этом получается полимерный композит полиимида с нанотрубками PI/УНТ.

На рис. 17 представлены заряд-разрядные кривые и эффективность циклирования композитов PTCDA/УНТ и PI/УНТ. Из рис. 17 видно, что композиты PI/УНТ имеют лучшую циклируемость. Емкость сохраняется на уровне 93% на 300 цикле при токе 100 мА·ч/г. Внутренняя стабильность полимерных структур обеспечивает меньшее растворение в электролите, гарантируя превосходную устойчивость циклирования полимерного композита PI/УНТ. Таким образом, еще раз показано, что полимеризация является одним из самых эффективных способов повышения устойчивости органических электродных материалов во время работы аккумулятора.

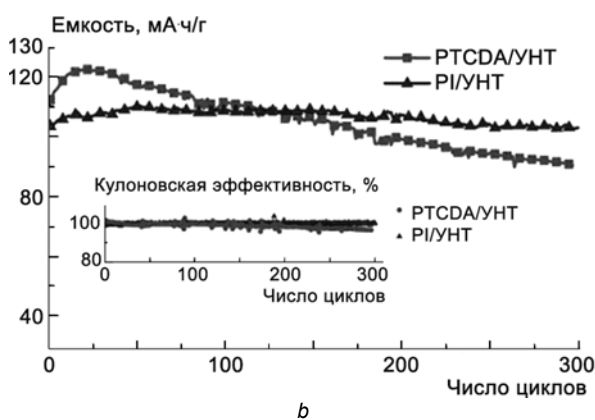
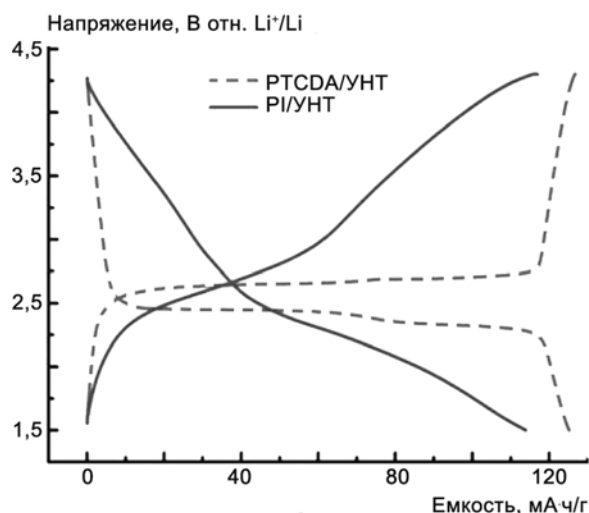


Рис. 17. (а) Заряд-разрядные кривые электродов на основе композитов PTCDA/УНТ и PI/УНТ при скорости 0,1С; (б) циклическая работоспособность электродов на основе композитов PTCDA/УНТ и PI/УНТ при плотности тока 100 мА/г в диапазоне потенциалов 1,5–4,3 В (относительно Li^+/Li). На вставке показана кулоновская эффективность

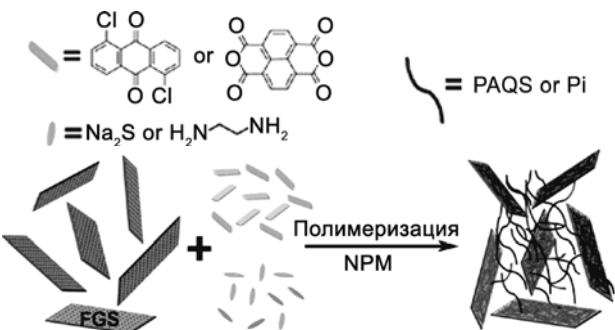


Рис. 18. Схема процесса *in situ* полимеризации нанокompозитов PAQS-ФГЛ или PI-ФГЛ, где ФГЛ – функционализированные графеновые листы

Fig. 18. Scheme *In situ* polymerization process of PAQS-FGS or PI-FGS nanocomposite

В другой статье [66] были получены нанокомпозиты, сочетающие в себе графен с двумя перспективными катодными полимерными материалами, такими как поли-(антрахинонилсульфид) PAQS и полиимид PI. Полимер-графеновые нанокомпозиты были синтезированы с помощью простой *in situ* полимеризацией в присутствии графеновых листов (рис. 18).

Высокодисперсные графеновые листы в нанокомпозите резко повышали электронную проводимость и позволили эффективно использовать электрохимическую активность полимерного катода (табл. 4).

Таблица 4
Свойства полимеров и нанокомпозитов полимер-графен

Table 4
The properties of polymers and polymer-graphene nanocomposites

Образец	Содержание добавки, мас. %	Электронная проводимость, См/см	Площадь поверхности, см ² /г	Коэффициент использования, %
PAQS	0	$< 1 \cdot 10^{-11}$	30	79
PAQS-ФГЛ-а	6	$2,9 \cdot 10^{-5}$	161	88
PAQS-ФГЛ-б	26	$6,4 \cdot 10^{-3}$	153	95
PAQS-УНТ-с	5	$2,8 \cdot 10^{-6}$	127	85
PI	0	$< 1 \cdot 10^{-11}$	71	42
PI-ФГЛ-а	6	$1,2 \cdot 10^{-5}$	115	49
PI-ФГЛ-б	11	$3,5 \cdot 10^{-4}$	156	62

$$\text{«Коэффициент использования»} = \frac{C_{\text{композит}} - C_{\text{ФГЛ}} \cdot P_{\text{ФГЛ}}}{(1 - P_{\text{ФГЛ}}) C_{\text{полимер, теор.}}}$$

где C – разрядная емкость при 0,1С; P – массовая доля в композите.

Авторы считают, что основным препятствием для достижения полимерными катодами сверхбыстрого заряда и разряда является присущая им электронная изоляция. Как показано в табл. 4, электронная проводимость обоих полимеров PAQS и PI значительно увеличена при помощи включения хорошо диспергированного графена в нанокомпозит. Это позволяет осуществить сверхбыстрый заряд и разряд (рис. 19), и композит может выдать при разряде более 100 мА·ч/г в течение всего нескольких секунд.

На рис. 19 авторы сравнили зависимость удельной разрядной емкости от C -скорости PAQS и всех его нанокомпозитов. При сравнении PAQS-ФГЛ-а и PAQS-УНТ-с видно, что нанокомпозит, содержащий графен, показывает лучшую работоспособность, чем нанокомпозит, содержащий схожее количество на-

нотрубок, что согласуется с предыдущей работой этих же авторов по нанокompозитным электродам TiO_2 -ФГЛ [78].

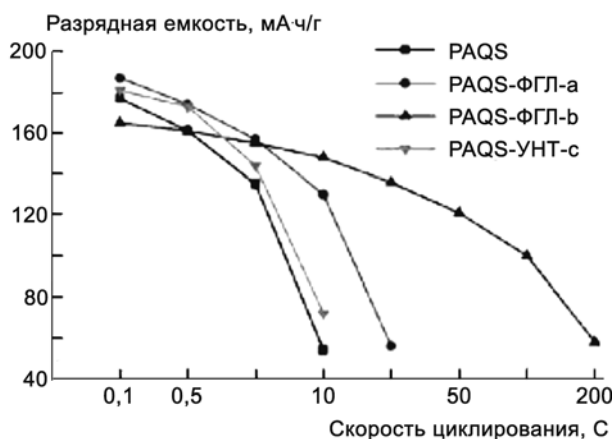


Рис. 19. Зависимость разрядной удельной емкости от скорости циклирования (C-Rate) PAQS и всех его композитов
Fig. 19. Discharge specific capacity versus C-rate of PAQS and its composites

Для изучения морфологии нанокompозитов полимер-графен образцы были охарактеризованы сканирующей электронной микроскопией (СЭМ) и просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ). СЭМ-изображение на рис. 20, а и ПЭМ-изображение на рис. 20, б показывают, что размер каждого ФГЛ составляет несколько микрон и существует равномерный и толстый слой PAQS, покрывающий ФГЛ с обеих сторон. Также следует отметить пористую структуру полимерного слоя, поскольку она помогает увеличить площадь контакта между катодом и электролитом и таким образом улучшить литий-ионную проводимость. Из поперечного ПЭМ изображения PAQS-ФГЛ-б (рис. 20, с) было обнаружено, что ФГЛ достаточно равномерно распределены в полимерной матрице, без очевидной агрегации даже при высоком содержании ФГЛ в PAQS-ФГЛ-б. Рис. 20, d является увеличением изображения ПЭМ PAQS-ФГЛ-б, показывающий графеновый лист с нанесенным на него полимерным слоем.

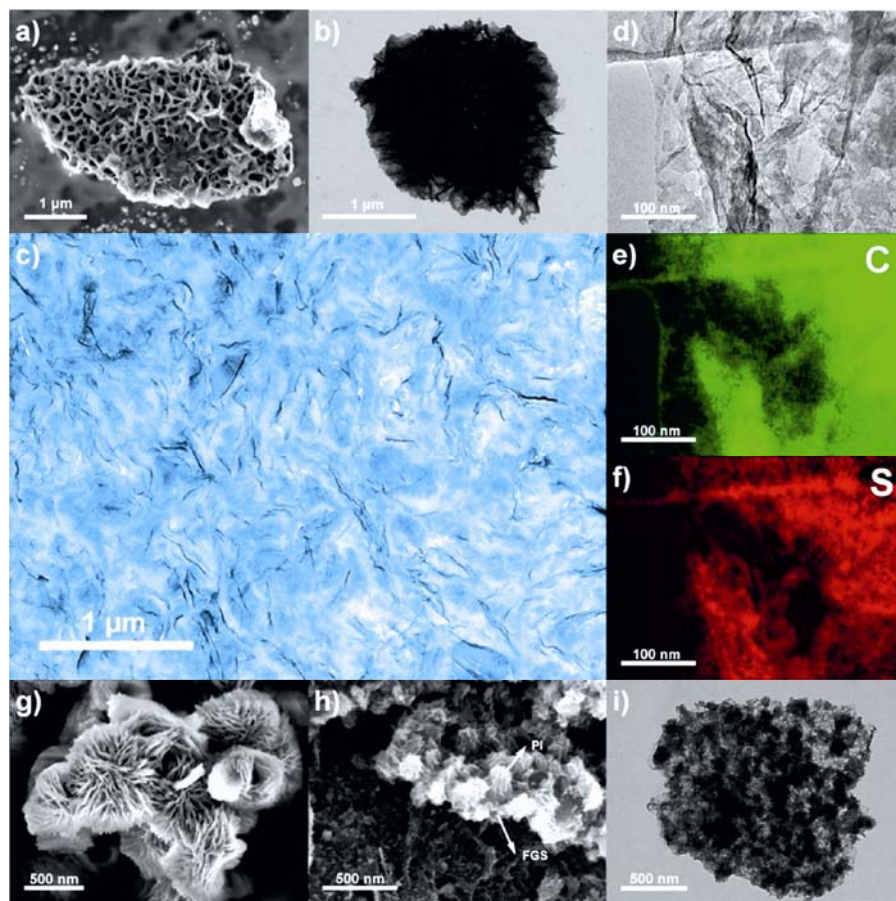


Рис. 20. (а) СЭМ-изображение PAQS-ФГЛ-а; (б) ПЭМ-изображение PAQS-ФГЛ-а с низким разрешением; (с) поперечное ПЭМ-изображение PAQS-ФГЛ-б; (d) ПЭМ-изображение PAQS-ФГЛ-б с высоким разрешением; (е, f) соответствующие углеродное и серное отображение PAQS-ФГЛ-б; (g) СЭМ-изображение чистого PI; (h) СЭМ-изображение PI-ФГЛ-б; (i) ПЭМ-изображение PAQS-ФГЛ-б с низким разрешением
Fig. 20. (a) SEM image of PAQS-FGS-a; (b) low-magnification TEM image of PAQS-FGS-a; (c) cross-section TEM image of PAQS-FGS-b; (d) high-magnification TEM image of PAQS-FGS-b; (e, f) corresponding carbon and sulfur elemental mapping images of PAQS-FGS-b; (g) SEM image of pure PI; (h) SEM image of PI-FGS-b; (i) low-magnification TEM image of PI-FGS-b

Элементное отображение с помощью спектроскопии энергетических потерь электронов (СЭПЭ) (рис. 20, e, f) было использовано для установления распределения полимера на поверхности графена путем обнаружения сигналов углерода и серы от RAQS. Равномерное распределение серы вместе с углеродом по всей площади RAQS-ФГЛ-б подтверждает существование однородного покрытия RAQS на поверхности ФГЛ. Исследование ПЭМ также показало, что полимерное покрытие образцов PI является однородным и различия морфологии, в основном, объясняются особенностями самого полимера.

Цветочноподобные частицы (рис. 20, g) с размером частиц 0,5-1 мкм наблюдаются в чистых образцах PI. Для PI-ФГЛ-б нанокомпозита как СЭМ, так и ПЭМ-изображения (рис. 20, h, i) неизменно показывают, что ФГЛ однородно покрыты полимерными цветочноподобными частицами PI (~ 100 нм в размере), меньшими, чем те, что обнаружены в чистом PI. Равномерное полимерное покрытие на по-

верхности ФГЛ и соответствующую отличную дисперсию графена в нанокомпозите в основном можно отнести к растворителю N-метилпирролидону, который облегчает как дисперсию графена, так и способ полимеризации, и к нековалентным π - π взаимодействиям между поверхностью графена и скелетом RAQS и PI вследствие сопряженных ароматических колец [79].

Катоды на основе органических солей

С 2008 г. в качестве электродных материалов начали исследовать новый тип сопряженных карбоновых соединений, а именно органические соли (табл. 5).

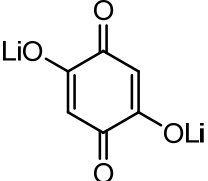
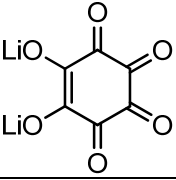
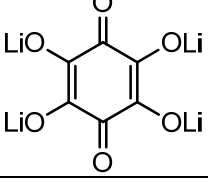
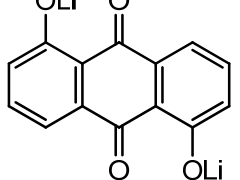
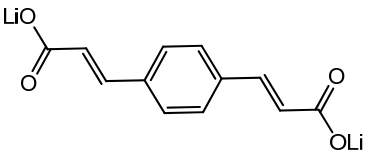
Органические соли включают литиевые или натриевые соли гидроксильного хинона [87, 89], сопряженных дикарбоксилатов [78, 80, 92-94] и производных диангидридов [88, 90, 91]. Большинство работ было сделано М. Арманом, Ж.-М. Тарасконом и П. Пуазо [81, 82, 85, 87, 88, 90].

Таблица 5

Электроды на основе органических солей и их электрохимические характеристики

Table 5

Electrodes based on organic salts and their electrochemical characteristics

№	Название	Структура	E_{Redox} , В	$C_{\text{теор}}$, мА·ч/г	$C_{\text{практ}}$, мА·ч/г	Ссылка
1	$\text{Li}_2\text{C}_6\text{H}_2\text{O}_4$		1,7-2,5	353	176	[80]
2	$\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6$		1,5-3,5	589	500	[81]
3	$\text{Li}_4\text{C}_6\text{O}_6$		1,6-2,0	274	200	[82]
4	$\text{Li}_2\text{C}_{14}\text{H}_6\text{O}_4$		1,5-2,5	213	126	[83]
5	$\text{Li}_2\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_4$		0,4-2,2	233	200	[84]

6	$\text{Li}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_4$		1,3-1,5	348	150	[84, 85]
7	$\text{Li}_2\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4$		0,7-1,0	301	300	[84-86]
8	$\text{Li}_2\text{C}_{16}\text{H}_8\text{O}_4$		0,6-0,7	193	200	[87]
9	$\text{Li}_2\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{O}_8$		1,6-2,0	145 ($2e^-$)	125	[88]
10	$\text{Li}_4\text{C}_{24}\text{H}_8\text{O}_8$		0,6-1,7	237	170	[89]
11	$\text{Li}_2\text{C}_{10}\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_4$		1,5-2,0	235 ($2e^-$)	200	[90]
12	$\text{Li}_2\text{C}_{14}\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_4$		1,8-2,8	193 ($2e^-$)	140	[91]

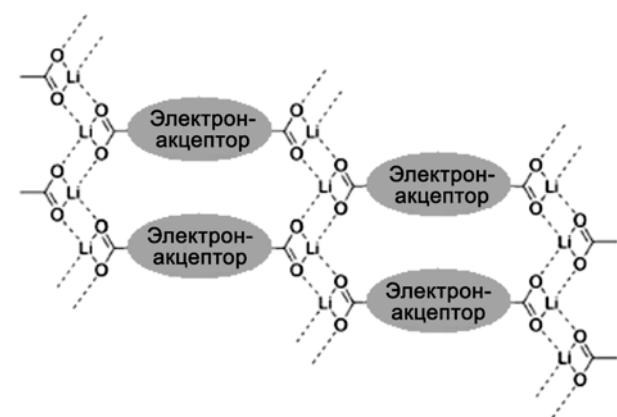


Рис. 21. Роль группы $-\text{CO}_2\text{Li}$
 Fig. 21. Schematic drawing of the role of $-\text{CO}_2\text{Li}$ group

Преимуществом этого типа органических веществ является то, что координационная связь, такая как $\text{O}\cdots\text{Li}\cdots\text{O}$ (рис. 21), может соединять маленькие органические молекулы и частично решать проблему растворения.

Поэтому они могут достичь гораздо более высокой стабильности циклирования по сравнению с малыми органическими молекулами.

Авторы работы [40] показали, что если в структуру хинонов добавить две $-\text{CO}_2\text{Li}$ группы, их растворимость уменьшится при сохранении рабочего потенциала. Этот простой и очень эффективный способ решения проблемы растворимости они показали на трех катионных структурах AQ, PQ и РУТ (см. табл. 2). На рис. 22 в качестве примера показана эффективность циклирования РУТ, LCPYT и MCPYT, рядом приведены их структуры. Из рис. 22 видно, что при введении двух $-\text{CO}_2\text{Li}$ групп емкость порядка 200 мА·ч/г держится на одном уровне в течение 20 циклов, в то время как для РУТ и MCPYT она деградирует.

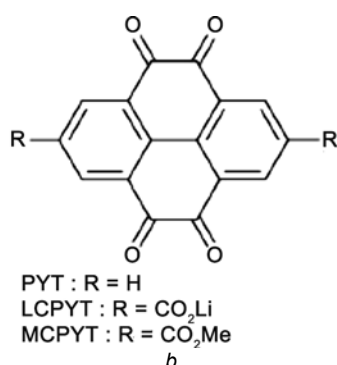
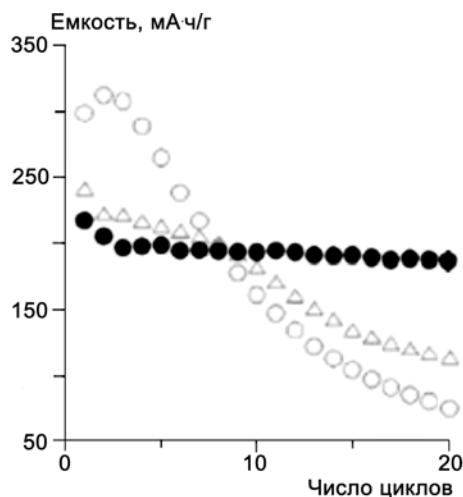


Рис. 22. (а) Эффективность зарядно-разрядного циклирования (скорость 0,2С) PYT (пустые кружки), LCPYT (заполненные кружки) и MCPYT (пустые треугольники) в LiPF₆/PC; (б) структуры хинонов и LC-хинонов

Fig. 22. (a) Charge-discharge curve and cycling (0.2C rate) of PYT (open circle), LCPYT (filled circle), and MCPYT (open triangle) in LiPF₆/PC; (b) structures of quinones and LC-quinones

Хотя органические соли уже содержат ионы Li, они все еще находятся в окисленном состоянии органических веществ *n*-типа. Это происходит потому, что группа C-O⁻, соединенная с Li⁺, не может быть использована для вклада в емкость, в противном случае кристаллическая структура (рис. 23) будет необратимо разрушена, что приведет к снижению циклируемости.

Из-за существования C-O⁻ группы взаимодействие отталкивающихся зарядов снижает окислительно-восстановительный потенциал материала. Например, Li₂C₆H₂O₄ [81] и Li₂C₁₄H₆O₄ [83] имеют намного более низкий разрядный потенциал, чем BQ и AQ соответственно. Тем более, сопряженные дикарбоксилаты [85, 87, 92-94] всегда показывают значительно более низкий окислительно-восстановительный потенциал (например, 0,5-1,5 В относительно Li⁺/Li), чем другие сопряженные карбонильные соединения, таким образом, они являются редкими органическими анодными кандидатами для литиевых или натриевых аккумуляторов. Например, после литий по-

лиэтилтерефталата (Li₂C₈H₄O₄) [85] сообщалось о многих попытках использования в качестве анода полиэтилтерефталата натрия (Na₂C₈H₄O₄) [93-95] для Na-ионного аккумулятора из-за его соответствующего окислительно-восстановительного потенциала и относительно высокой емкости.

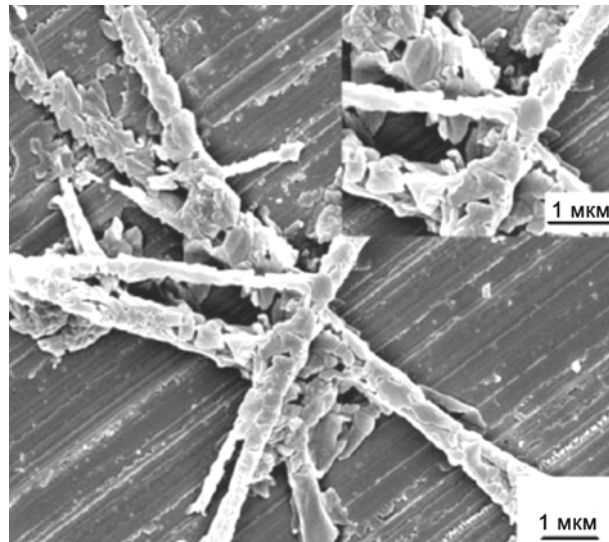


Рис. 23. СЭМ-изображение соединения Li₂C₁₄H₆O₄
Fig. 23. SEM image of Li₂C₁₄H₆O₄ compound

В недавней работе Пуазо [95] было показано, что рабочий потенциал катода на основе Li₄C₈H₂O₆ можно повысить на 0,3 В, изменив положение заместителей (рис. 24).

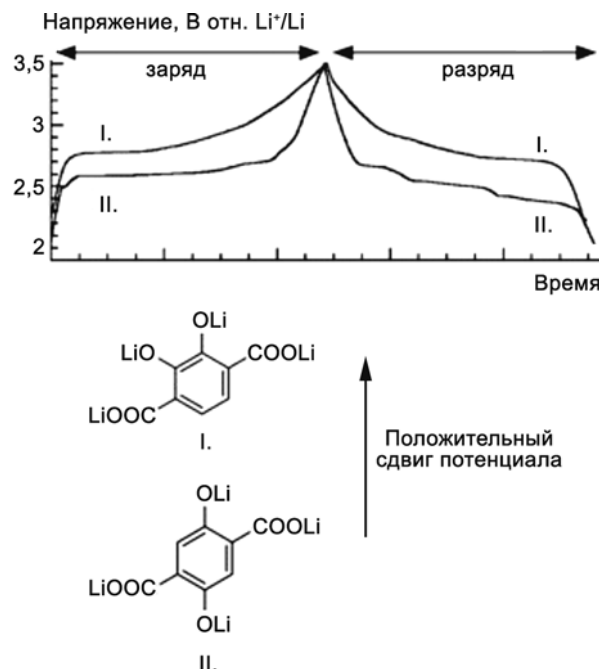


Рис. 24. Положительный сдвиг рабочего потенциала Li₄C₈H₂O₆ при изменении положения заместителей
Fig. 24. A positive operating voltage shift of Li₄C₈H₂O₆ at switching of substituent position

Для понимания работы органических солей рассмотрим процесс их циклирования на примере соли литированного оксида углерода $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6$ (табл. 5), синтезированного из природного мио-инозита (рис. 25).

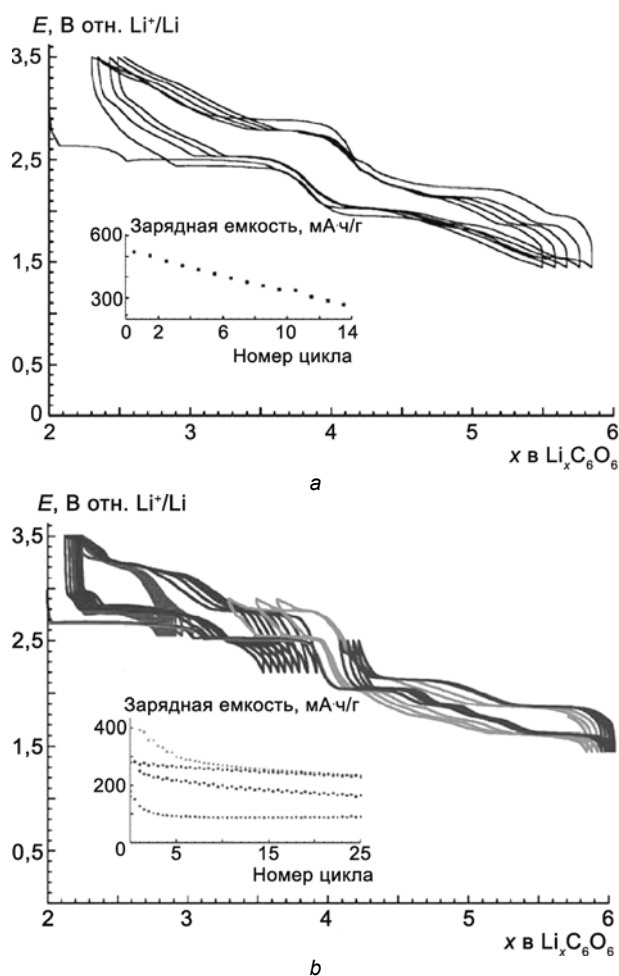


Рис. 25. Профиль зависимости потенциала от состава $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6$, гальваностатически циклируемого при скорости $1 \text{ Li}^+/10 \text{ ч}$ относительно Li : а – в диапазоне 1,5–3,5 В; б – для различных окон потенциала: 1,45–2,9 В; 1,45–2,5 В; 2,2–3,5 В; 2,5–3,5 В. Вставка: зависимость зарядной емкости от количества циклов

Fig. 25. Potential versus composition profile for $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6$ galvanostatically cycled at a rate of $1 \text{ Li}^+/10 \text{ h}$ versus Li : а – in the range of 1.5–3.5 V; б – for several potential windows: 1.45–2.9 V; 1.45–2.5 V; 2.2–3.5 V; 2.5–3.5 V. Inset: the corresponding capacity retention curves

Катод состава $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6/\text{C}$ (85:15 по массе) циклировался в ячейке с литиевым анодом в диапазоне 1,5–3,5 В при скорости обмена одного иона Li^+ в течение 10 часов (рис. 25, а). Во время первого разряда потенциал падал шаг за шагом при внедрении четырех катионов Li^+ до 1,5 В. При перезаряде большинство из четырех принятых катионов лития можно удалить, что приведет к обратимой емкости $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6$, равной $\sim 580 \text{ мА} \cdot \text{ч/г}$. Формы первых циклов разряда-заряда немного отличаются, так, первое плато разряда около 2,7 В изменяется к более пологой кривой

напряжения в течение следующего заряда, который предполагает возникновение необратимого процесса. Для последующих циклов кривые заряда и разряда очень похожи, однако наблюдается заметное уменьшение емкости при циклировании. Чтобы получить представление о происхождении такого падения, $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6/\text{Li}$ аккумуляторы циклировались в различных окнах потенциала. Независимо от исследуемого диапазона потенциала в каждом случае (рис. 25, б) наблюдалось небольшое затухание циклирования, которое было меньше для более низкого потенциала (т.е. 1,45–2,5 В) и больше вблизи $x = 4$, где падение потенциала составляло 0,5 В. Хотя авторы [79] и не исключают некоторые структурные эффекты, они считают, что деградация материала во время циклирования связана с растворением активного материала в используемом электролите (1M LiPF_6 в ЭК/ДМК (1:1 по массе)).

Выводы

Таким образом, в данном обзоре представлены наиболее перспективные органические электродные материалы на основе сопряженных карбонильных соединений, потому что только они имеют потенциал для достижения одновременно высокой плотности энергии, высокой стабильности циклирования и высокой удельной мощности. Кроме того, их механизм реакции *n*-типа и структурное разнообразие предоставляет им широкие перспективы применения по сравнению с проводящими полимерами *p*-типа и нитроксильными радикальными полимерами. Уникальные особенности органических веществ, включая гибкость, технологичность, структурное разнообразие и быструю кинетику, обеспечивают органическим электродным материалам множество перспективных применений: Li-органические аккумуляторы, гибкие тонкопленочные аккумуляторы, полностью органические аккумуляторы, а также другие универсальные устройства запасаения энергии.

Список литературы/References

- Williams D.L., Byrne J.J., Driscoll J.S. A High Energy Density Lithium/Dichloroisocyanuric Acid Battery System // J. Electrochem. Soc. 1969. Vol. 116, Iss. 1. P. 2–4.
- Yoshino A. The Birth of the Lithium-Ion Battery // Angew. Chem., Int. Ed. 2012. Vol. 51. P. 5798–5800.
- Novak P., Muller K., Santhanam K.S.V., Haas O. Electrochemically active polymers for rechargeable batteries // Chem. Rev. 1997. Vol. 97. P. 207–282.
- Song Z., Zhou H. Towards sustainable and versatile energy storage devices: an overview of organic electrode materials // Energy Environ. Sci. 2013. Vol. 6. P. 2280–2301.

5. Haupler B., Wild A., Schubert U.S. Carbonyls: powerful organic materials for secondary batteries // *Adv. Energy Mater.* 2015. 1402034-1402067.
6. Melot B.C., Tarascon J.-M. Design and Preparation of Materials for Advanced Electrochemical Storage // *Acc. Chem. Res.* 2013. Vol. 46. P. 1226-1238.
7. Park C.-M., Sohn H.-J. Black Phosphorus and its Composite for Lithium Rechargeable Batteries // *Adv. Mater.* 2007. Vol. 19. P. 2465-2468.
8. Liu F.-C., Liu W.-M., Zhan M.-H., Fu Z.-W., Li H. An all solid-state rechargeable lithium-iodine thin film battery using $\text{LiI}(3\text{-hydroxypropionitrile})_2$ as an I-ion electrolyte // *Energy Environ. Sci.* 2011. Vol. 4. P. 1261-1264.
9. Nigrey P.J., MacInnes D., Jr, Nairns D.P., MacDiarmid A.G., Heeger A.J. Lightweight Rechargeable Storage Batteries Using Polyacetylene, $(\text{CH})_x$ as the Cathode-Active Material // *J. Electrochem. Soc.* 1981. Vol. 128. P. 1651-1654.
10. Shacklette L.W., Toth J.E., Murthy N.S., Baughman R.H. Polyacetylene and Polyphenylene as Anode Materials for Nonaqueous Secondary Batteries // *J. Electrochem. Soc.* 1985. Vol. 132. P. 1529-1535.
11. Zhu L.M., Lei A.W., Cao Y.L., Ai X.P., Yang H.X. An all-organic rechargeable battery using bipolar polyparaphenylene as a redox-active cathode and anode // *Chem. Commun.* 2013. Vol. 49. P. 567-569.
12. MacDiarmid A.G., Yang L.S., Huang W.S., Humphrey B.D. Polyaniline: electrochemistry and application to rechargeable batteries // *Synth. Met.* 1987. Vol. 18. P. 393-398.
13. Gospodinova N., Terlemezyan L. Conducting polymers prepared by oxidative polymerization: polyaniline // *Prog. Polym. Sci.* 1998. Vol. 23. P. 1443-1484.
14. Mermilliod N., Tanguy J., Petiot F. A Study of Chemically Synthesized Polypyrrole as Electrode Material for Battery Applications // *J. Electrochem. Soc.* 1986. Vol. 133. P. 1073-1079.
15. Zhou M., Qian J., Ai X., Yang H. Redox-Active $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ -Doped Conducting Polymers with Greatly Enhanced Capacity as Cathode Materials for Li-Ion Batteries // *Adv. Mater.* 2011. Vol. 23. P. 4913-4917.
16. Kaneto K., Yoshino K., Inuishi Y. Characteristics of Polythiophene Battery // *Jpn. J. Appl. Phys.* 1983. Vol. 22. P. L567-568.
17. Liu L., Tian F., Wang X., Yang Z., Zhou M., Wang X. Porous polythiophene as a cathode material for lithium batteries with high capacity and good cycling stability // *React. Funct. Polym.* 2012. Vol. 72. P. 45-49.
18. Sakaushi K., Hosono E., Nickerl G., Gemming T., Zhou H., Kaskel S., Eckert J. Aromatic porous-honeycomb electrodes for a sodium-organic energy storage device // *Nat. Commun.* 2013. Vol. 4. P. 1485-1491.
19. Oyama N., Tatsuma T., Sato T., Sotomura T. Dimercaptan-polyaniline composite electrodes for lithium batteries with high energy density // *Nature.* 1995. Vol. 373. P. 598-600.
20. Deng S.-R., Kong L.-B., Hu G.-Q., Wu T., Li D., Zhou Y.-H., Li Z.-Y. Benzene-based polyorganodisulfide cathode materials for secondary lithium batteries // *Electrochim. Acta.* 2006. Vol. 51. P. 2589-2593.
21. Zhan L., Song Z., Zhang J., Tang J., Zhan H., Zhou Y., Zhan C. PEDOT: Cathode active material with high specific capacity in novel electrolyte system // *Electrochim. Acta.* 2008. Vol. 53. P. 8319-8323.
22. Zhan L., Song Z., Shan N., Zhang J., Tang J., Zhan H., Zhou Y., Li Z., Zhan C. Poly(tetrahydrobenzodithiophene): High discharge specific capacity as cathode material for lithium batteries // *J. Power Sources.* 2009. Vol. 193. P. 859-863.
23. Oyaizu K., Nishide H. Radical polymers for organic electronic devices: A radical departure from conjugated polymers? // *Adv. Mater.* 2009. Vol. 21. P. 2339-2344.
24. Nakahara K., Oyaizu K., Nishide H. Organic radical battery approaching practical use // *Chem. Lett.* 2011. Vol. 40. P. 222-227.
25. Janoschka T., Hager M.D., Schubert U.S. Powering up the Future: Radical Polymers for Battery Applications // *Adv. Mater.* 2012. Vol. 24. P. 6397-6409.
26. Han X., Chang C., Yuan L., Sun T., Sun J. Aromatic Carbonyl Derivative Polymers as High-Performance Li-Ion Storage Materials // *Adv. Mater.* 2007. Vol. 19. P. 1616-1621.
27. Oyama N., Sarukawa T., Mochizuki Y., Shimomura T., Yamaguchi S. Significant effects of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) additive on redox responses of poly(2,5-dihydroxy-1,4-benzoquinone-3,6-methylene) cathode for rechargeable Li batteries // *J. Power Sources.* 2009. Vol. 189. P. 230-239.
28. Namazian M., Almodarresieh H.A. Computational electrochemistry: aqueous two-electron reduction potentials for substituted quinones // *J. Mol. Struct.: THEOCHEM.* 2004. Vol. 686. P. 97-102.
29. Alizadeh K., Shamsipur M. Calculation of the two-step reduction potentials of some quinones in acetonitrile // *J. Mol. Struct.: THEOCHEM.* 2008. Vol. 862. P. 39-43.
30. Sun Y.-K., Myung S.-H., Kim M.-H., Prakash J., Amine K. Synthesis and Characterization of $\text{Li}[(\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1})(\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_{0.2}]\text{O}_2$ with the Microscale Core-Shell Structure as the Positive Electrode Material for Lithium Batteries // *J. Am. Chem. Soc.* 2005. Vol. 127. P. 13411-13418.
31. Cho J., Kim Y.-W., Kim B., Lee J.-G., Park B. A Breakthrough in the Safety of Lithium Secondary Batteries by Coating the Cathode Material with AlPO_4 Nanoparticles // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2003. Vol. 42. P. 1618-1621.
32. Wain A.J., Wildgoose G.G., Heald C.G.R., Jiang L., Jones T.G.J., Compton R.G. Electrochemical ESR and Voltammetric Studies of Lithium Ion Pairing with Electrogenated 9,10-Anthraquinone Radical Anions Either Free in Acetonitrile Solution or Covalently Bound to Multiwalled Carbon Nanotubes // *J. Phys. Chem. B.* 2005. Vol. 109. P. 3971-3978.

33. Senoh H., Yao M., Sakaebe H., Yasuda K., Siroma Z. A two-compartment cell for using soluble benzoquinone derivatives as active materials in lithium secondary batteries // *Electrochim. Acta*. 2011. Vol. 56. P. 10145-10150.
34. Zhao L., Wang W.-K., Wang A.-B., Yu Z.-B., Chen S., Yang Y.-S. A MC/AQ Parasitic Composite as Cathode Material for Lithium Battery // *J. Electrochem. Soc.* 2011. Vol. 158. P. A991-996.
35. Bu P., Liu S., Lu Y., Zhuang S., Wang H., Tu F. Effects of Carbon Black on the Electrochemical Performance of Lithium-Organic Coordination Compound Batteries // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2012. Vol. 7. P. 4617-4624.
36. Zeng R., Xing L., Qiu Y., Wang Y., Huang W., Li W., Yang S. Polycarbonyl(quinonyl) organic compounds as cathode materials for sustainable lithium ion batteries // *Electrochimica Acta*. 2014. Vol. 146. P. 447-454.
37. Reddy A.L.M., Nagarajan S., Chumyim P., Gowda S.R., Pradhan P., Jadhav S.R., Dubey M., John G., Ajayan P.M. Lithium storage mechanisms in purpurin based organic lithium ion battery electrodes // *Sci. Rep.* 2012. Vol. 2. P. 960-964.
38. Liang Y.L., Zhang P., Yang S.Q., Tao Z.L., Chen J. Fused Heteroaromatic Organic Compounds for High-Power Electrodes of Rechargeable Lithium Batteries // *Adv. Energy Mater.* 2013. Vol. 3. P. 600-605.
39. Tobishima S.-i., Yamaki J.-i., Yamaji A. Cathode Characteristics of Organic Electron Acceptors for Lithium Batteries // *J. Electrochem. Soc.* 1984. Vol. 131. P. 57-63.
40. Shimizu A., Kuramoto H., Tsujii Y., Nokami T., Inatomi Y., Hojo N., Suzuki H., Yoshida J.-i. Introduction of two lithiooxycarbonyl groups enhances cyclability of lithium batteries with organic cathode materials // *Journal of Power Sources*. 2014. Vol. 260. P. 211-217.
41. Senoh H., Yao M., Sakaebe H., Yasuda K., Siroma Z. A two-compartment cell for using soluble benzoquinone derivatives as active materials in lithium secondary batteries // *Electrochimica Acta*. 2011. Vol. 56. P. 10145-10150.
42. Yao M., Senoh H., Yamazaki S., Siroma Z., Sakai T., Yasuda K. High-capacity organic positive-electrode material based on a benzoquinone derivative for use in rechargeable lithium batteries // *Journal of Power Sources*. 2010. Vol. 195. P. 8336-8340.
43. Yao M., Ando H., Kiyobayashi T. Dialkoxybenzoquinone-type active materials for rechargeable lithium batteries: the effect of the alkoxy group length on the cycle-stability // *Energy Procedia*. 2013. Vol. 34. P. 880-887.
44. Kalaiselvi D., Renuka R. Zeolite modification of organic cathodes: clean technology for improved cycle life of the zinc-chloranil organic secondary battery // *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2000. Vol. 75. P. 285-293.
45. Xu Y., Wen Y., Cheng J., Cao G., Yang Y. Study on a single flow acid Cd-chloranil battery // *Electrochem. Commun.* 2009. Vol. 11, Iss. 7. P. 1422-1424.
46. Hanyu Y., Ganbe Y., Honma I. Application of quinonic cathode compounds for quasi-solid lithium batteries // *J. Power Sources*. 2013. Vol. 221. P. 186-190.
47. Hanyu Y., Honma I. Rechargeable quasi-solid state lithium battery with organic crystalline cathode // *Sci. Rep.* 2012. Vol. 2. P. 453-458.
48. Yao M., Senoh H., Sakai T., Kiyobayashi T. 5,7,12,14-Pentacenetetron as a High-Capacity Organic Positive Electrode Material for Use in Rechargeable Lithium Batteries // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2011. Vol. 6. P. 2905-2911.
49. Boschi T., Pappa R., Pistoia G., Tocci M. On the use of nonylbenzo-hexaquinone as a substitute for monomeric quinones in non-aqueous cells // *J. Electroanal. Chem.* 1984. Vol. 176. P. 235-242.
50. Pasquali M., Pistoia G., Boschi T., Tagliatesta P. Redox mechanism and cycling behaviour of nonylbenzo-hexaquinone electrodes in Li cells // *Solid State Ionics*. 1987. Vol. 23. P. 261-266.
51. Ohzuku T., Wakamatsu H., Takehara Z., Yoshizawa S. Nonaqueous lithium/pyromellitic dianhydride cell // *Electrochim. Acta*. 1979. Vol. 24. P. 723-726.
52. Han X., Qing G., Sun J., Sun T. How Many Lithium Ions Can Be Inserted onto Fused C6 Aromatic Ring Systems? // *Angew. Chem., Int. Ed.* 2012. Vol. 51. P. 5147-5151.
53. Geng J., Bonnet J.-P., Renault S., Dolhem F., Poizot P. Evaluation of polyketones with N-cyclic structure as electrode material for electrochemical energy storage: case of tetraketopiperazine unit // *Energy Environ. Sci.* 2010. Vol. 3. P. 1929-1933.
54. Yao M., Araki M., Senoh H., Yamazaki S.-i., Sakai T., Yasuda K. Indigo Dye as a Positive-electrode Material for Rechargeable Lithium Batteries // *Chem. Lett.* 2010. Vol. 39. P. 950-952.
55. Huang W., Zhu Z., Wang L., Wang S., Tao Z., Shi J., Guan L., Chen J. Quasi-Solid-State Rechargeable Lithium-Ion Batteries with a Calix[4]quinone Cathode and Gel Polymer Electrolyte // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2013. Vol. 52. P. 9162-9166.
56. Iordache A., Maurel V., Mouesca J.-M., Pecaut J., Dubois L., Gutel T. Monothioanthraquinone as an organic active material for greener lithium batteries // *Journal of Power Sources*. 2014. Vol. 267. P. 553-559.
57. Goriparti S., Harish M.N.K., Sampath S. Ellagic acid – a novel organic electrode material for high capacity lithium ion batteries // *Chem. Commun.* 2013. Vol. 49. P. 7234-7236.
58. Foos J.S., Erker S.M., Rembetsy L.M. Synthesis and Characterization of Semiconductive Poly-1,4-Dimethoxybenzene and Its Derived Polyquinone // *J. Electrochem. Soc.* 1986. Vol. 133. P. 836-841.
59. Haringer D., Novak P., Haas O., Piro B., Pham M.-C. Poly(5-amino-1,4-naphthoquinone), a Novel



Lithium-Inserting Electroactive Polymer with High Specific Charge // J. Electrochem. Soc. 1999. Vol. 146. P. 2393-2396.

60. Le Gall T., Reiman K.H., Grossel M.C., Owen J.R. Poly(2,5-dihydroxy-1,4-benzoquinone-3,6-methylene): a new organic polymer as positive electrode material for rechargeable lithium batteries // J. Power Sources. 2003. Vol. 121. P. 316-320.

61. Song Z., Zhan H., Zhou Y. Anthraquinone based polymer as high performance cathode material for rechargeable lithium batteries // Chem. Commun. 2009. P. 448-450.

62. Xu W., Read A., Koech P. K., Hu D., Wang C., Xiao J., Padmaperuma A.B., Graff G.L., Liu J., Zhang J.-G. Factors affecting the battery performance of anthraquinone-based organic cathode materials // J. Mater. Chem. 2012. Vol. 22. P. 4032-4039.

63. Choi W., Harada D., Oyaizu K., Nishide H. Aqueous Electrochemistry of Poly(vinylanthraquinone) for Anode-Active Materials in High-Density and Rechargeable Polymer/Air Batteries // J. Am. Chem. Soc. 2011. Vol. 133. P. 19839-19843.

64. Nokami T., Matsuo T., Inatomi Y., Hojo N., Tsukagoshi T., Yoshizawa H., Shimizu A., Kuramoto H., Komae K., Tsuyama H., Yoshida J.-i. Polymer-Bound Pyrene-4,5,9,10-tetraone for Fast-Charge and -Discharge Lithium-Ion Batteries with High Capacity // J. Am. Chem. Soc. 2012. Vol. 134. P. 19694-19700.

65. Song Z., Zhan H., Zhou Y. Polyimides: Promising Energy-Storage Materials // Angew. Chem., Int. Ed. 2010. Vol. 49. P. 8444-8448.

66. Song Z., Xu T., Gordin M.L., Jiang Y.-B., Bae I.-T., Xiao Q., Zhan H., Liu J., Wang D. Polymer-Graphene Nanocomposites as Ultrafast-Charge and -Discharge Cathodes for Rechargeable Lithium Batteries // Nano Lett. 2012. Vol. 12. P. 2205-2211.

67. Liu K., Zheng J., Zhong G., Yang Y. Poly(2,5-dihydroxy-1,4-benzoquinonyl sulfide) (PDBS) as a cathode material for lithium ion batteries // J. Mater. Chem. 2011. Vol. 21. P. 4125-4131.

68. Sharma P., Damien D., Nagarajan K., Manikoth M. Shaijumon M.M., Hariharan M. Perylene-polyimide-Based Organic Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries // J. Phys. Chem. Lett. 2013. Vol. 4. P. 3192-3197.

69. Zhao L., Wang W., Wang A., Yuan K., Chen S., Yang Y. A novel polyquinone cathode material for rechargeable lithium batteries // Journal of Power Sources. 2013. Vol. 233. P. 23-27.

70. Ярмоленко О.В., Игнатова А.А., Мумятов А.В., Трошин П.А., Шестаков А.Ф. Структурные изменения полиимидных органических катодных материалов при допировании литием. Тезисы на VII Всероссийскую молодежную школу-конференцию «Квантово-химические расчеты: структура и реакционная способность органических и неорганических молекул». 14-17 апреля 2015 г. Иваново. С. 389-392. (Yarmolenko O.V., Ignatov A.A., Mumyatov A.V., Troshin P.A., Shestakov A.F. Structural changes

polyimide organic cathode materials when doped with lithium // Abstracts for the VII National Youth School-Conference "Quantum chemical calculations: The structure and reactivity of organic and inorganic molecules." 14-17 April 2015 Ivanovo. P. 389-392.)

71. http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2015/data/section_32_7117.htm.

72. Forrest S.R. Ultrathin Organic Films Grown by Organic Molecular Beam Deposition and Related Techniques // Chem. Rev. 1997. Vol. 97. P. 1793-1896.

73. Sylvester-Hvid K.O. Two-Dimensional Simulations of CuPc-PCTDA Solar Cells: The Importance of Mobility and Molecular π Stacking // J. Phys. Chem. B 2006. Vol. 110. P. 2618-2627.

74. Crecelius G., Fink J., Ritsko J.J., Stamm M., Freund H.-J., Gonska H. π -electron delocalization in poly(p-phenylene), poly(p-phenylenesulfide), and poly(p-phenyleneoxide) // Phys. Rev. B: Condens. Matter Mater. Phys. 1983. Vol. 28. P. 1802-1808.

75. MacDiarmid A.G., in Conjugated Polymers and Related Materials (Eds: W.R. Salaneck, I. Lundström, B. Ranby), Oxford University Press, Oxford, 1993. pp. XV + 501.

76. Wu H., Wang K., Meng Y., Lua K., Wei Z. An organic cathode material based on a polyimide/CNT nanocomposite for lithium ion batteries // J. Mater. Chem. A. 2013. Vol. 1. P. 6366-6372.

77. Chung S.-Y., Bloking J.T., Chiang Y.-M. Electronically conductive phospho-olivines as lithium storage electrodes // Nat. Mater. 2002. Vol. 1. P. 123-128.

78. Wang D., Choi D., Li J., Yang Z., Nie Z., Kou R., Hu D., Wang C., Saraf L. V., Zhang J., Aksay I.A., Liu J. Self-Assembled TiO₂-Graphene Hybrid Nanostructures for Enhanced Li-Ion Insertion // ACS Nano. 2009. Vol. 3. P. 907-914.

79. Kozhemyakina N.V., Englert J.M., Yang G., Spiecker E., Schmidt C.D., Hauke F., Hirsch A. Non-Covalent Chemistry of Graphene: Electronic Communication with Dendronized Perylene Bisimides // Adv. Mater. 2010. Vol. 22. P. 5483-5487.

80. Xiang J., Chang C., Li M., Wu S., Yuan L., Sun J. A Novel Coordination Polymer as Positive Electrode Material for Lithium Ion Battery // Cryst. Growth Des. 2008. Vol. 8. № 1. P. 280-282.

81. Chen H., Armand M., Demailly G., Dolhem F., Poizot P., Tarascon J.M. From Biomass to a Renewable Li_xC₆O₆ Organic Electrode for Sustainable Li-Ion Batteries // ChemSusChem. 2008. Vol. 1. P. 348-355.

82. Chen H., Armand M., Courty M., Jiang M., Grey C. P., Dolhem F., Tarascon J.-M., Poizot P. Lithium Salt of Tetrahydroxybenzoquinone: Toward the Development of a Sustainable Li-Ion Battery // J. Am. Chem. Soc. 2009. Vol. 131. P. 8984-8988.

83. Zeng R.-H., Li X.-P., Qiu Y.-C., Li W.-S., Yi J., Lu D.-S., Tan C.-L., Xu M.-Q. Synthesis and properties of a lithium-organic coordination compound as lithium-inserted material for lithium ion batteries // Electrochem. Commun. 2010. Vol. 12. P. 1253-1256.



84. Renault S., Brandell D., Gustafsson T., Edstrom K. Improving the electrochemical performance of organic Li-ion battery electrodes // *Chem. Commun.* 2013. Vol. 49. P. 1945-1947.

85. Armand M., Grugeon S., Vezin H., Laruelle S., Ribiere P., Poizot P., Tarascon J.-M. Conjugated dicarboxylate anodes for Li-ion batteries // *Nat. Mater.* 2009. Vol. 8. P. 120-125.

86. Zhang Y.Y., Sun Y.Y., Du S.X., Gao H.-J., Zhang S.B. Organic salts as super-high rate capability materials for lithium-ion batteries // *Applied physics letters*. 2012. Vol. 100, 091905; doi: 10.1063/1.3689764.

87. Walker W., Grugeon S., Vezin H., Laruelle S., Armand M., Wudl F., Tarascon J.-M. Electrochemical characterization of lithium 4,4'-tolane-dicarboxylate for use as a negative electrode in Li-ion batteries // *J. Mater. Chem.* 2011. Vol. 21. P. 1615-1620.

88. Walker W., Grugeon S., Mentre O., Laruelle S., Tarascon J.-M., Wudl F. Ethoxycarbonyl-Based Organic Electrode for Li-Batteries // *J. Am. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. P. 6517-6523.

89. Zhao R.R., Cao Y.L., Ai X.P., Yang H.X. Reversible Li and Na storage behaviors of perylenetetracarboxylates as organic anodes for Li- and Na-ion batteries // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2013. Vol. 688. P. 93-97.

90. Renault S., Geng J., Dolhem F., Poizot P. Evaluation of polyketones with N-cyclic structure as

electrode material for electrochemical energy storage: case of pyromellitic diimide dilithium salt // *Chem. Commun.* 2011. Vol. 47. P. 2414-2416.

91. Kim D.J., Je S.H., Sampath S., Choi J.W., Coskun A. Effect of N-substitution in naphthalenediimides on the electrochemical performance of organic rechargeable batteries // *RSC Adv.* 2012. Vol. 2. P. 7968-7970.

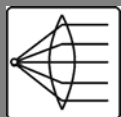
92. Zhao L., Zhao J., Hu Y.-S., Li H., Zhou Z., Armand M., Chen L. Disodium Terephthalate ($\text{Na}_2\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4$) as High Performance Anode Material for Low-Cost Room-Temperature Sodium-Ion Battery // *Adv. Energy Mater.* 2012. Vol. 2. P. 962-965.

93. Park Y., Shin D.-S., Woo S.H., Choi N.S., Shin K.H., Oh S.M., Lee K.T. and Hong S.Y. Sodium Terephthalate as an Organic Anode Material for Sodium Ion Batteries // *Adv. Mater.* 2012. Vol. 24. P. 3562-3567.

94. Abouimrane A., Weng W., Eltayeb H., Cui Y., Niklas J., Poluektov O., Amine K. Sodium insertion in carboxylate based materials and their application in 3.6 V full sodium cells // *Energy Environ. Sci.* 2012. Vol. 5. P. 9632-9638.

95. Gottis S., Barrès A.-L., Dolhem F., Poizot P. Voltage Gain in Lithiated Enolate-Based Organic Cathode Materials by Isomeric Effect // *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 2014. Vol. 6, No. 14. P. 10870-10876.





ЭВОЛЮЦИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР
ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ И ИМПУЛЬСНОМ
ФОТОННОМ ВОЗДЕЙСТВИЯХ (ОБЗОР)

Т.Л. Тураева

Воронежский государственный технический университет
394026 Воронеж, Московский пр., д. 14
Тел.: (8473) 246-27-00, e-mail: tlturaeva@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 06.06.15 Заключение совета экспертов: 09.06.15 Принято к публикации: 12.06.15

Представлен обзор работ, посвященных исследованию термического воздействия на тонкопленочные структуры Ag-Cu, Au-Pt и Cu-Ni и сравнительному исследованию влияния импульсной фотонной обработки излучением ксеноновых ламп и термической обработки в эквивалентных температурных условиях на процесс рекристаллизации однофазных поликристаллических пленок благородных металлов Au, Pt и Pd.

Ключевые слова: тонкие пленки, межфазные границы, дислокации несоответствия, решетка совпадающих узлов, импульсная фотонная обработка, структура, ориентация, термический отжиг.

EVOLUTION OF THIN-FILM STRUCTURES BY THERMAL
AND PULSED PHOTON EFFECTS

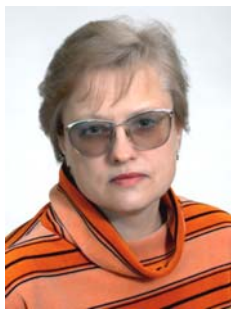
T.L. Turaeva

Voronezh State Technical University
14 Moscow ave., Voronezh, 394026, Russia
Tel.: (8473) 246-27-00, e-mail: tlturaeva@mail.ru

Referred: 06.06.15 Expertise: 09.06.15 Accepted: 12.06.15

Presents a review of works devoted to the study of thermal effects in thin-film patterns of the Ag-Cu, Au-Pt and Cu-Ni and comparative study of the effect of pulsed photon radiation treatment xenon lamps and heat treatment equivalent temperature conditions on the process of recrystallization of single-phase polycrystalline films of noble metals Au, Pt and Pd.

Keywords: thin films, interphase boundaries, misfit dislocations, lattice matching nodes, pulse photon processing, structure, orientation, thermal annealing.



Татьяна Леонидовна
Тураева
Tatiana L. Turaeva

Сведения об авторе: доцент, канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой физики Воронежского государственного технического университета (ВГТУ).

Образование: Воронежский политехнический институт по специальности «Физика твердого тела» (1983).

Область научных интересов: материаловедение тонких пленок и наноструктур.

Публикации: 62.

Information about the author: associate Professor, candidate of phys.-math. sciences, head of Department of Physics, Voronezh State Technical University (VSTU).

Education: Voronezh Polytechnic Institute (VPI), "The Solid State Physics" (1983).

Research area: materials science of thin films and nanostructures.

Publications: 62.

Введение

Для создания гетерофазных структур применяют различные способы повышения диффузионной активности атомов, обеспечивающие локализацию энергии для активации процессов твердофазных реакций. Одним из основных способов является термическая обработка (ТО) при относительно высоких температурах в течение нескольких десятков минут. Однако интенсификация подвижности атомов путем проведения процесса при повышенных температурах в ряде случаев сопровождается ухудшением физико-механических свойств изделий вследствие роста зерна и охрупчивания материала. Если речь идет о гетероструктурах, содержащих полупроводниковые фазы, то длительная термообработка может привести к нежелательному диффузионному перераспределению легирующих элементов в уже сформированных *p-n* переходах, внедрению быстродиффундирующих примесей из металла в объем пластины и т.д. Известны и другие способы повышения диффузионной подвижности атомов: электронно-лучевая, ионно-лучевая обработка.

В ряде исследований выявлены эффекты фотонного воздействия на металлы и металлосодержащие гетероструктуры. Экспериментально установлены эффекты как лазерного излучения [1, 2], так и излучений со значительно меньшими значениями потока световой энергии: воздействие ультрафиолетового излучения дейтериевой лампы в спектральном диапазоне 0,1–0,2 мкм на свойства алюминиевых пленок отмечено в [3]; ускорение силицидо- и карбидообразования в металлосодержащих гетероструктурах в результате импульсной фотонной обработки (ИФО) излучением мощных ксеноновых ламп показано авторами работ [4, 5].

При таких воздействиях в материалах образуются новые фазы и, соответственно, межфазные границы (МГ), в системах реализуются оптимальные ориентационные соотношения: когда имеется несоответствие по параметру (f_0) и разориентации решеток (θ) МГ свойственна собственная релаксированная периодическая структура с периодом, равным периоду 0-решеток.

К моменту постановки настоящей работы был накоплен большой экспериментальный материал по исследованию МГ эпитаксиального типа в системах с малым несоответствием параметров кристаллических решеток. Показана возможность применения моделей решетки совпадающих узлов (PCY) и 0-решетки, созданных для описания границ зерен (ГЗ), к МГ в системах с большим несоответствием параметров и к МГ кручения (к несоответствию f_0 добавляется несоответствие по углу $\Delta\theta$). Однако специальные МГ, кроме границ, соответствующих ориентационным соотношениям Нишиямы – Вассермана и Курдюмова – Закса, практически не исследовали.

Поскольку сложность совокупного процесса при твердофазных реакциях в гетеросистемах затрудняет количественную оценку эффекта фотонной обработки, то было проведено сравнительное исследование влияния ИФО излучением ксеноновых ламп и ТО в эквивалентных термических условиях на процесс рекристаллизации однофазных поликристаллических пленок благородных металлов Au, Pt и Pd, контролируемый самодиффузией и миграцией межзеренных границ.

Методика эксперимента

Для экспериментального определения характера зависимости энергии МГ от угла разориентации кристаллических решеток фаз и выявления специальных МГ использована методика, в основе которой лежит диффузионное спекание монокристаллических пленок одной фазы и одноориентационных островковых пленок второй фазы с электронно-дифракционным контролем ориентационных изменений в островковой фазе [6–8].

Монокристаллические пленки получали методом термического испарения Au, Ag и Cu из вольфрамовых корзиночек, Pt и Ni с вольфрамовой нити диаметром 1 мм. Для получения более совершенных монокристаллических пленок и наступления сплошности на более ранних стадиях роста поток конденсируемых атомов ионизировали с помощью электронной пушки. Скорость конденсации и температура подложки подбирались таким образом, чтобы

обеспечить получение совершенных монокристаллических пленок и островковых пленок с максимальным размером островков. На ранней стадии роста пленок для закрепления зародышей напылялся тонкий слой углерода методом дугового распыления углеродных стержней.

Выявление низкоэнергетических межфазных границ проводили методом спекания островков одной фазы с монокристаллической пленкой другой. Этот метод обеспечивает надежную статистику, одну плоскостную ориентацию островков, возможность интегральной оценки ориентации островков по картине дифракции электронов и возможность наблюдения структуры МГ. На поверхность монокристаллической пленки одного металла помещали зафиксированную углеродной пленкой одноориентационную островковую пленку другого металла в заданной относительной разориентации (вблизи специальной). Полученные таким образом образцы разрезали на части: одна часть образца для исследования ориентации и структуры до отжига, вторая – после отжига.

Системы Au-Pt отжигали на воздухе при температуре 800 К, время отжига составляло 1-3 часа. Системы Ag-Cu и Cu-Ni спекали в среде водорода при $T = 540-570$ К в течение 0,5-1 часа.

Для создания МГ монокристаллические пленки металлов складывали так, чтобы между ними выполнялось заданное ориентационное соотношение. Затем их делили на две части: для исследования исходного образца и после отжига. Полученные бикристаллы Au-Pt отжигали на воздухе, Ag-Cu и Cu-Ni в среде H_2 при указанных выше режимах.

Для изучения закономерностей рекристаллизации тонких металлических пленок были подготовлены следующие типы гетероструктур: Au-SiO₂-Si-SiO₂-Au, Pt-SiO₂-Si-SiO₂, Pd-SiO₂-Si-SiO₂-Pd. ИФО проводили в вакууме при давлении 10^{-3} Па на установке УОЛП – 1М пакетами импульсов длительностью 0,01 с в течение 2 с. Значения потока поглощаемой образцом энергии (E_n) рассчитаны с учетом эффективных коэффициентов отражения исследуемых материалов в действующем диапазоне длин волн и составили 80-175 Дж/см² для Au и 100-230 Дж/см² для Pt и Pd, что соответствует потоку фотонов порядка 10^{20} квантов/см². Температуру для термического отжига определяли в соответствии с методикой, описанной в [5].

Эквивалентные по температурному режиму ИФО и ТО были реализованы в двух вариантах: 1) при двухстороннем нанесении пленки металла (гетероструктуры Au-SiO₂-Si-SiO₂-Au и Pd-SiO₂-Si-SiO₂-Pd) – облучением образцов с одной стороны, обеспечивающим в силу малого перепада температур практически одинаковый температурный режим для обеих пленок Au (Pd) (согласно [9] разница температур на обеих сторонах не превышает 2,5 К и устанавливается за 1,2 с); 2) при одностороннем нанесении пленки (гетероструктура Pt-SiO₂-Si-SiO₂) – опусканием образца в коаксиальную печь на 2 с при температуре

печи, обеспечивающей установившуюся при ИФО температуру образца (T_y). Поскольку оптические и теплофизические характеристики металлов в зависимости от температуры изменяются в достаточно широком диапазоне, то рассчитанные значения T_y , а значит, и значения температуры печи, лишь в некотором приближении можно считать эквивалентными истинной T_y образцов при соответствующих режимах ИФО. В связи с этим для оценки близости рассчитанных и истинных значений T_y образцы гетероструктур Au-SiO₂-Si-SiO₂-Au отжигали и погружением в коаксиальную печь.

Структурные изменения в пленках после ИФО и ТО исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии.

Результаты и обсуждение

Система Ag-Cu

Межфазная граница (001)[100]Ag || (110)[1 $\bar{1}$ 1]Cu. На рис. 1 приведены электронограмма исходного двуслойного образца Ag-Cu и увеличенные фрагменты электронограмм от исходного образца и после термического отжига различной длительности. Увеличенные фрагменты электронограмм свидетельствуют об ориентационных изменениях, происходящих при отжиге.

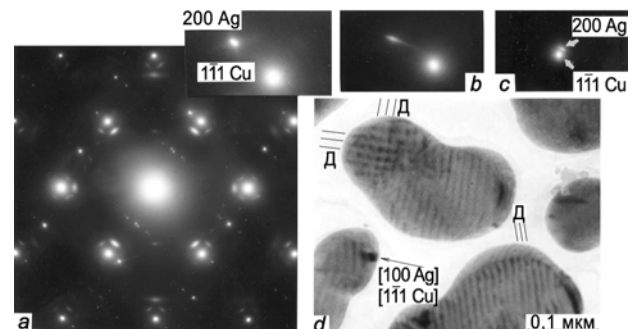


Рис. 1. Электронограмма (a) и увеличенные фрагменты исходного образца с разориентацией вблизи (001)[100]Ag || (110)[1 $\bar{1}$ 1]Cu (a) и после отжига в течение 0,3 ч (b) и 0,5 ч (c); d – микрофотография образца после отжига

Fig. 1. Electronography (a) and enlarged fragments of the original sample misorientation close to (001)[100]Ag || (110)[1 $\bar{1}$ 1]Cu (a) and after annealing within 0,3 h (b) and 0,5 h (c); (d) – micrograph of the sample after annealing

В образцах, отоженных при $T = 580$ К в течение 0,3 ч, наблюдается непрерывный ряд углов разориентации от $\Delta\theta \approx 9$ до $\Delta\theta = 0^\circ$ (рис. 1, b). Отжиг при той же температуре в течение 0,5 часа приводит к полной перестройке островковой структуры в ориентацию совпадения, для которой $\Delta\theta = 0$ (рис. 1, c). Таким образом, при отжиге происходит вращение островков Ag в ориентацию $\langle 100 \rangle Ag \parallel [1 \bar{1} 1] Cu$ при сохранении плоскостной ориентации. Существенных

морфологических изменений в процессе спекания не произошло, однако очевидны структурные изменения. В островках после отжига появился периодический контраст, имеющий дислокационную природу, т.е. несоответствие на этой МГ устраняется двумя ортогональными системами дислокаций.

Межфазная граница $(111)[0\bar{1}1]\text{Ag} \parallel (001)[110]\text{Cu}$. Для МГ данной ориентации ориентационные изменения в процессе термического отжига не выявлены, однако произошли существенные морфологические и структурные изменения: нарушилась сплошность пленки Ag из-за ее автокоалесценции вследствие незначительной межфазной связи и на двухслойных участках образца образовались системы дислокаций. Для объяснения их природы рассмотрена геометрия решетки, образующейся при соответствующем наложении решеток Ag и Cu. Несовпадение параллельных плоскостей типа (110) при сопряжении фаз может компенсироваться решеточными дислокациями с вектором Бюргерса типа $\frac{1}{2} \langle 110 \rangle$. Если считать, что межфазная граница релаксирует к некоторой средней решетке и вектор Бюргерса является ее вектором $\vec{b} = a_{\text{cp}}/2 \langle 110 \rangle$, то период дислокаций, рассчитанный по формуле $P_d = |\vec{b}|/F_0$, составляет $\sim 24,73$ нм.

Экспериментально наблюдаемые дислокации входят в островки Ag, образовавшиеся в процессе нарушения сплошности, в трех направлениях, перпендикулярных $\langle 110 \rangle$ Ag, однако максимальная плотность дислокаций достигается в одном направлении, перпендикулярном $[01\bar{1}]\text{Ag} \parallel [1\bar{1}0]\text{Cu}$. Период дислокаций, измеренный по микрофотографии, составляет $\sim 24,0$ нм, что соответствует расчетному значению. Таким образом, установлено, что на межфазной границе $(111)[0\bar{1}1]\text{Ag} \parallel (001)[110]\text{Cu}$ отклонение от точной PCY компенсируется системой дислокаций с решеточным вектором Бюргерса [7, 10].

Система Pt-Au. $(001)\text{Pt} \parallel (001)\text{Au}$

На рис. 2 приведены электронограммы, полученные от исходного двухслойного образца $(001)\text{Pt} \parallel (001)\text{Au}$ с исходной разориентацией $\theta_{\text{и}} \approx 38^\circ$ (ближайшая ориентация совпадения $\theta_{\text{к}} = 36,87^\circ$) до (а) и после (б) отжига.

Анализ электронограмм показал, что после отжига появились ранее отсутствовавшие отражения Pt в окрестности отражений Au (расположены по дуге окружности и на рис. 1, b показаны стрелкой). Это свидетельствует о том, что островки Pt в процессе поворота от исходного положения с $\theta_{\text{и}} \approx 38^\circ$ до $\theta = 0^\circ$ не фиксируются в ориентациях близкого совпадения, находящихся в этом интервале.

Если в исходных образцах Pt наряду с островками $(001)\text{Pt} \parallel (001)\text{Au}$ присутствовали островки с плоскостной ориентацией $(111)\text{Pt} \parallel (001)\text{Au}$ (что свойственно эпитаксиальным островковым пленкам ГЦК ме-

таллов на NaCl), то при отжиге наблюдается взаимная ориентация $(111)[1\bar{1}0]\text{Au} \parallel (111)[1\bar{1}0]\text{Pt}$. При этом происходит разрушение монокристаллической пленки Au, нарушается ее сплошность. Природа наблюдаемого эффекта заключается в том, что, во-первых, поверхностная энергия для грани (111) ГЦК металлов на 13,3% меньше, чем для (001) [11]; во-вторых, парциальный коэффициент диффузии Au в Pt выше. Поэтому перестройка островка в ориентацию (001) невыгодна, и при отжиге приотстровочная область сплошной пленки Au (001) становится источником для диффузии атомов Au в островки (111) Pt. В итоге происходит образование лунки или сплошного отверстия в пленке Au.

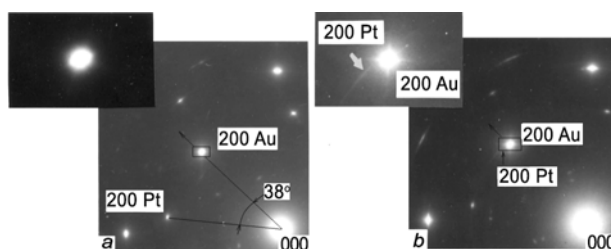


Рис. 2. Фрагменты электронограмм исходного образца островочная пленка $(001)\text{Pt}$ – монокристаллическая пленка $(001)\text{Au}$ с $\theta_{\text{и}} \approx 38^\circ$ (ось разориентации $\langle 001 \rangle$) до (а) и после отжига (б)

Fig. 2. Fragments of electron diffraction initial sample insular film $(001)\text{Pt}$ – monocrystalline film $(001)\text{Au}$ with $\theta_{\text{и}} \approx 38^\circ$ (axis orientation of $\langle 001 \rangle$) before (a) and after annealing (b)

Трехслойная структура в системах Au-Pt и Cu-Ni

Анализ электронограмм от спеченных монокристаллических пленок ориентаций (001) систем Au-Pt и Cu-Ni, развернутых друг относительно друга на углы, близкие к специальным $(18,5$ и $36,9^\circ)$, показал, что они отвечают дифракции на трехслойных структурах. В результате диффузии происходит перестройка сопрягающихся решеток вблизи МГ во взаимно параллельную ориентацию с $\theta = 0$, в то время как слой, удаленный от МГ, остается в исходной ориентации, т.е. формируется трехслойная структура, схема которой показана на рис. 3. При этом между пленкой Pt и твердым раствором на основе Au (α_1) формируется МГ с $\theta = 0$, а пленка Au находится в высокоугловой разориентации $36,9^\circ$ относительно твердого раствора и между ними образуется специальная МГ с очень малым несоответствием. Измеренный период и направление наблюдаемой дислокационной структуры соответствуют рассчитанным для МГ Pt-твердый раствор на основе Au ($a = 0,405$ нм) с $\theta = 0$.



Рис. 3. Схема образовавшейся трехслойной структуры
Fig. 3. The scheme formed three-layer structure

Аналогичная трехслойная структура после отжига образовалась и в бикристаллах Cu-Ni. Наблюдается структура МГ с $\theta = 0$, период дислокаций составляет 11 нм, что соответствует уменьшению несоответствия на ней до величины $f_0 = 0,023$ за счет диффузионного перемешивания слоев и сближения параметров решеток при образовании твердого раствора (несоответствие между кристаллическими решетками Cu и Ni составляет 0,026).

Таким образом, при спекании пленок данных систем в ориентационном соотношении, отвечающем точной зернограницной ориентации совпадения, выгоднее образование трехслойных структур с параллельной межфазной границей и специальной МГ с очень малым несоответствием.

Монокристаллическая пленка Au (110) – монокристаллическая пленка Pt (110)

Методом машинного моделирования было показано, что для границ зерен глубина энергетического минимума, соответствующего двойниковой ориентации ($\kappa = 70,5^\circ$, $\langle 110 \rangle$), сравнима с соответствующей величиной для параллельной ориентации. В то же время эта ориентация обнаруживается в системе Ag-Cu. Для оценки предельной величины несоответствия f_0 , при которой существование двойниковых межфазных границ энергетически оправданно, и для выявления возможности реализации таких границ в системах со средней величиной f_0 провели эксперимент по спеканию двухслойных пленок (110)Pt || (110)Au.

Ориентационные и субструктурные изменения, происходящие в образце (110)Pt || (110)Au с исходной разориентацией $\kappa \approx 16^\circ$ проиллюстрированы на рис. 4. Ближайшая ориентация совпадения для этой МГ соответствует углу разориентации $\kappa = 19,47^\circ$ ($F_0 = 0,019$; $\Sigma_1/\Sigma_2 = 9/8$). Как видно из рис. 4, с, на электронограмме отожженного образца появляются отражения, векторы которых $\vec{g}_{Au} \parallel \vec{g}_{Pt}$, что свидетельствует о взаимной параллельной ориентации кристаллических решеток Au и Pt.

На рис. 4, d наблюдается одна система дислокаций, направление линий которых близко к общему направлению $\langle 100 \rangle$ Au, Pt, а период соответствует рассчитанному для дислокаций с вектором Бюргерса

$$\vec{b} = \frac{a}{2} [1\bar{1}0].$$

Межфазные дислокации вводятся на МГ переползанием дислокационных полупетель, зародившихся на поверхности одной из пленок. При спекании монокристаллических пленок (110)Au и (110)Pt, развернутых друг относительно друга на угол, близкий к специальному $\kappa = 70,5^\circ$, формируется МГ с $\kappa = 0$ с дислокационной структурой, аналогичной представленной на рис. 4. Направление линий дислокаций с вектором Бюргерса $\vec{b}_1$ близко к общему направлению $\langle 001 \rangle$ Au, Pt [8].

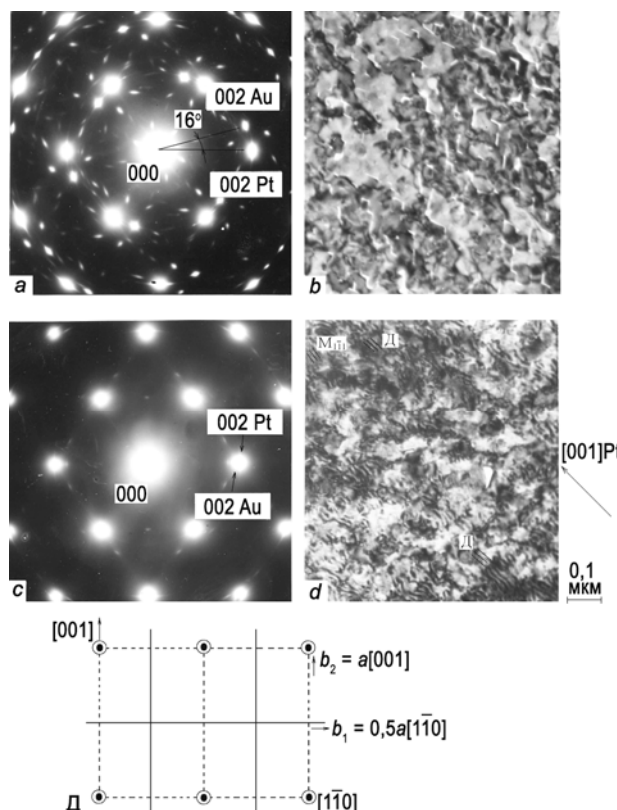


Рис. 4. Электронограммы и микрофотографии образца монокристаллическая пленка (110)Au – монокристаллическая пленка (110)Pt с $\kappa \approx 16^\circ$ до отжига (a, b) и после отжига (c, d); e – сетка межфазных дислокаций при параллельном сопряжении решеток по плоскости (110)

Fig. 4. The electron diffraction patterns and micrographs of sample single-crystal film (110)Au – single-crystal film (110)Pt with $\kappa \approx 16^\circ$ before annealing (a, b) and after annealing (c, d); e – grid interfacial dislocations with a parallel pair of lattices in the plane (110)

Таким образом, на примере системе Ag-Cu показано, что при несоответствии параметров кристаллических решеток $f_0 \approx 0,04$ возможна ориентация совпадения, отвечающая двойниковой в однородных материалах ($\langle 110 \rangle$, $\kappa = 70,5^\circ$). В то же время энергия МГ (110)Au-(110)Pt с $\kappa = 0$ значительно ниже, чем и определяется ее предпочтительность при спекании монокристаллических пленок [12].

Рекристаллизация тонких металлических пленок при ИФО

С целью установления эффекта ИФО на процесс рекристаллизации были проведены сравнительные исследования структурных изменений, происходящих при импульсной фотонной и эквивалентной термической обработке тонких пленок благородных металлов.

Все исходные пленки Au, Pt и Pd представляли собой нанодисперсные структуры: средний размер зерен Au около 20, Pt – 9,5, Pd – 20 нм. Микрофотографии структур пленок Au после ИФО и ТО приведены на рис. 5. Аналогичные изменения происходят

и в пленках Pt и Pd. Для всех исследованных образцов установлена разница средних линейных размеров зерен после ИФО и эквивалентной ТО, которая указывает на то, что при ИФО рекристаллизация металлических пленок идет активнее, чем при ТО. Характерной для всех металлов является неоднородность зеренной субструктуры на всех стадиях отжига, т.е. отдельные микроскопические участки образца рекристаллизуются с разной скоростью. Увеличение E_n при ИФО и T_y при ТО приводит к относительному увеличению размеров областей крупных зерен и уменьшению областей мелких зерен.

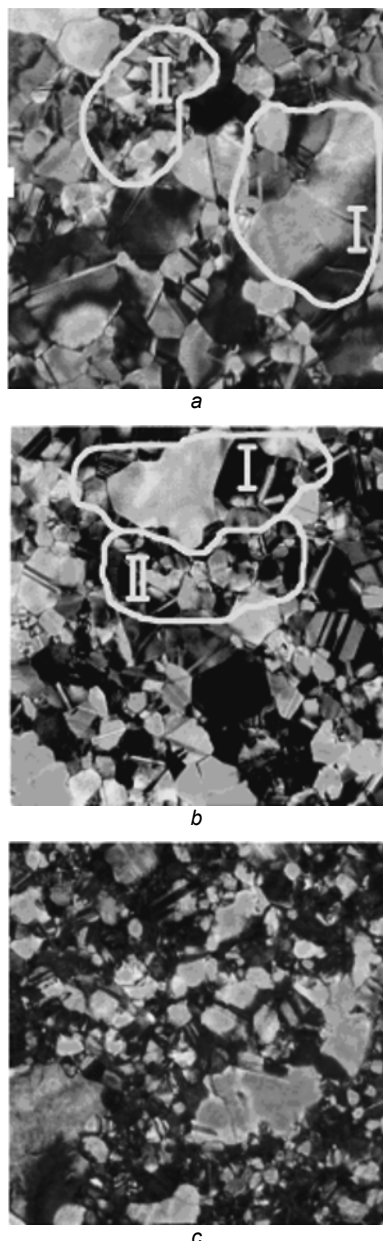


Рис. 5. Микрофотографии структуры пленок Au после ИФО с $E_n = 120 \text{ Дж/см}^2$ (a) и после ТО при температуре 1015 К (b – облучением; c – в печи)

Fig. 5. Micrograph of the structure of the Au film after IPV with $E_n = 120 \text{ j/cm}^2$ (a) and after annealing at a temperature of 1015 K (b – irradiation; c – in the oven)

При воздействии достаточно больших потоков энергии при ИФО неоднородность уменьшается за счет уменьшения относительной доли мелких зерен.

Из сравнения микрофотографий пленок Au после ТО погружением в печь (рис. 5, b) и облучением (рис. 5, c) следует идентичность характера структурных изменений при обоих способах нагрева. Обработка пленок Au в режиме, по расчетам близком к температуре плавления ($E_n = 175 \text{ Дж/см}^2$ и $T_y = 1340 \text{ К}$), изменяет рельеф поверхности, как плавление металлической пленки, что подтверждает правильность расчета температуры T_y . Для количественной оценки эффекта фотонной активации были рассчитаны зависимости средней скорости роста зерен (ν) пленок исследованных металлов от температуры при ИФО и ТО. Графики зависимости $\ln \nu$ от $1/T$ представлены на рис. 6. Все зависимости в пределах погрешности измерений аппроксимируются прямой линией, т.е. подчиняются соотношению Аррениуса. Для всех исследованных металлов обнаружено не только увеличение скорости роста зерен для каждой заданной температуры (все графики, построенные для образцов, прошедших ИФО, расположены выше по оси ординат, чем соответствующие графики для образцов после ТО), но и изменение угла наклона графиков к оси абсцисс (наклон графиков, построенных для образцов, прошедших ИФО, меньше, чем наклон соответствующих графиков для образцов после ТО). Рассчитанные значения энергии активации приведены на рис. 6. Для случая ТО они соответствуют известным величинам для процессов, контролирующих миграцию границ зерен [13]. Существенно меньшие величины энергии активации при ИФО свидетельствуют о дополнительном механизме элементарных процессов, контролирующих рекристаллизацию.

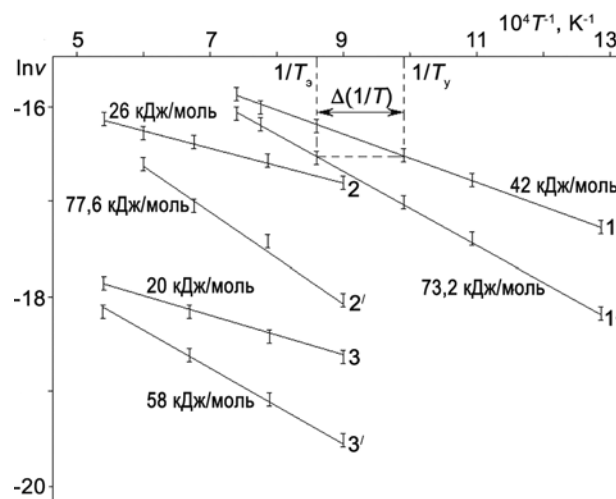


Рис. 6. Зависимости $\ln \nu$ от $1/T$ при рекристаллизации пленок: 1, 1' – Au для ИФО и ТО соответственно; 2, 2' – Pt; 3, 3' – Pd

Fig. 6. The dependence of $\ln \nu$ against $1/T$ in the recrystallization of the films: 1, 1' – Au for IPV and annealing corresponds respectively; 2, 2' – Pt; 3, 3' – Pd

При энергиях фотонов, соответствующих инфракрасной области спектра, электроны получают энергию за время импульса практически непрерывно, и переход в возбужденное состояние оказывается невозможным. В благородных металлах в видимой и ультрафиолетовой области начинается квантовое поглощение энергии фотонов электронами, например для Au $\lambda = 0,5$ мкм [14]. Поэтому при облучении образцов излучением ксеноновых ламп наряду с фоновым происходит возбуждение электронной подсистемы. Возбужденные электроны релаксируют большей частью безызлучательно [15].

Безызлучательный распад электронного возбуждения, локализованного в некотором малом объеме (точечные дефекты, примесь и т.п.), происходит благодаря электрон-фононному взаимодействию. Если это взаимодействие достаточно мало, то локализованное электронное возбуждение можно рассматривать как квазистационарное, резонансно взаимодействующее с кристаллическими фононами. В рамках теории нестационарных возмущений вероятность распада электронного возбуждения некоторого примесного центра является функцией плотности энергетических состояний, близких по значению энергии к квазистационарному. Поскольку количество таких состояний в веществе ограничено, возбужденное электронное состояние распадается с возбуждением колебаний лишь некоторых частот (мод нормальных колебаний), находящихся в «резонансе» с первоначальным состоянием. Это обстоятельство указывает на то, что сначала возбуждаются не все нормальные колебания кристалла, а только некоторые. Таким образом, в начальные моменты распада энергия электронного возбуждения сразу не переходит в энергию тепловых колебаний, которые отличаются равномерным распределением энергии по всем степеням свободы, и ограниченному числу возбужденных колебательных мод соответствуют колебания атомов кристалла с амплитудами, значительно превышающими тепловые. Это равносильно испусканию из места локализации первоначального электронного возбуждения большого количества фоонов, т.е. гиперзвука высокой интенсивности.

Проходя вглубь кристалла, гиперзвуковые волны способны произвести перестройку структуры кристалла, создать новые дефекты, что возможно лишь при очень высоких температурах. Такое воздействие можно описать эффективной температурой T_3 , при которой возможны такие же амплитуды колебаний. T_3 значительно выше T_y , причем с увеличением потока поступающей на образец энергии разность между ними $\Delta T = T_3 - T_y$ уменьшается. На рис. 6 показаны величины $1/T_3$ и $1/T_y$, характерные для пленок Au при воздействии на них световых потоков с $E_n = 120$ Дж/см² ($T_{y1} = 1170$ К, $T_{y1} = 1015$ К, $\Delta T_1 = 155$ К) и $E_n = 80$ Дж/см² ($T_{y2} = 955$ К, $T_{y2} = 775$ К, $\Delta T_2 = 180$ К).

В условиях распространения гиперзвуковой волны в кристалле весьма эффективным в диссипации

неравновесного состояния оказывается формирование большого количества точечных дефектов – вакансий и межузельных атомов, которые могут самоорганизовываться и создавать скопления или пары Френкеля, т.е. при облучении происходит изменение структуры в наноразмерных областях. Образующиеся в кристалле группы атомов – краудины – имеют невысокую энергию активации миграции (несколько десятых долей эВ в расчете на 1 атом), что сопоставимо с полученными результатами (энергия активации роста зерен при ИФО в пленке Au в расчете на 1 атом составляет 0,42 эВ, в Pt – 0,26 эВ, в Pd – 0,2 эВ). Таким образом, в процессе ИФО становится возможной реализация дополнительного механизма самодиффузии и миграции межзеренных границ, обусловленного высокой подвижностью образовавшихся дефектов, что приводит к уменьшению энергии активации рекристаллизации.

В рамках предложенного механизма [16-22] можно объяснить и более значительное уменьшение энергии активации роста зерен в пленках Pt и Pd при ИФО по сравнению с ТО, чем в Au. При приблизительно равных условиях поглощения световой энергии в металлах большая теплопроводность Au, чем Pt и Pd, приводит к более быстрому переходу энергии в тепловые колебания решетки, в то время как меньшая теплопроводность Pt и Pd обуславливает большую перекачку поглощенной световой энергии в энергию гиперзвуковых волн.

Экспериментальные результаты и предложенный механизм хорошо согласуются с обнаруженным авторами [23] уменьшением энергии активации диффузии в металлических образцах Cu–Ag, Cu–Sb и Cu–Sn в результате облучения ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами, а также с обнаруженной в [24] зависимостью структуры поверхности монокристалла меди от длины волны лазерного излучения.

Выводы

1. На примере системы Ag-Cu (большое несоответствие параметров $f_0 \approx 0,12$) подтвержден немонотонный характер зависимости энергии МГ от угла разориентации решеток сопрягающихся фаз. Показана принципиальная возможность реализации специальных МГ в системах с большим несоответствием параметров при определенных условиях. Установлено, что несоответствие РСУ на МГ устраняется междиффузионными дислокациями. Вектор Бюргерса дислокаций специальных МГ определяется или из совокупности векторов, соответствующих полной решетке наложений, или решеточных векторов (если имеются почти совпадающие направления малых индексов в решетках фаз).

2. Установлено, что при отжиге систем островковая пленка (001)Au (Pt) – монокристаллическая пленка (001)Pt (Au) при любых исходных азимутальных разориентировках происходит вращение островков в параллельную ориентацию ($\theta = 0$). При этом не



фиксируются азимутальные ориентации, соответствующие зернограницным или межфазным ориентациям совпадения, что свидетельствует о монотонной зависимости энергии межфазной границы до и. Для пленок с ориентацией (110) наблюдается поворот островков Au (Pt) от исходных разориентаций 65-75° к ориентации совпадения $\alpha_K = 70,5^\circ$ ($\langle 110 \rangle$, $\Sigma_1/\Sigma_2 = 3/3$, $F_0 = f_0 \approx 0,04$), которая представляет аналог двойниковой границы. Эти результаты свидетельствуют о том, что в системах со средней величиной несоответствия специальные межфазные границы не реализуются.

3. Установлен различный характер взаимодействия островков Au с поверхностью монокристаллической пленки Pt и островков Pt с поверхностью монокристаллической пленки Au, что обусловлено различием парциальных коэффициентов диффузии в системе. В первом случае кроме вращения островков наблюдается и диффузионное растекание с образованием диффузионного слоя параллельного сопряжения, во втором – только поворот островков.

Показано, что суммарное несоответствие (по параметру и ориентации) компенсируется межфазными дислокациями смешанного типа с вектором Бюргерса

типа $\frac{1}{2}\langle 110 \rangle$, а механизм поворота островков связан с выходом межфазных дислокаций из границы.

4. На примерах систем (001)Au – (001)Pt и (001)Cu – (001)Ni показано, что спекание монокристаллических пленок может сопровождаться расщеплением высокоугловых МГ ($\alpha_K = 18,5$ и $36,9^\circ$) на параллельную эпитаксиальную, через которую сопрягаются одна фаза с диффузионным слоем, и высокоугловую (специальную) МГ с малым несоответствием PCY, через которую сопрягаются диффузионный слой и вторая фаза.

5. Показано, что эффект ИФО излучением ксеноновых ламп проявляется в существенном ускорении роста зерен по сравнению с термически эквивалентным отжигом. Рассчитанные из экспериментальных данных значения энергии активации роста зерен при ИФО в 1,8-3,0 раза ниже, чем при ТО, что свидетельствует об изменении механизма процесса, контролирующего миграцию границ зерен. Эффект связывается с возможной активацией гиперзвуковых волн из-за сосуществования фононного и электронного возбуждений, локализованных в наноразмерных областях металлической пленки.

Список литературы

1. Paustovsky A.V., Shelud'ko V.E. Use of laser technology for modification of material properties (a review) // *Functional Materials*. 1999. Vol. 6, No. 5. P. 964-976.
2. Двуреченский А.В., Качурин Г.А., Нидаев Е.В., Смирнов Л.С. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов. М.: Наука, 1982.
3. Митрофанов А.В., Пудонин Ф.А., Филиппов М.Н. Контраст изображения алюминиевых пленок, прошедших радиационную обработку вакуумным ультрафиолетовым излучением // *Поверхность*. 1998. № 1. С. 79-86.
4. Иевлев В.М., Кушев С.Б., Санин В.Н. Твердофазный синтез силицидов при импульсной фотонной обработке гетеросистем Si – Me (Me: Pt, Pd, Ni, Mo, Ti) // *ФХОМ*. 2002. № 1. С. 27-31.
5. Иевлев В.М., Сербин О.В., Кушев С.Б. и др. Синтез пленок карбидов вольфрама при импульсной обработке пленочных гетероструктур W-C // *Вестник ВГТУ, Сер. Материаловедение*. 2002. Вып. 1.11. С. 87-93.
6. Тураева Т.Л. Специальные межфазные границы в пленочных системах Ag-Cu и Au-Pt. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Воронеж, 1990.
7. Бугаков А.В., Иевлев В.М., Тураева Т.Л. Специальные межфазные границы в системах с большим несоответствием параметров кристаллических решеток // *ФТТ*. 1990. Т. 32, № 9. С. 2711-2718.
8. Иевлев В.М., Тураева Т.Л., Кушев С.Б. Вращение островков Au на поверхности Pt // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 1989. № 4. С. 48-52.

References

1. Paustovsky A.V., Shelud'ko V.E. Use of laser technology for modification of material properties (a review) // *Functional Materials*. 1999. Vol. 6, No. 5. P. 964-976.
2. Dvurečenskij A.V., Kačurin G.A., Nidaev E.V., Smirnov L.S. Impul'snyj otžig poluprovodnikovyh materialov. M.: Nauka, 1982.
3. Mitrofanov A.V., Pudonin F.A., Filippov M.N. Kontrast izobraženiâ alüminievych plenok, prošedših radiacionnuû obrabotku vakuumnym ul'trafiol'etovym izlučeniem // *Poverhnost'*. 1998. № 1. С. 79-86.
4. Ievlev V.M., Kušev S.B., Sanin V.N. Tverdogfaznyj sintez silicidov pri impul'snoj fotonnoj obrabotke geterosistem Si – Me (Me: Pt, Pd, Ni, Mo, Ti) // *FHOM*. 2002. № 1. С. 27-31.
5. Ievlev V.M., Serbin O.V., Kušev S.B. i dr. Sintez plenok karbidov vol'frama pri impul'snoj obrabotke plenočnyh geterostruktur W-C // *Vestnik VGTU, Ser. Materialovedenie*. 2002. Vyp. 1.11. С. 87-93.
6. Turaeva T.L. Special'nye mežfaznye granicy v plenočnyh sistemah Ag-Cu i Au-Pt. Avtoref. dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. Voronež, 1990.
7. Bugakov A.V., Ievlev V.M., Turaeva T.L. Special'nye mežfaznye granicy v sistemah s bol'shim nesootvetstviem parametrov kristalličeskikh rešetok // *FTT*. 1990. T. 32, № 9. S. 2711-2718.
8. Ievlev V.M., Turaeva T.L., Kušev S.B. Vrašenie ostrovkov Au na poverhnosti Pt // *Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovaniâ*. 1989. № 4. S. 48-52.

9. Иевлев В.М., Кушев С.Б., Сербин О.В. и др. Эффект двухсторонней импульсной фотонной обработки гетероструктур Me-Si // Вестник ВГТУ. Сер. Материаловедение. 2001. № 1.10. С. 77-79.
10. Иевлев В.М., Тураева Т.Л., Бурова С.В. Специальные межфазные границы в системе Ag-Cu // ФММ. 1990. Т. 70. № 8. С. 192-195.
11. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир, 1974.
12. Иевлев В.М., Бугаков А.В., Ирхин Б.П., Тураева Т.Л. Межфазные границы двойникового типа // ФТТ. 1991. Т. 33, № 10. С. 2882-2887.
13. Бокштейн Б.С., Копецкий Ч.В., Швиндлерман Л.С. Термодинамика и кинетика границ зерен в металлах. М.: Металлургия, 1986.
14. Соколов А.В. Оптические свойства металлов. М.: Физ.-мат. лит., 1961.
15. Медведев Э.С., Ошеров В.И. Теория безызлучательных переходов в многоатомных молекулах. М.: Наука, 1983.
16. Иевлев В.М., Тураева Т.Л., Латышев А.Н., Селиванов В.Н. Эффект фотонной активации процесса рекристаллизации металлических пленок // Докл. АН. 2003. Т. 393, № 4. С. 508-510.
17. Иевлев В.М., Тураева Т.Л., Латышев А.Н., Синельников А.А., Селиванов В.Н. Влияние фотонного облучения на процесс рекристаллизации тонких металлических пленок // ФММ. 2007. Т. 103, № 1. С. 61-66.
18. Иевлев В.М., Латышев А.Н., Ковнеристый Ю.К., Тураева Т.Л., Вавилова В.В., Овчинников О.В., Селиванов В.Н., Сербин О.В. Механизм фотонной активации процесса рекристаллизации металлических пленок // Химия высоких энергий. 2005. Т. 39, № 6. С. 455-461.
19. Ievlev V.M., Latyshev A.N., Selivanov V.N., Turaeva T.L., Sinelnikov A.A. Effect of photon irradiation on the process of recrystallization of thin metallic films // The Physics of Metals and Metallography. 2007. Vol. 103, No. 1. P. 58-63.
20. Тураева Т.Л. Термо- и фотоактивационные процессы эволюции субструктуры тонких металлических пленок // Неоднородные материалы и конструкции. Избр. труды Всероссийской конф. по проблемам науки и технологий. 2013. С. 113-129.
21. Тураева Т.Л., Синельников А.А. Эффект фотонного облучения в рекристаллизации тонких пленок Pd // Вестник ВГТУ. 2005. № 1.17. С. 45-48.
22. Ievlev V.M., Turaeva T.L., Latyshev A.N., Selivanov V.N. Effect of photon activation of recrystallization of metal films // Doklady Physical Chemistry. 2003. Vol. 393, No. 4-6. P. 337-338.
23. Гуманский Г.А., Шпилевский Э.М. Влияние подпороговых излучений на диффузию в металлических системах / В сб. Ядерно-радиационная физика и технология. Тула: ТПИ. 1976.
24. Ernst H.-J., Charra F., Douillar L. Interband electronic excitation – assisted atomic scale restructuring of metal surfaces by nanosecond pulsed laser light // Science. 1998. Vol. 279 (5351). P. 679-681.
9. Ievlev V.M., Kušov S.B., Serbin O.V. i dr. Èffekt dvuhstoronnej impul'snoj fotonnoj obrabotki geterostruktur Me-Si // Vestnik VGTU. Ser. Materialovedenie. 2001. № 1.10. S. 77-79.
10. Ievlev V.M., Turaeva T.L., Burova S.V. Special'nye mežfaznye granicy v sisteme Ag-Cu // FMM. 1990. T. 70. № 8. S. 192-195.
11. Kelli A., Grovs G. Kristallografiâ i defekty v kristallah. M.: Mir, 1974.
12. Ievlev V.M., Bugakov A.V., Irhin B.P., Turaeva T.L. Mežfaznye granicy dvojnikovogo tipa // FTT. 1991. T. 33, № 10. S. 2882-2887.
13. Bokštejn B.S., Kopeckij Č.V., Švindlerman L.S. Termodinamika i kinetika granic zeren v metallah. M.: Metallurgîâ, 1986.
14. Sokolov A.V. Optičeskie svojstva metallov. M.: Fiz.-mat. lit., 1961.
15. Medvedev È.S., Ošerov V.I. Teoriâ bezyzlučatel'nyh perehodov v mnogoatomnyh molekulah. M.: Nauka, 1983.
16. Ievlev V.M., Turaeva T.L., Latyšev A.N., Selivanov V.N. Èffekt fotonnoj aktivacii processa rekristallizacii metalličeskikh plenok // Dokl. AN. 2003. T. 393, № 4. S. 508-510.
17. Ievlev V.M., Turaeva T.L., Latyšev A.N., Sinel'nikov A.A., Selivanov V.N. Vliânie fotonnoho oblučeniâ na process rekristallizacii tonkih metalličeskikh plenok // FMM. 2007. T. 103, № 1. S. 61-66.
18. Ievlev V.M., Latyšev A.N., Kovneristyj Ū.K., Turaeva T.L., Vavilova V.V., Ovčinnikov O.V., Selivanov V.N., Serbin O.V. Mehanizm fotonnoj aktivacii processa rekristallizacii metalličeskikh plenok // Himiâ vysokih ènergij. 2005. T. 39, № 6. S. 455-461.
19. Ievlev V.M., Latyshev A.N., Selivanov V.N., Turaeva T.L., Sinelnikov A.A. Effect of photon irradiation on the process of recrystallization of thin metallic films // The Physics of Metals and Metallography. 2007. Vol. 103, No. 1. P. 58-63.
20. Turaeva T.L. Termo- i fotoaktivacionnye processy èvolûcii substrukтуры tonkih metalličeskikh plenok // Neodnorodnye materialy i konstrukcii. Izbr. trudy Vserossijskoj konf. po problemam nauki i tehnologii. 2013. S. 113-129.
21. Turaeva T.L., Sinel'nikov A.A. Èffekt fotonnoho oblučeniâ v rekristallizacii tonkih plenok Pd // Vestnik VGTU. 2005. № 1.17. S. 45-48.
22. Ievlev V.M., Turaeva T.L., Latyshev A.N., Selivanov V.N. Effect of photon activation of recrystallization of metal films // Doklady Physical Chemistry. 2003. Vol. 393, No. 4-6. P. 337-338.
23. Gumanskij G.A., Špilevskij È.M. Vliânie podporogovyh izlučenij na diffuziû v metalličeskikh sistemah / V sb. Âderno-radiacionnâ fizika i tehnologiâ. Tula: TPI. 1976.
24. Ernst H.-J., Charra F., Douillar L. Interband electronic excitation – assisted atomic scale restructuring of metal surfaces by nanosecond pulsed laser light // Science. 1998. Vol. 279 (5351). P. 679-681.

Транслитерация по ISO 9:1995



АКЦИЯ «АРХИВНЫЕ НОМЕРА 2000–2013»

Научно-технический центр «ТАТА»
предлагает приобрести архивные номера журналов

1. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE) (2000-2013).
2. Международный научный журнал «Письма в "АЭЭ"» (№ 1, 2014).
3. Международный научный журнал «Космонавтика» (№ 1, 2011; № 1-2 и № 3-4, 2012).
4. Международный научный журнал «Фундаментальная и прикладная физика» (№ 1, 2012).
5. Международный научный журнал «История оружия и военного искусства» (№ 1-2, 2012).

Стоимость 1 номера – 360 руб. (почтовые расходы по территории РФ включены).

Стоимость 6 номеров (любых) – 1860 руб. (почтовые расходы по территории РФ включены).

Стоимость 12 номеров (любых) – 3000 руб. (почтовые расходы по территории РФ включены).

Количество журналов ограничено!

По вопросам приобретения обращаться по тел.: 8(831-30)6-31-07

e-mail: p.maximova@hydrogen.ru

(Максимова Полина Александровна)



ВТОРОЙ ВСЕМИРНЫЙ КОНГРЕСС «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ» - WCAEE-2015

(в дистанционном режиме – Webinar.ru)

<http://www.hydrogen.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=index&catid=&topic=5>

**Международная конференция
по проблемам адаптации
возобновляемых источников энергии
к российским климатическим условиям
ICARES-2015
20-24 мая 2015 г.,
г. Саров, Россия**



**International Conference
on Adaptation
of Renewable Energy Sources
to the Russian Climate Conditions
ICARES-2015
20-24 May, 2015
Sarov, Russia**

Первое информационное сообщение

Уважаемые коллеги и друзья!

Приглашаем к участию во **Втором всемирном конгрессе
«Альтернативная энергетика и экология» - WCAEE-2015.**

Второй всемирный конгресс «Альтернативная энергетика и экология» - WCAEE-2015 (20.05.2015-20.05.2016) включает международные научные мероприятия очной и дистанционной формы организации (с представлением научных докладов в режиме online, online-обсуждением каждого доклада и принятием решения Оргкомитета о публикации доклада в Сборнике научных трудов в Специальных и текущих выпусках Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»).

В рамках Конгресса пройдет 5 международных научных конференций, 12 международных научных курсов, 3 международных научных семинара. Очное мероприятие будет проведено на территории Технопарка «Саров».

В работе Второго всемирного конгресса предполагается участие ученых из 50 стран мира.

В рамках Конгресса пройдет 5 конференций.

Первая конференция **ICARES-2015** посвящена обсуждению вопросов по перспективным направлениям развития возобновляемых источников в России. Форма участия в конференции в дистанционном режиме с использованием системы **Webinar.ru**. Подробную информацию о конференции можно посмотреть на сайтах организатора конференции: <http://www.hydrogen.ru/> и <http://isjaee.hydrogen.ru>.

Рабочие языки: русский и английский. Будет обеспечен перевод с английского на русский.

Секции конференции

1. Состояние и перспективы развития ветровой, солнечной, геотермальной, морской гидроэнергетики (энергетика морских волн и энергетика морских течений), водородной, волновой, малой гидравлической и биоэнергетики в России.
2. Проблемы энергосбережения в климатических условиях России.
3. Термоградиентная энергетика. Низкопотенциальное тепло как источник энергии.
4. Новые методы и материалы для строительства энергоэффективных зданий в России.
5. Биоинженерные технологии для альтернативной энергетики.
6. Тепло- и массоперенос, управление, а также методы их измерения в энергетических установках.
7. Надежное энергоснабжение как приоритетное направление в энергетике.
8. Аккумуляирование электрической, тепловой, механической энергии.

Основные даты

Начало регистрации и приема тезисов – **1 мая 2015 г.**

Последний срок подачи тезисов – **15 мая 2015 г.**

Проведение конференции – **с 20 по 24 мая 2015 г.**

Регистрация и подача тезисов

Для участия в конференции необходимо зарегистрироваться на сайте <http://isjaee.hydrogen.ru>.

Для формирования программы конференции и сборника материалов необходимо до 15 мая 2015 г. подать заявки и предоставить материалы докладов на адреса электронной почты Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». E-mail: congress@hydrogen.ru; redactor@hydrogen.ru; info@hydrogen.ru.

Требования к оформлению тезисов докладов представлены на сайте <http://www.hydrogen.ru/> и <http://isjaee.hydrogen.ru>.

Труды конференции будут изданы в международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология».

Отбор тезисов докладов будет производиться после обязательного рецензирования и на конкурсной основе.

Регистрационный взнос

Регистрационный взнос для граждан РФ и СНГ - 4000 руб.

Для граждан других стран - 8000 руб. (200 USD).

Регистрационный взнос включает в себя оплату участия в конференции, обеспечение информационными материалами конференции, а также обеспечение сборником тезисов конференции, в котором опубликованы тезисы докладчика.

Организационный взнос

Организационный взнос конференции включает рецензирование, предпечатную подготовку, публикацию докладов конференции, обеспечение сборником трудов конференции (доклады), в котором опубликован доклад.

Организационный взнос для граждан РФ и СНГ - 6000 руб.

Для граждан других стран - 8000 руб. (200USD).

В случае если доклад не будет рекомендован к публикации, организационный взнос возвращается.

Председатель оргкомитета Конгресса WCAEE-2015

Главный редактор Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»

А.Л. Гусев (Саров, Россия); тел.: +7(83130) 94472; e-mail: Gusev@hydrogen.ru

Сопредседатель оргкомитета Конгресса WCAEE-2015

Почетный Главный редактор Международного научного журнала

«Альтернативная энергетика и экология»,

Президент Международной Ассоциации Водородной Энергетики,

академик *Т.Н. Везируглу* (США, Майами)

Председатель программного комитета Конгресса WCAEE-2015

д-р техн. наук *Завалишин Ю.К.* (Саров, Россия); тел.: +7(83130) 94472

Сопредседатель программного комитета Конгресса WCAEE-2015

д-р техн. наук *Столяревский А.Я.*; тел.: +7(83130) 94472

Председатель программного комитета Конференции ICARES-2015

д-р техн. наук *Шеклеин С.Е.* (Екатеринбург, Россия)

Зам. председателя программного комитета Конференции ICARES-2015

д-р техн. наук *Соломин Е.В.* (Челябинск, Россия)

Контакты

607183, Нижегородская область, г. Саров, а/я 687.
Тел.: +7(83130) 94472; +7(83130) 63107; +7(83130) 91846; +7(83130) 90708.
Факс: +7 -(83130) 90708.

Платежные реквизиты организатора мероприятия

ООО "Научно-Технологический Центр «Саровские Лаборатории Сенсорики»",

Юридический адрес:
607181, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, д. 29, офис 309

Почтовый адрес:
607183, Нижегородская область, г. Саров, а/я 687.

ИНН 5254482808, ОКАТО 22503000000, Рег. номер 5219003170
Р/с 407028107000000000339, в АКБ Саровский Филиал ЗАО «ГРИНФИЛДБАНК» г. Саров,
кор.сч. 301018108000000000833, БИК 042204833, ОКПО – 65787488, КПП 525402001, ОГРН 1027700314113



ПОЗДРАВЛЕНИЕ РЕДКОЛЛЕГИИ

Уважаемые коллеги!

29 мая 2015 г. исполняется 65 лет профессору, доктору технических наук, заслуженному энергетiku России, заведующему кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета **Щеклеину Сергею Евгеньевичу**.

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» поздравляет Сергея Евгеньевича с юбилеем и желает здоровья, счастья, новых творческих успехов на благо России и мировой альтернативной энергетике и экологии!

В соответствии с Решением Оргкомитета Международной конференции ICARES-2015 (WCAREE-2015) и Решением Редколлегии (ISJAE) № 005 от 28 мая 2015 г. профессор Щеклеин Сергей Евгеньевич награжден Международной научной Золотой Медалью «For Useful Labour» № 15-01 за большой вклад в альтернативную энергетiku и экологию/

Полная научная информация о творческом пути профессора Сергея Евгеньевича Щеклеина представлена на Главной страничке Международного научного, образовательного и информационного портала «Водород» по адресу: <http://www.hydrogen.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=3089&mode=nested&order=1&thold=5>.



Сергей Евгеньевич Щеклеин

Сергей Евгеньевич Щеклеин окончил в 1972 г. теплоэнергетический факультет Уральского политехнического института (УПИ) им. С.М. Кирова по специальности «Атомные электростанции и установки». Был направлен на работу в отдел физико-технических проблем энергетики Уральского научного центра АН СССР. В 1975 г. поступил в аспирантуру кафедры «Атомная энергетика» Уральского политехнического института. В 1977 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. С 1977 по 1991 г. работал в УПИ ассистентом, доцентом. В этот период времени ак-

тивно занимался научно-исследовательской работой – совместно с молодыми учеными ВНИИАЭС опубликовал 2 монографии по проблемам теплофизики и диагностики двухфазных потоков в оборудовании АЭС. В 1979 г. цикл работ по данной тематике был выдвинут Коллегией МЭ и Э СССР на соискание премии имени Ленинского комсомола.

В 1981-84 гг. избирался председателем Совета молодых ученых и специалистов Кировского района г. Свердловска. При его участии проводился большой спектр работ по формированию межпрофильных связей ученых и специалистов академических, вузовских и отраслевых институтов, промышленных предприятий района. С 1985 по 1987 г. зам. председателя Совета молодых ученых и специалистов Свердловской области.

В 1987 г. избран на должность заведующего кафедрой «Атомная энергетика». В 1991 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. В 1992 г. получил ученое звание профессора. При его непосредственном участии подготовлено более 2500 специалистов для атомно-энергетического комплекса страны, многие из которых занимают руководящие должности на предприятиях отрасли.

Возглавляемая им в течение 28 лет кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского Федерального университета является признанным в стране центром подготовки специалистов для обеспечения развития новых энергетических технологий, научно-технического обеспечения эксплуатации ядерных энергетических уста-

новок на быстрых нейтронах, выполнения особо сложных работ по ремонту и снятию АЭС с эксплуатации. С 1995 г. кафедра осуществляет также подготовку специалистов по направлению «Возобновляемые источники энергии и энергосбережение». На базе кафедры создан и активно работает «Евразийский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения» УрФУ.

Щеклеин С.Е. входит в состав редакционных коллегий журналов «Известия вузов. Ядерная энергетика», «Альтернативная энергетика и экология», «Энергоэффективность и анализ» УрО РАН, «Научные труды Одесского национального технического университета»; входит в состав оргкомитетов ряда российских и международных конференций; является членом диссертационных и ученых советов. Со дня основания является членом Ядерного общества России, членом Комитета Российского Союза научных и инженерных общественных организаций по проблемам использования возобновляемых источников энергии.

Автор 26 изобретений, 460 научных трудов, в т.ч. учебников и монографий «Методы диагностики двухфазных потоков в условиях полупромышленного эксперимента» (М., 1979), «Стационарный и нестационарный теплообмен двухфазных потоков в оборудовании АЭС» (М., 1980), «АЭС нового поколения с ядерными реакторами повышенной безопасности» (УГТУ, 1998), «Человек. Энергия. Природа» (УГТУ, 2000), «Мини- и микроГЭС» (УГТУ, 2001), «Энергосбережение и повышение эффективности использования энергии в зданиях и сооружениях» (УГТУ, 2002), «Водное хозяйство промышленных предприятий», Книга 4 (М.: Изд-во «Теплотехника», 2007), «Безопасное использование ядерной энергии: правовые аспекты и методы управления, регулирования и обеспечения ядерной и радиационной безопасности» (УрФУ, 2011), «Электрохимические источники энергии» (УрФУ, 2011), «Когенерационные автономные системы энергоснабжения на основе НВИЭ» (УрФУ, 2011), «Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем» (УрФУ, 2013).

Награды: почетный знак Министерства образования СССР «За отличные успехи в труде» (1981), медали «За безопасную эксплуатацию атомных станций России» (2001), «Ветеран атомной энергетики и промышленности России» (2004), «50 лет атомной энергетике России» (2004); награжден Почетными грамотами Министерства атомной энергетики СССР, Министерства образования и науки России, Губернатора и Правительства Свердловской области. Действительный член Международной энергетической академии (1996). Заслуженный энергетик России (2001). За комплекс исследований в области энергоэффективности в 2009 г. удостоен Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского в номинации «Энергетика будущего».

Теплофизика

Внес вклад в разработку новых методов диагностики и управления процессами гидродинамики и теплообмена при двухфазных течениях в элементах энергетического оборудования ЯЭУ. Разработал теоретические основы методов исследования структур двухфазных потоков высокочастотными датчиками с неоднородным электрическим полем [1-4]. Развил (совместно с Пахалуевым В.М., Власовым С.М., Кимом А.Г.) методы аппаратного исследования энергетических спектров мощности и на их основе разработал новые методы диагностики скорости и паросодержания двухфазных потоков [5-10]. Совместно с В.М. Козловым и Б.И. Нигматулиным выполнил цикл исследований по характеристикам двухфазных течений разных структур в каналах сложной формы, характерных для элементов энергетического оборудования ЯЭУ [11-16]. Экспериментально обнаружил явление инверсии жидкой фазы при движении парокapельных потоков в криволинейных каналах [17-19]. Эти исследования выдвигались НТС и Коллегией МЭ и Э СССР на премию Ленинского комсомола 1979 г.

Разработал теоретическую модель пленочных и газо(паро)пленочных течений с учетом фазовых переходов (кипение, конденсация) и стохастического характера волнового движения на межфазной границе. Показал влияние скорости, плотности теплового потока и температуры фаз на интенсивность теплообмена с охлаждаемой (нагреваемой) поверхностью. Ввел понятие «волнового фактора» – интегрального энергетического коэффициента, учитывающего стохастический характер колебаний волновой поверхности пленки [20]. Полученные результаты позволили обобщить теоретические модели теплопереноса многих российских и зарубежных авторов и предложить универсальный алгоритм управления интенсивностью процессов теплообмена.

Разработал теоретические основы активного воздействия на структуру волновых движений в пленочных и газо(паро)пленочных течениях наложением низкочастотных возмущений на расходы движущихся фаз [21]. Экспериментально (совместно с В.М. Костомаровым и В.И. Велькиным) показал возможность для подобных течений значительного повышения теплового потока, соответствующего возникновению кризиса теплообмена 2-го рода при наложении резонансных возмущений на расход жидкой фазы [22-31]. Разработал (совместно с Велькиным В.И. и Кимом А.Г.) методологию диагностико-управляющих комплексов для газо(паро)пленочных течений [9].

Экспериментально обнаружил (совместно с В.Г. Захаровым и А.Г. Шейнкманом) новый эффект взрывного (гиперснрядного) вскипания слабоперегретой жидкости в стесненных условиях. Выполнил обширные экспериментальные исследования условий возникновения данного эффекта в элементах активных зон ядерных реакторов с водным и натрие-



вым теплоносителями [32-34]. Дополнил существующую классификацию режимов образования и движения двухфазных потоков новой областью. На основе результатов экспериментальных исследований построил теоретическую модель процесса кризиса теплообмена заторможенной жидкости в узких каналах (совместно с Н.А. Кузнецовой и А.Г. Шейнк-маном) [35]. Показал, что физические условия возникновения процесса соответствуют области подавления конвективного переноса тепла и массы и действию капиллярных сил.

Принимал участие в исследованиях стационарных и нестационарных теплогидродинамических процессов моделей высокотемпературных газоохлаждаемых аппаратов с шаровой формой элементов (совместно с Пахалуевым В.М., Климовой В.А.) [36], разработал схему гидравлически взвешенного шарового элемента.

Основные публикации по теплофизике

1. Щеклеин С.Е., Пахалуев В.М., Шейнкман А.Г. Исследование стекающей вниз пленки жидкости высокочастотным емкостным методом // Гидродинамика и теплообмен в энергетических установках. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. С. 18-21.
2. Козлов В.М., Щеклеин С.Е., Орлов В.В. Методические вопросы экспериментального исследования гидродинамики стекающих пленок жидкости // Опыт проектирования, эксплуатации и наладки АЭС и задачи научных исследований в области атомной энергетики. Полярные Зори, Кольская АЭС, 1974. С. 252-254.
3. Щеклеин С.Е., Кузнецов О.В., Власов С.М., Рагозин О.А. Система диагностики влагосодержания на АЭС // Метрология. 1984. № 11. С. 60-63.
4. Щеклеин С.Е., Гизатулин Ф.Б., Костомаров В.М., Власов С.М. Возможность использования нейтронной диагностики паросодержания в герметичных трубопроводах и сосудах АЭС // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УПИ, 1985. С. 96-102.
5. Щеклеин С.Е., Власов С.М., Власов П.В. Корреляционный метод измерения скорости двухфазного потока // Измерительная техника. 1987. № 3. С. 17-18.
6. Щеклеин С.Е., Власов С.М., Миронов Ю.Л. Диагностика устойчивости паро-плёночных течений в элементах энергетического оборудования АЭС // Изв. АН БССР. Физико-энерг. науки. 1988. № 1. С. 119.
7. Щеклеин С.Е., Старкова Д.Л., Власов С.М. Метод диагностики режимов течения, паросодержаний, расходов // Труды Всесоюзной конференции «Теплообмен в парогенераторах». Новосибирск, 1988. С. 220-221.
8. Щеклеин С.Е., Старкова О.Л., Власов С.М. Диагностика режимов течения, паросодержания и скорости двухфазного потока // Изв. СОАН СССР. Серия технических наук. 1990. Вып. 1. С. 33-36.
9. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Ким А.Г. Диагностику-управляющая микросистема для тепло-гидродинамических процессов в энергетическом оборудовании // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск, 1989. С. 149-154.
10. Козлов В.М., Миронов Ю.Л., Мусвик А.Б., Щеклеин С.Е., Костомаров В.М. Экспериментальные исследования гидродинамики опускного двухфазного течения // Те-

плофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УПИ, 1982. С. 45-51.

11. Щеклеин С.Е., Миронов Ю.Л. Управление характеристиками пленки жидкости в газо-плёночном течении // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УПИ, 1984. С. 134-140.

12. Щеклеин С.Е., Ратников Е.Ф., Пахалуев В.М., Титов Г.П. Использование прямых методов вариационного исчисления нестационарных течений тонкой пленки жидкости // Применение вычислительных средств в теплотехнических и энергетических расчетах. Свердловск: УПИ, 1979. С. 128-133.

13. Нигматулин Б.И., Щеклеин С.Е., Трубкин Н.И., Костомаров В.М., Ким А.Г., Овечкин С.Ю., Лумми А.А. Исследования дисперсно-плёночных течений в условиях высоких параметров // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УГТУ, 1997. С. 88-93.

14. Козлов В.М., Щеклеин С.Е., Мусвик А.Б. Актуальные проблемы исследования процессов гидродинамики и теплообмена капельно-плёночных течений // Труды VI Всесоюзной конференции по теплообмену и гидравлическому сопротивлению при течении двухфазного потока в элементах энергетических машин и аппаратов. Ч. 2. Л.: ЦКТИ, 1978. С. 112-114.

15. Щеклеин С.Е., Козлов В.М. Диагностика двухфазных течений в условиях полупромышленного эксперимента. М., 1985.

16. Иванов Б.Г., Козлов В.М., Щеклеин С.Е. Стационарный и нестационарный теплообмен двухфазных потоков в оборудовании АЭС. М., 1986.

17. Миронов Ю.Л., Костомаров В.М., Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Козлов В.М. Экспериментальное исследование течения дисперсно-плёночного потока в криволинейном канале // Энергомашиностроение. 1988. № 11. С. 7-10.

19. Миронов Ю.Л., Козлов В.М., Кирюшин А.А., Щеклеин С.Е. Экспериментальное исследование массообмена в криволинейном канале в условиях дисперсно-плёночного течения фаз // Совершенствование уровня эксплуатации АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1989. С. 295-303.

20. Щеклеин С.Е. Трёхфакторная модель теплопереноса в жидкостных пленках // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УПИ, 1989. С. 17-26.

21. Щеклеин С.Е. Активное управление теплогидродинамическими характеристиками дисперсно-кольцевых течений // Труды VIII Всесоюзной конференции «Двухфазный поток в энергетических машинах и аппаратах». Т. 2. Л.: ЦКТИ, 1985. С. 452-454.

22. Щеклеин С.Е., Костомаров В.М., Велькин В.И. Активная интенсификация теплообмена в паро-плёночных потоках // Труды Всесоюзной конференции «Теплообмен в парогенераторах». Новосибирск, 1988. С. 238-240.

23. Ратников Е.Ф., Щеклеин С.Е., Костомаров В.М., Ракочий Ю.Д., Овечкин С.Ф. Исследование влияния низкочастотных колебаний расхода газовой фазы на гидродинамику и теплообмен в нисходящем дисперсно-кольцевом течении // Труды VIII Всесоюзной конференции «Двухфазный поток в энергетических машинах и аппаратах». Т. 2. Л.: ЦКТИ, 1985. С. 355-356.

24. Щеклеин С.Е., Ратников Е.Ф., Костомаров В.М. Температурный режим при конденсации паровых снарядов в двухфазном термосифоне // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УПИ, 1985. С. 113-118.

25. Костомаров В.М., Щеклеин С.Е., Ратников Е.Ф. Влияние низкочастотных колебаний расхода газовой фазы на теплообмен в нисходящем газо-плёночном течении // Теплоэнергетика. 1986. № 6. С. 69-70.



26. Щеклеин С.Е., Костомаров В.М., Ратников Е.Ф. Управление гидродинамической структурой дисперсно-кольцевого потока наложением низкочастотных колебаний расхода газовой фазы // ИФЖ. 1986. Т. 51, № 1. С. 153.

27. Щеклеин С.Е., Ратников Е.Ф., Костомаров В.М. Способ интенсификации теплообмена между поверхностью и потоком жидкости // А. с. СССР № 1334040. 1987.

28. Щеклеин С.Е., Велькин В.И. Гидродинамические особенности нестационарного пленочного течения при высоких плотностях орошения // Изв. вузов. Энергетика. 1988. № 6.

29. Щеклеин С.Е., Велькин В.И. Теплообмен пленки жидкости с нагретой поверхностью при периодических колебаниях расхода // ТВТ. 1988. № 2. С. 406-409.

30. Щеклеин С.Е., Велькин В.И. Экспериментальные исследования влияния низкочастотных колебаний расхода жидкости на минимальную плотность орошения при пленочном течении // ИФЖ. 1988. Т. 55, № 1. С. 73-76.

31. Щеклеин С.Е., Велькин В.И. Способ повышения теплоотдачи и предотвращения высыхания пленки жидкости и устройств для модуляции колебаний потока жидкости // А. с. СССР № 2053480, 1996.

32. Щеклеин С.Е., Костомаров В.М. К вопросу о парообразовании в узких вертикальных каналах // ТВТ. 1982. Т. 20, № 6. С. 1203-1205.

33. Шейнкман А.Г., Щеклеин С.Е., Захаров В.Г. и др. Применение численного метода для решения задач нестационарного парообразования в топливном канале // Применение вычислительных средств в теплотехнических и энергетических расчетах. Свердловск: УПИ, 1979. С. 95-99.

34. Ратников Е.Ф., Щеклеин С.Е., Костомаров В.М. и др. Температурный режим при конденсации паровых снарядов в узком вертикальном канале // Изв. вузов. Энергетика. 1983. № 8. С. 98-101.

35. Шейнкман А.Г., Захаров В.Г., Кузнецова Н.С., Щеклеин С.Е. Исследование кипения теплоносителя в узком вертикальном канале при отсутствии принудительной циркуляции // Теплообмен при кипении и конденсации. Новосибирск: ИТО СО АН СССР, 1979. С. 213-215.

36. Климова В.А., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Особенности вихреобразования при течении газового потока в слое из шаровых элементов // Изв. вузов. Проблемы энергетика. 2010. № 7-8. С. 14-19.

Атомная энергетика

На основе обширных экспериментальных исследований газо-паро-двухфазных снарядных и пленочных течений предложил ряд новых решений по созданию жидкостных систем управления реактивностью ядерных реакторов канального типа (совместно с Ратниковым Е.Ф., Козловым В.М., Костомаровым В.М.) [1-3]. Принимал активное участие (совместно с Мокрушиным С.А. и Шейнкманом А.Г.) в работах по оптимизации температурных режимов графитовой кладки реакторов с ядерным перегревом пара (АМБ), эксплуатационных режимов модульных парогенераторов энергоблока с реактором на быстрых нейтронах БН 600 (совместно с Шейнкманом А.Г., Бельтюковым А.И. и Говоровым П.П.). Являлся руководителем работ по снижению радиационных нагрузок на персонал и окружающую среду при модернизации парогенерирующих

установок АЭС (совместно с Ташлыковым О.Л., Кадниковым А.А., Ченцовым А.Г., Сесекиным А.Н.) [4-13]; ремонте и техническом обслуживании оборудования АЭС (совместно с Маркеловым Н.И., Ташлыковым О.Л., Шастиным А.Г., Велькиным В.И.) [14-16]; длительной эксплуатации АЭС с реактором на быстрых нейтронах БН 600 (совместно с Ташлыковым О.Л., Носовым Ю.В., Смышляевой О.Ю.) [17]; демонтаже и снятии АЭС с эксплуатации (совместно с Киреевым Л.Г.) [18-19]. Активно участвовал в разработке научных основ новых методов дезактивации оборудования, перевода жидких радиоактивных отходов в твердое состояние, создания гомогенных радиационно-защитных материалов с селективными свойствами (совместно с Шастиным А.Г., Ташлыковым О.Л.) [20-29]. Руководил разработкой технологии и экспериментальным исследованием характеристик пародинамических систем пассивного отвода тепла от энергонапряженных элементов ЯЭУ при потере источников энергоснабжения (совместно с Немихиным Ю.Е., Стариковым Е.В.) [30].

Руководил и активно участвовал в разработке концепций энерготехнологического использования ВТГР для производства новых видов моторного топлива и водорода из природного газа и биологических ресурсов (совместно с Пахалуевым В.М., Климовой В.А., Шастиным А.Г.) [31-35]. Руководил и активно участвовал (совместно с Бадьиним П.П., Велькиным В.И.) в разработке концепций применения ядерных энергетических установок малой и средней мощности для решения задач теплофикации [36-37]. Показал теоретическую возможность существенного повышения эффективности использования ядерного топлива при работе ЯЭУ в области термодинамических параметров, характерных для теплофикационного использования (совместно с Титовым Г.П., Борисовой Е.В.) [38-39].

Основные публикации по атомной энергетике

1. Щеклеин С.Е., Костомаров В.М., Бекетов В.Г. и др. Гидродинамические аспекты создания жидкостных систем регулирования мощности ядерных реакторов канального типа // Физико-химические процессы в ядерных энергетических установках. М.: МЭИ 1981. С. 67-73.

2. Щеклеин С.Е., Костомаров В.М., Ратников Е.Ф. Барботажно-пленочная система регулирования мощности ядерного реактора // А. с. СССР № 1181432.

3. Козлов В.М., Миронов Ю.Л., Мусвик А.Б., Щеклеин С.Е., Костомаров В.М. Экспериментальные исследования гидродинамики опускного двухфазного течения // Теплофизика ядерных энергетических установок. Свердловск: УПИ, 1982. С. 45-52.

4. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Кадников А.А. Анализ повреждаемости парогенераторов, обогреваемых водой под давлением, с точки зрения контролируемого продления ресурса до замены парогенераторов // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2007. № 4. С. 93-102.

5. Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Куллин М.Ю., Ченцов А.Г., Кадников А.А. Использование

метода динамического программирования для оптимизации траектории перемещения работников в радиационно-опасных зонах с целью минимизации облучения // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2006. № 2. С. 41-48.

6. Евжик Н.И., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Кадников А.А. Оптимизация сетевых графиков замены парогенераторов АЭС с ВВЭР-1000 с использованием аппарата нелинейного математического программирования // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2008. № 4. С. 121-127.

7. Ташлыков О.Л., Сесекин А.Н., Щеклеин С.Е., Ченцов А.Г. Разработка оптимальных алгоритмов вывода АЭС из эксплуатации с использованием методов математического моделирования // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2009. № 2. С. 115-120.

8. Балускин Ф.А., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Чеболоков И.Б., Щеклеин С.Е., Ченцов А.Г. Использование метода динамического программирования для оптимизации демонтажа оборудования энергоблоков АЭС, выводимых из эксплуатации, с целью минимизации облучения // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2009. № 4. С. 169-176.

9. Ташлыков О.Л., Сесекин А.Н., Щеклеин С.Е., Балускин Ф., Ченцов А.Г., Хомяков А.П. Возможности математических методов моделирования в решении проблемы снижения облучаемости персонала // Вопросы радиационной безопасности. 2009. № 4. С. 47-57.

10. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Сесекин А.Н. Маршрутная оптимизация радиационно-опасных работ // Труды Одесского политехнического университета. 2012. № 1. С. 118-124.

11. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Климова В.А., Наумов А.А. Моделирование виртуальных радиационных полей // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. № 4. С. 24-34.

12. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Борисова Е.В. Использование 3d-технологий при подготовке специалистов для инновационного энергоблока Белоярской АЭС с реактором на быстрых нейтронах БН-800 // Дистанционное и виртуальное обучение. 2010. № 10. С. 28-37.

13. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Виртуальные технологии обучения в решении проблемы снижения облучаемости ремонтного персонала // Дистанционное и виртуальное обучение. 2010. № 8. С. 48-57.

14. Щеклеин С.Е., Ташлыков О.Л., Велькин В.И., Шастин А.Г., Дементьев В.Н., Маркелов Н.И., Сорокин Ю.И. Опыт сотрудничества концерна «Росэнергоатом» и Уральского гос. технического университета в области подготовки специалистов для технического обслуживания и ремонта оборудования АЭС // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2004. № 3. С. 121-129.

15. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Маркелов Н.И. Математическое моделирование дозовых полей при планировании облучения ремонтного персонала // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2004. № 1.

16. Щеклеин С.Е., Ташлыков О.Л., Маркелов Н.И. Радиационный фактор в проблеме повышения коэффициента использования установленной мощности АЭС // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2004. № 1.

17. 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 // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 4. С. 64-68.

18. Щеклеин С.Е., Киреев Л.Г., Морозов В.Г., Серков А.Ф. Состояние оборудования и радиационная обстановка

на этапе подготовки к снятию с эксплуатации // Труды МЭИ «Атомные электростанции», 1999.

19. Ошканов Н.Н., Киреев Л.Г., Выломов В.В., Морозов В.Г., Щеклеин С.Е. Комплексное и радиационное обследование Белоярской ВЭС – от снятия с эксплуатации к продлению назначенного срока эксплуатации // Экология. Экономика. Безопасность и подготовка кадров для атомной энергетики. Изд-во УГТУ, 2001.

20. Щеклеин С.Е., Ташлыков О.Л., Булатов В.И., Шастин А.Г. О проблеме снижения дозовых затрат персонала АЭС // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2011. № 1. С. 55-60.

21. Савченков В.П., Артамонова Т.А., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. О проблеме создания материалов с заданными защитными свойствами // Безопасность АЭС и подготовка кадров. Обнинск: ИАТЭ, 2007.

22. Русских И.М., Селезнев Е.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом // Ядерная физика и инжиниринг. 2014. Т. 5, № 5.

23. Петров И.С., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е., Кадников А.А. Методы эффективной дезактивации утилизируемого оборудования АЭС // Безопасность АЭС и подготовка кадров. Обнинск: ИАТЭ, 2007.

24. Петров И.С., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е. Энергетическая эффективность использования дезактивации оборудования АЭС с целью повторного использования // Энергосбережение: состояние и перспективы: Труды VIII Всероссийского совещания по энергосбережению. Екатеринбург: ООО «РИА «Энерго-Пресс», 2007.

25. Аксенов В.И., Кадников А.А., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е., Хомяков А.П. Новые способы применения ультразвука для дезактивации оборудования ЯЭУ // Вопросы радиационной безопасности. 2012. С. 10-15.

26. Дементьев В.Н., Кадников А.А., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е., Ярославцев Г.Ф. Способ дезактивации оборудования от поверхностных радиоактивных загрязнений // Патент на изобретение RU 2329555 21.08.2006.

27. Дементьев В.Н., Кадников А.А., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е., Ярославцев Г.Ф. Способ дезактивации оборудования от поверхностных радиоактивных загрязнений // Патент на изобретение RU 2328785 20.11.2006.

28. Аксенов В.И., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е. Способ дезактивации // Патент на изобретение RU 2416833 05.10.2009.

29. Shcheklein S.E., Shastin A.G., Domanskaya I.K. Prospects of the application of curable decontamination solutions in problems of impact improving of nuclear power plants // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, V. 2. С. 927-934.

30. Shcheklein S.E., Starikov E.V., Nemikhin Y.E., Nikitin A.D., Zhukov A.V. Passive cooling of the critical elements in emergency situations pyrodynamics systems // Works 5 International Scientific Congress "Science, Education and Culture in Eurasia and Africa" Paris 25.03.2015.

31. Климова В.А., Щеклеин С.Е., Пахалуев В.М., Шастин А.Г., Ярошенко Ю.Г., Мальчуков А.О. Использование ядерной энергии для получения восстановительных сред в металлургическом производстве // Конференция с международным участием «VIII Всероссийский семинар вузов по теплофизике и энергетике» 12-14 ноября 2013. Екатеринбург. С. 125-126.

32. Климова В.А., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Численное моделирование и экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена при радиальном течении

газа в аппарате с шаровой насадкой // Теплоэнергетика. 2011. № 4. С. 52-56.

33. Климова В.А., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Комплексная переработка природного газа в установках с использованием теплоты ВТГР и радиальной схемы течения потоков // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2014. № 14 (154). С. 85-93.

34. Klimova V., Pakhaluev V., Shcheklein S. Production of a reducing environment for metallurgy using nuclear energy // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, V. 2. С. 935-944.

35. Климова В.А., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Геометрические и гидродинамические характеристики ВТГР с радиальной задачей теплоносителя // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2009. № 1. С. 130-134.

36. Петров Э.Л., Бадьин П.П., Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Никитина Г.Д. Устойчивое развитие малых и средних городов Свердловской области и энергетическая безопасность // Раздел в монографии «Атомная энергетика: постижение реальности и взгляд в будущее», ИЗД, ЯО России, С.Пб, 2008.

37. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Бадьин П. Проект сейсмоустойчивой подземной атомной теплоэлектростанции // Труды Пятой международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью», Том 2, Екатеринбург, 30-31 мая 2011.

38. Щеклеин С.Е., Титов Г.П., Борисова Е.В. Влияние температурных характеристик на глубину выгорания ядерного топлива // Труды Одесского политехнического университета. 2011. № 2. С. 104-108.

39. Щеклеин С.Е., Борисова Е.В. О влиянии температурных характеристик на глубину выгорания ядерного топлива // Труды XI-й Международной конференции «Безопасность АЭС и подготовка кадров» 29 сент.-2 октября 2009 г. Обнинск. С. 22-24.

Возобновляемая энергетика

Руководил работами по разработке и экспериментальной верификации методик энергетического и эксергетического анализа эффективности установок возобновляемой энергетики различного типа. Теоретически обосновал условия эффективности использования установок для природно-климатических условий РФ (совместно с Матвеевым А.В., Власовым В.В., Арбузовой Е.В.) [1-7].

Разработал теоретические основы создания биогазовых установок замкнутого цикла, позволяющих обеспечить высокую эффективность в условиях низких температур окружающей среды (совместно с Арбузовой Е.В.) [8-11]. Разработал методологию и руководил экспериментальными исследованиями по аккумуляции нерегулярных приходов энергии от возобновляемых источников путем преобразования биомасс в этанол. Теоретически обосновал энергетическую эффективность данного метода аккумуляции (совместно с Коржавиным С.А., Немихиным Ю.Е.) [14-15].

Руководил разработкой методик оценки водно-энергетического потенциала территории и определения потенциала водных ресурсов Свердловской области, положенной в основу разработки и реализации областной Программы строительства малых ГЭС

(совместно с Велькиным В.И.). Руководил работами по созданию технологий получения и использования бензо-биоэтанольных топлив для транспорта. Теоретически и экспериментально подтвердил существенное снижение токсичности продуктов сгорания топлива при малых концентрациях биоэтанола в топливе (совместно с Немихиным Ю.Е., Шастиным А.Г.) [16]. На основе обнаруженного ранее эффекта гиперсверхнапряженного парообразования (совместно со Стариковым Е.В. и Пахалуевым В.М.) разработана технология преобразования тепловой энергии в механическую и электрическую формы [17-20]. Активно участвовал в работах по разработке и исследованию характеристик инновационных типов ветроэнергетических установок для условий низкоскоростных ветровых потоков. Совместно с Поповым А.И. является автором более 10 изобретений ВЭУ [21-31].

С 2014 г. является научным руководителем проекта «Евро-азиатский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения», в рамках которого выполняется обширный комплекс исследований на базе мощного быстродействующего компьютерного комплекса мониторинга природно-климатических факторов и эффективности систем возобновляемой энергетики разного типа [32-33]; проводятся научные мероприятия совместно с учеными других стран.

Основные публикации по возобновляемой энергетике

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

2. Щеклеин С.Е., Коржавин С.А., Анников С.В., Паздников А.В. Экспериментальное исследование эффективности всесезонных солнечных концентраторов // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 63-66.

3. Матвеев А.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Работа солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2007. № 4. С. 128-131.

4. Матвеев А.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Методика проведения теплотехнических испытаний солнечных коллекторов при искусственном освещении // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2007. № 5. С. 99-101.

5. Matveev A.V., Shcheklein S.E. Net energy analysis of low-speed wind turbine // The 5th International Academic Congress "Science, Education and Culture in Eurasia and Africa", Paris, France, 23-25 March 2015.

6. Arbuzova E., Shcheklein S., Velkin V. Features of biogas technology application in severe climatic conditions // Energy and Sustainability V: Special Contributions Malazija, 2015.

7. Щеклеин С.Е., Коржавин С.А., Данилов В.Ю., Велькин В.И. Экспериментальное исследование эффективности комбинированной системы солнечной теплогенерации // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 77-81.



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

9. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Велькин В.И., Власов В.В., Коржавин С.А., Серкова Е.В. Исследование эффективности солнечных фотоэлектрических преобразователей в натуральных условиях // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 55-58.

10. Shcheklein S.E., Chugunov A.V., Arbuzova E.V. Anaerobic conversion of biomass upon disintegration in ultrasonic fields of low intensity // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, Volume 2. С. 1017-1021.

11. Klimova V., Shchelomentsev I., Burdin I., Shcheklein S. Numerical simulation of hydraulic processes in anaerobic bioreactors // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, Volume 2. С. 1035-1043.

12. Арбузова Е.В., Щеклеин С.Е. К проблеме энергетической эффективности биогазовых технологий в климатических условиях России // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2011. № 7. С. 129-134.

13. Арбузова Е.В., Щеклеин С.Е., Холмаков А.А., Гладиков И.А., Шастин А.Г. Технологические аспекты повышения эффективности использования энергетического потенциала биомассы России // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 82-88.

14. Щеклеин С.Е., Шастин А.Г., Коржавин С.А. Интенсификация процессов ферментативного получения этанола методами ультразвукового воздействия // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 95-99.

15. Коржавин С.А., Щеклеин С.Е. Малоэнергоемкая технология получения топливного этанола // Сборник трудов Сибирского теплофизического семинара СТС-31, Новосибирск, 2014. С. 155-156.

16. Зарипова Н.П., Шастин А.Г., Щеклеин С.Е. Смесь // Патент на изобретение RUS 2362617 22.08.2007.

17. Стариков Е.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Возможность термомеханического преобразования солнечной энергии // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2008. № 11. С. 67-71.

18. Стариков Е.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Автоколебательный процесс образования паровых снарядов при кипении бинарных жидкостей в стесненных условиях применительно к возобновляемым источникам энергии // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 4. С. 55-59.

19. Буров А.В., Пахалуев В.М., Стариков Е.В., Щеклеин С.Е. Использование низкопотенциальных источников теплоты для питания автономных накопителей энергии // Промышленная энергетика. 2010. № 6. С. 33.

20. Щеклеин С.Е., Стариков Е.В., Петров А.С., Четвертаков Д.С., Ухов А.Л. Импульсный паровой двигатель // Патент на полезную модель RUS 70694 13.02.200.

21. Попов А.И., Щеклеин С.Е. Роторный ветрогидродвигатель // Патент на изобретение RUS 2464443 31.05.2011.

22. Попов А.И., Щеклеин С.Е. Роторный ветрогидродвигатель с принудительной установкой лопастей // Патент на полезную модель RUS 117523 08.04.2011.

23. Попов А.И., Щеклеин С.Е., Каширин А.В., Попов Д.А. Ветрогидродвигательная установка // Патент на полезную модель RUS 82782 24.11.2008.

24. Попов А.И., Щеклеин С.Е., Попов Д.А. Ветроколесо для ветродвигателя с регулированием парусности // Патент на полезную модель RUS 89182 13.05.2009.

25. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Ветрогидродвигатель с эффектом Магнуса // Патент на изобретение RUS 2526127 26.10.2012.

26. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Карусельный ветродвигатель // 03.04.2014.

27. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Преобразователь энергии потока с использованием свойств ленты Мебиуса // Патент на полезную модель RUS 143124 26.10.2012.

28. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Термоэнергетическая ветроустановка // Патент на изобретение RUS 2505704 04.12.2012.

29. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Низкооборотный генератор для ветросиловой установки // Патент на изобретение RUS 2531841 10.01.2013.

30. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Преобразователь энергии потока // Патент на полезную модель RUS 101739 09.02.2010.

31. Щеклеин С.Е., Попов А.И. Индукторный генератор // Патент на полезную модель RUS 131250 10.08.2014.

32. 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, Volume 2. С. 1185-1194.

33. Shcheklein S.E., Nemikhin Yu.E., Popov A.I., Jaylani A.T. Monitoring system of environmental stochastic characteristics and renewable energy units efficiency in extreme continental climate // CMEM 2015 17th International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements 5-7 May 2015 Opatija, Croatia.

Энергоэффективность и энергосбережение

Разработал оригинальную методику и критерии энергетической эффективности тепловой защиты зданий, позволяющую на основании объективной информации о климатических характеристиках и технологиях производства материалов определять оптимальную величину слоя тепловой изоляции. Показал необходимость синергетического подхода к решению задач энергоэффективности в строительной индустрии [1-3].

Разработал метод энерго-финансовых диаграмм как инструмента для формирования оптимальных программ инвестирования в энергосбережение организаций [4].

Актуализировал проблему и ввел понятие коэффициента использования тепловой и электрической энергии как функции от времени полезной занятости объектов энергоснабжения. На основании анализа большого массива временных изменений для разных категорий потребителей показал, что коэффициенты использования для условий сурового климата имеют малые значения [5].

Принимал активное участие в разработке региональной системы подготовки специалистов для решения задач энергосбережения и энергоэффективности (совместно с Даниловым Н.И., Тягуновым Г.В., Балдиным В.Ю.) [6-8].



Руководил работами по созданию объединенного энергетического паспорта вузов Свердловской области; проведению энергетического аудита крупнейших вузов Уральского Федерального округа; объектов тепло-снабжения Свердловской железной дороги; эффективности использования электрической энергии для тепло-снабжения объектов ЖКХ г. Екатеринбурга [9-10].

Принимал активное участие в разработке проектов энергоэффективных малоэтажных зданий (совместно с Велькиным В.И., Пироговым А.Н.) [11-13]; разработке новых строительных материалов с высокими теплозащитными свойствами (совместно с Шастиным А.Г.) [14]. Является научным руководителем проекта «Энергоэффективный дом для сельской местности с использованием возобновляемых источников энергии». За реализацию данного проекта в 2009 г. (совместно с Велькиным В.И.) удостоен Национальной экологической премии им. В.И. Вернадского в номинации «Энергетика будущего» [15-20].

Являлся одним из инициаторов (совместно с Даниловым Н.И., Тягуновым Г.В., Балдиным В.Ю., Велькиным В.И.) проведения олимпиады по энергосбережению и возобновляемым источникам энергии среди студентов вузов РФ [21], которая проводится уже в течение 15 лет.

Основные публикации по энергоэффективности и энергосбережению

1. Щеклеин С.Е. К проблеме оптимальной тепловой защиты зданий // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Матер. науч. конф. с международным участием, Новосибирск, 24–26 марта 2015 г. Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2015.
2. Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Матвеев А.В. Опыт снижения энергетических затрат в строительстве путем реконструкции здания // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Матер. науч. конф. с международным участием, Новосибирск, 24–26 марта 2015 г. Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2015.
3. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е. О проблеме синергетики в энергосбережении // Энергосбережение: состояние и перспективы: Труды VII Всерос. совещания-выставки по энергосбережению, Екатеринбург 21-24 марта 2006.
4. Щеклеин С.Е. Методология решения задач энергосбережения в организации // Энергетика региона. 2003. № 3. С. 32-34.
5. Балдин В.Ю., Тягунов Г.В., Щеклеин С.Е. Разработка комплекса мероприятий по повышению эффективности использования основных фондов образовательных учреждений с целью снижения непроизводительных затрат энергоресурсов // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2004. Вып. 3.
6. Данилов Н.И., Баскаков А.П., Щеклеин С.Е. Энергосбережение и повышение эффективности использования энергоресурсов в зданиях и сооружениях // Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003.
7. Тягунов Г.В., Данилов Н.И., Щеклеин С.Е., Балдин В.Ю. Об организации научно-образовательной деятельности по энергосбережению в вузах Уральского региона // Разработка и реализация федерально-региональной политики в области развития науки, новых технологий и обра-

зования на инновационных принципах: Сб. науч. тр. Владимир: ВлГУ, 2002.

8. Данилов Н.И., Евпланов А.И., Тягунов Г.В., Щеклеин С.Е., Балдин В.Ю., Бегалов В.А., Михайлов В.Ю. Свердловская область: Система подготовки кадров по энергосбережению // 4-я Всерос. научно-практ. конф. «Энергосбережение в регионах России-2002». Москва, 2002. С. 126-131.

9. Velkin V.I., Scheklein S.E., Danilov N.I. About the peculiarities of thermal protection in harsh environments // Euro Eco-2014, Hannover, 2014.

10. Koksharov V.A., Danilov N.I., Scheklein S.E. The role of UrFU in the development of new energy technologies and improvement of energy efficiency // Euro Eco-2014, Hannover, 2014.

11. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Данилов Н.И. Об особенностях тепловой защиты в суровых климатических условиях // Euro Eco-2014, Hannover, 2014.

12. Пирогов А.Н., Щеклеин С.Е. Энергетический дизайн – новый концептуальный подход при проектировании и строительстве энергоэффективных и экологичных малоэтажных жилых зданий // Научно-практическая конференция «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». ИТФ СО РАН, 19-20 марта 2013. С. 67-72.

13. Pirogov A., Shcheklein S., Danilov N. Residential multistory Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) for a cold climate // The 5th International Academic Congress "Science, Education and Culture in Eurasia and Africa", Paris, France, 23-25 March 2015.

14. Shcheklein S.E., Shastin A.G. Exergy optimization of thermal protection of buildings to the harsh climatic conditions // The 5th International Academic Congress "Science, Education and Culture in Eurasia and Africa", Paris, France, 23-25 March 2015.

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

16. Велькин В.И., Тягунов Г.В., Щеклеин С.Е., Ухов А.Л. Энергоэффективный дом // Патент на полезную модель RU 61760 09.03.2005.

17. Щеклеин С.Е., Власов В.В. Устройство системы резервного электроснабжения на основе источников разного принципа действия // Патент на полезную модель RU 63614 16.11.2006.

18. Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Светодиодное освещение энергоэффективного дома в системе «ФЭП-аккумулятор-LED» // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 37-38.

19. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Тягунов Г.В., Ефимова А.В. Тепловизионный мониторинг теплозащитных характеристик здания в рамках проекта «Энергоэффективный дом» // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 3. С. 113-118.

20. 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, Volume 2. С. 1185-1194.

21. Балдин В.Ю., Селезнева И.С., Данилов Н.И., Щеклеин С.Е. Комплексная многоуровневая система подготовки и повышения квалификации специалистов по энергосбережению в Уральском регионе // XII Международная научно-методическая конференция «Новые образовательные технологии в вузе-2015» 27-30 апреля 2015, УрФУ, Екатеринбург.





Progression from Technological Concept to Commercial Deployment

The two day event will bring together key industry stakeholders to address the need to progress ocean energy from technological concept to commercial deployment. Given the right political and financial frameworks, ocean technology have the potential to play a crucial role in meeting renewable energy targets.

We also have the exciting opportunity to visit FloWave Ocean Energy Research Facility during the afternoon of Tuesday 23rd June 2015 as part of the event. Only a limited number of attendees will have this opportunity.

The University of Edinburgh's FloWave Ocean Energy Research Facility houses a 25m diameter circular pool containing more than 2 million litres of water and is designed specifically for testing marine renewable energy technologies.

The first of its kind in the world, this unique facility is able to accurately replicate real-sea conditions of waves and currents at scale for normal, challenging and extreme events for any offshore location. Enabling industry and academia to refine concepts, improve performance, and de-risk designs in a fully controllable and safe way at relatively low cost, FloWave will be a vital tool to help engineers harness the power of the sea.

Key Topics Include

Policy & Regulation of Ocean Energy
Global Ocean Energy Markets
Finance: Funding Future Developments
Improving Infrastructure & Connectivity to the Grid
Technology Case Studies: Wave Energy Streams
Technology Case Studies: Tidal Energy Streams
Overcoming Barriers to Commercial Deployment
Ocean Thermal Energy Conversion

Confirmed Panel Members

Phil Gilmour, Head Of The Marine Renewable And Offshore Wind, Marine Scotland
Andrew Smith, Head of The Renewable Energy Investment Fund, Scottish Enterprise
Ted Johnson, Senior Vice President and Executive Director, Ocean Thermal Energy Corporation
Stuart Brown, CEO, FloWave Ocean Energy Research Facility
Ana Brito E Melo, Executive Director, WavEC - Offshore Renewables
Neil Davidson, Public Affairs Manager, Aquamarine Power
Jose Joaquin Hernandez-Brito, Manager, Plataforma Oceanica De Canarias - PLOCAN
Jonathan Hodges, Senior Consultant, Marine Energy Matters
Stuart Bradley, Offshore Renewables Strategy Manager, Energy Technologies Institute
Tim Sawyer, CEO, CWE UK & Carnegie
Clément Weber, Director, Green Giraffe Energy Bankers



Call for Papers

If you would like to be considered as a speaker for the event with a 30-45 minute presentation, please submit an abstract for consideration to:

Stergios Zacharakis
Tel: +44 (0)20 3141 0609; E-mail: szacharakis@acieu.net

Who Will Attend

Leading power generating companies, utilities, marine technology providers, financial stakeholders & investors, research institutions, academia, service providers, government officials and regulators from various positions, encompassing heads & junior staff of: marine energy, ocean power, wave & tidal technology, technology development, marine renewable energy, offshore power generating and renewable strategy

For further information or to register your attendance contact:

Melanie Mulazzi
Tel: + 44 (0) 203 141 0605; E-mail: mmulazzi@acieu.net

Commercial & Sponsorship Opportunities

Krisztina Maria Szabo
Tel: +44 (0)20 3141 0603; Email: kszabo@acieu.net





*4th International School - Conference on Catalysis
for Young Scientists*
**"CATALYST DESIGN:
from molecular to industrial level"**
<http://conf.nsc.ru/catdesign2015>

*September 5-6, 2015
Kazan, Russia*

FIRST ANNOUNCEMENT – INVITATION



*4th International School - Conference on Catalysis
for Young Scientists "CATALYST DESIGN: from molecular to industrial level"
September 5-6, 2015 Kazan, Russia*



Invitation

Dear colleagues!

We are glad to invite Young Scientists (up to 35 years old) to take part in the **4th International School-Conference on Catalysis "CATALYST DESIGN: from molecular to industrial level"**. It will be held on September 5-6, 2015 at Kazan National Research Technological University (KNRTU) Kazan, Russia. This event continues the tradition established in Novosibirsk, Russia (2002), Altay, Russia (2005), and Yekaterinburg, Russia (2009).



School-conference organizers

- Borekov Institute of Catalysis, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (BIC SB RAS), Novosibirsk, Russia
- Council of Young Scientists of Borekov Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, Russia
- Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia
- The Department of Natural Science of Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
- Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia
- Federal Agency for Scientific Organizations, Moscow, Russia
- Russian Catalysis Society, Moscow, Russia
- Russian Foundation for Basic Research, RFBR, Moscow, Russia



Scientific program

The scientific program of the School-Conference will consist of plenary lectures, oral and poster presentations.

The major topics of the school will be:



- Preparation of catalysts and adsorbents
- Mechanisms of heterogeneous catalysis, methods of catalyst characterization
- Kinetics and modeling of catalytic reactions and reactors
- Catalysis for environmental protection, photocatalysis
- Catalysis for fine organic synthesis, natural gas and petroleum chemistry
- Catalysis in energy production, electrocatalysis



School-conference language

The official language of the School-Conference is **English**.



*4th International School - Conference on Catalysis
for Young Scientists "CATALYST DESIGN: from molecular to industrial level"
September 5-6, 2015 Kazan, Russia*



Abstract submission

All authors (oral and poster sessions) are requested to register and submit the abstract via web <http://conf.nsc.ru/catdesign2015> or send a copy of abstracts by e-mail kma@catalysis.ru until **March 20, 2015**. The author should select a preferred scientific section and presentation form (oral or poster). All submitted abstracts will be peer reviewed following a standard procedure, and the acceptance will be decided by the Editors. One can find more detailed instructions for authors at the conference web site <http://conf.nsc.ru/catdesign2015> in **Abstract submission** part.



School-conference publications

Abstracts of the plenary lectures and accepted oral and poster presentations will be published in the USB flash drive with an assigned **ISBN** and available at the registration desk. Each participant or registered person will also receive the final scientific program-brochure.



Sponsorship

Sponsors are kindly invited to support the School-Conference and put advertisements in the content of USB flash drive. Please inform the Organizing Committee if your organization is interested in sponsoring this event.



Venue

The School-Conference will take place in the Conference Hall of Kazan National Technological University, Kazan, Russia (Building B, 72 Karl Marx street, Kazan 420015, Republic of Tatarstan, Russia)



*4th International School - Conference on Catalysis
for Young Scientists "CATALYST DESIGN: from molecular to industrial level"
September 5-6, 2015 Kazan, Russia*



Travel information



Kazan International airport is located around 25 km southeast of Kazan. Airlines offer the international transfers to Kazan via Moscow or Saint Petersburg, and there are some international direct flights from European cities. Kazan airport also receive internal flights from many city of Russia. You can find more information about how to get the city center from Kazan International airport on web site <http://conf.nsc.ru/catdesign2015> **General Information** part.



Registration fee

For foreign participants (including 18% VAT):

100 Euro for regular participants;

85 Euro for PhD-students, students and accompanying persons

For participant from Russia* (including 18% VAT):

6500 Rub for regular participants;

5000 Rub for PhD-students and students

**) Financial support from the Russian Foundation for Basic Research*

Registration fee includes: USB flash driver with abstract book, school-conference materials and certificate of attendance, catered coffee breaks during event period, Welcome party.



*4th International School - Conference on Catalysis
for Young Scientists "CATALYST DESIGN: from molecular to industrial level"
September 5-6, 2015 Kazan, Russia*



Important deadlines

20.03.2015	<i>Registration, submission of abstracts</i>
10.06.2015	<i>Notification of acceptance and distribution of the Second Circular</i>
10.08.2015	<i>Distribution of preliminary Scientific Program</i>
05.09.2015	<i>Opening of School-conference</i>
05.09-06.09.2015	<i>Working days</i>
07.09.2015	<i>Departure</i>



Contacts

in Novosibirsk

Ms. Marina A. Klyusa
Boreskov Institute of Catalysis,
5, Lavrentiev avenue,
Novosibirsk,
630090, Russia
Phone: +7(383) 326-96-06
Fax: +7(383) 330-62-97
E-mail: kma@catalysis.ru

in Kazan

Dr. Guzel G. Garifzianova
Kazan National Research
Technological University
68, K. Marksa street
Republic of Tatarstan, Kazan,
420015, Russia
Phone: +7(843) 231-89-41
E-mail: garifz@kstu.ru

For detailed information, please use <http://conf.nsc.ru/catdesign2015>



GENERAL INFORMATION

WELCOME VENUE

HYPOTHESIS Conference will be held at the Hotel Beatriz Auditorium & Spa, Toledo, Spain. The city of Toledo, declared a World Heritage Site by UNESCO in 1986, is located on a rocky headland, bordered by the river Tajo in the very heart of Spain, just 70 km from the capital, Madrid. Nowadays, Toledo preserves the image of a medieval city sheltered by city walls and fortified towers where different doors open to give access to its impressive historic quarter. The city is well communicated with Madrid and International Adolfo Suarez - Barajas Airport by highway, bus service and high-speed train.



PRACTICAL DETAILS

The official language for the conference will be English. Sessions will include keynote lectures, oral presentations and posters. A social program will be also prepared, including a guided visit to Toledo city and gala dinner.

IMPORTANT DATES

Extended deadline for abstract submission: **March 20th, 2015**
Abstract acceptance notification: **April 30th, 2015**
Early bird registration up to **May 31st, 2015**
Full paper due **June 1st, 2015**

LOCAL COMMITTEE

David Alique (URJC) - Juan Ángel Botas (URJC) - José Antonio Calles (URJC) - África Castro (Abengoa Hidrógeno) - Alicia Carrero (URJC) - Juan Manuel Coronado (IMDEA Energy) - Antonio González (INTA) - José González (IMDEA Energy) - Diego Iribarren (IMDEA Energy) - Prabhas Jana (IMDEA Energy) - Graciano Martínez (INTA) - Carmen Martos (URJC) - Javier Marugán (URJC) - Raúl Molina (URJC) - Jesús Palma (IMDEA Energy) - Víctor de la Peña (IMDEA Energy) - Patricia Pizarro (URJC) - Raúl Sanz (URJC) - Gisela Orcajo (URJC) - Abel Sanz (IMDEA Energy) - Arturo Vizcaino (URJC)

Abstracts and Publication

Abstracts should be prepared according to the official template. Selected papers will be published full papers in a **Special Issue of International Journal of Hydrogen Energy**.



CONTACT



Visit: www.hypothesis.ws

conference.hypothesis2015@urjc.es

Follow us on: [@Hypothesis.2015](https://twitter.com/Hypothesis.2015)

+34 91 488 93 14



September 6th-9th 2015, Toledo (SPAIN)

Hydrogen Power Theoretical and Engineering Solutions International Symposium 2015



HYDROGEN

Road to the Green Future



SYMPOSIUM PRESENTATION

Hypothesis 2015, **HYDROGEN: ROAD TO THE GREEN FUTURE** will continue the long lasting tradition of high-quality, topical and timely conference program that is the unique trademark of the Hypothesis Conference series. This conference is perfect for Academics, Students, Industry and Public Sector experts to exchange and share views, ideas on the latest hydrogen developments.

See you in Hypothesis XI, 2015!

TOPICS

1. H₂ Production from Renewable Energy
2. H₂ Production from Fossil Fuels
3. H₂ Purification
4. H₂ Storage
5. H₂ Distribution and Infrastructures
6. Fuel Cells Technology
7. Hydrogen and Fuel Cells for Transportation
8. Stationary and Portable Systems
9. Safety, Standards and Regulations
10. Roadmaps, System Analysis and Policies

KEYNOTE LECTURES



Aldo Steinfeld
(ETH Zurich)



Carmen Rangel
(LNEG Portugal)



Nazim Muradov
(Florida Solar Energy Center)



Michael Hirscher
(Max-Planck-Institut für Intelligent Systems)



Joan Ogden
(University of California)



HONORARY CHAIRMEN

Guillermo Calleja / T. Nejat Veziroglu

CONFERENCE CHAIRPERSONS

Javier Dufour (URJC/IMDEA Energía)
David Serrano (URJC/IMDEA Energía)

SCIENTIFIC COMMITTEE

Giuseppe Spazzafumo, Chairman (UNICAS, Italy)
Norma Amadeo (Univ. de Buenos Aires, Argentina)
Laurent Antoni-(CEA-LITEN, France)
Khalid Benhamou (Sahara Wind, Morocco)
Marco Giancinti Baschetti (Università di Bologna, Italy)
Javier Brey (Abengoa Hidrógeno, Spain)
Antonio Chica (ITQ, Spain)
Lalit M. Das (Indian Inst. of Technology, India)
Paulo Emilio V. de Miranda (UFPR, Brazil)
Thomas Drennen (HWS, USA)
Rupert Gammon (De Montfort University, UK)
José Luis García Fierro (ICP-CSIC, Spain)
Yuki Ishimoto (IAE, Japan)
Alexander Kabza (ZSW, Germany)
Justo Lobato (UCLM, Spain)
Paul Lucchese (CEA, France)
Paolo Masoni (ENEA, Italy)
Rafael Moliner (Instituto de Carboquímica, Spain)
Antonio Monzón (Universidad de Zaragoza, Spain)
Lourdes Rodríguez (CNH2, Spain)
Manuel Romero (IMDEA Energy, Spain)
Lourdes Vega (MATGAS, Spain)
Victor N Verbitsky (MSU, Russia)

CONFERENCE FEES

	Early bird fee (until May 31 st)	Regular fee (after May 31 st)
Regular Participant	450€	600 €
Student Participant	375 €	475 €
Accompanying person	200 €	200 €



Регистрационный взнос

Для участников конференции регистрационный взнос составляет 4000 руб. при оплате до 1.07.15 и 5000 руб. при оплате после 1.07.15. Для студентов и аспирантов регистрационный взнос составляет 1000 руб. при оплате до 1.07.15 и 1500 руб. при оплате после 1.07.15. Оплата взноса может производиться при регистрации в начале конференции.

Регистрационный взнос включает в себя:

- административные издержки;
- сборник тезисов докладов;
- организацию перерывов на "coffee-break".

Размещение

Организационный комитет бронирует гостиничные номера в отеле, находящемся неподалёку от места проведения конференции.

Ключевые даты

- Регистрационная форма – до 1 мая 2015
- Тезисы докладов – до 30 мая 2015
- Статьи докладов – до 1 сентября 2015
- Конференция – с 16 по 19 сентября 2015

Регистрационная форма, программа, список участников, инструкции для написания тезисов и статей, и другая постоянно обновляющаяся информация о конференции будет размещена в сети интернет по адресу vorstu.wix.com/conference

Правила оформления материалов конференции

Устные и/или стендовые доклады будут отбираться программным комитетом на основе представленных тезисов. Авторы могут

указать свои предпочтения (доклад или стенд) в регистрационной форме.

Шаблон оформления тезисов размещен на интернет сайте конференции. Тезисы должны быть написаны на английском (предпочтительнее) или русском языке в формате .doc, .docx или .rtf (рекомендуется использовать MS Word 2003 или 2007). Параметры страницы: формат А4 с отступами по 3 см со всех краев страницы. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman размером 12pt с одинарным межстрочным интервалом. Размер тезисов ограничен одной страницей, включая название, ФИО авторов и наименование организации, которые авторы представляют. Название должно быть написано размером шрифта 14pt, жирным начертанием и расположено посередине страницы. ФИО автора, представляющего тезисы на конференцию должна быть подчеркнута. ФИО авторов, представляющих одни тезисы докладов, но из разных организаций, должны быть помечены надстрочными индексами в конце фамилии.

Организаторы:

- Министерство образования и науки Российской Федерации
- Российская Академия Наук
- Воронежский государственный технический университет
- Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"
- Воронежский государственный университет

Спонсоры:

- Российский фонд фундаментальных исследований

Научная программа конференции:**I. Вопросы теории релаксационных явлений**

- 1.1. Квантовые механизмы релаксации
- 1.2. Классические механизмы релаксационных явлений
- 1.3. Электронная и фононная релаксация
- 1.4. Релаксационные явления в процессе внешнего воздействия на материал

II. Механическая релаксация

- 2.1. Последствие и релаксация напряжений
- 2.2. Внутреннее трение, связанное с микро- и макродефектами металлов
- 2.2.1. Точечные дефекты
- 2.2.2. Дислокации
- 2.2.3. Межфазные и доменные границы
- 2.2.4. Материалы после интенсивной пластической деформации
- 2.3. Внутреннее трение в твердых телах
- 2.3.1. Металлы и сплавы
- 2.3.2. Полупроводники
- 2.3.3. Оксидные стекла и керамика
- 2.3.4. Полимеры и композиты на их основе
- 2.3.5. Оксидные сверхпроводники
- 2.3.6. Суперионные проводники
- 2.3.7. Сегнетоэластики и сегнетоэлектрики
- 2.4. Долговременные процессы изменения структуры и свойств материалов
- 2.5. Усталость и ползучесть материалов

III. Диэлектрическая релаксация

- 3.1. Диэлектрическая релаксация при фазовых переходах
- 3.2. Дипольные стекла и релаксоры
- 3.3. Сегнетомагнетики и магнитоэлектрические композиты
- 3.4. Дegrадация параметров материалов

IV. Магнитная релаксация

- 4.1. Ферромагнетики
- 4.2. Спиновые стекла
- 4.3. Суперпарамагнетики
- 4.4. Магнитные коллоидные растворы и жидкости
- 4.5. Магнитные полупроводники

V. Релаксация в наносистемах

- 5.1. Графены, фуллерены и углеродные нанотрубки

- 5.2. Аморфные металлические сплавы
- 5.3. Нанокристаллические твердые тела
- 5.4. Наноккомпозиты
- 5.5. Тонкие пленки и мультислойные структуры
- 5.5. Гетероструктуры
- VI. Разное
- 6.2. Водород в металлах и полупроводниках
- 6.3. Релаксация в сильно неравновесных условиях
- 6.4. Релаксация в биоматериалах

VII. Методики и установки для измерения релаксационных явлений**Сопредседатели конференции:**

Даринский Борис Михайлович – ВГУ, Воронеж,
Калинин Юрий Егорович – ВГТУ, Воронеж

Зам. председателя:

Головин И.С. НИТУ «МИСиС», Москва
Коротков Л.Н. ВГТУ, Воронеж

Международный научный комитет

Головин И.С. (Москва, Россия)
Granato A. (Urbana, USA)
Гриднев С.А. (Воронеж, Россия)
Даринский Б.М. (Воронеж, Россия)
Кардашов Б.К. (С.-Петербург, Россия)
Ovaldo A.L. (Rosario, Argentina)
Magalas L.B. (Kraków, Poland)
Sinning H.R. (Braunschweig, Germany)
Федотов А.К. (Минск, Беларусь)
Хоник В.А. (Воронеж, Россия)

Национальный комитет

Балашов Ю.С. (Воронеж)
Батарионов И.Л. (Воронеж)
Блантер М.С. (Москва)
Гаврилюк А.А. (Иркутск)
Грановский А.Б. (Москва)
Гусев А.Л. (Саров)
Иевлев В.М. (Москва)
Исхаков Р.С. (Красноярск)
Калинин Ю.Е. (Воронеж)

Первый циркуляр

XXIII международная конференция
«РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ
В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ»,
посвященная 100-летию со дня
рождения В.С. Постникова



Воронеж
16 – 19 Сентября, 2015

Информация о конференции

XXIII международная конференция «Релаксационные явления в твердых телах» будет проходить с 16 по 19 сентября 2015 года в России в городе Воронеже. Конференция впервые была проведена в 1958 году в г. Москве и в последующие годы проходила в различных городах России (Москва, Тула, Воронеж) и городах бывших республик Советского Союза (Харьков, Тбилиси).

Официальные языки конференции Русский и Английский.

Коротков Л.Н. (Воронеж)
Косилов А.Т. (Воронеж)
Кульков В.Г. (Волжский)
Левин Д.М. (Тула)
Маркова Г.В. (Тула)
Никаноров С.П. (С.-Петербург)
Пономаренко А.Т. (Москва)
Рембеза С.И. (Воронеж)
Сайко Д.С. (Воронеж)
Сидоркин А.С. (Воронеж)
Сипников А.В. (Воронеж)
Стопней О.В. (Воронеж)
Стругов Б.А. (Москва)
Шалимов В.Н. (Воронеж)

Программный комитет

Даринский Б.М.
Гриднев С.А.
Калинин Ю.Е.
Косилов А.Т.
Коротков Л.Н.
Стопней О.В.

Локальный комитет

Даринский Б.М.
Калинин Ю.Е.
Коротков Л.Н.
Стопней О.В.
Королев К.Г.
Сипников А.В.
Батарионов И.Л.
Шулин Г.Е.
Гребенников А.А.

Секретариат

Гребенников А.А.
Королев К.Г.
кафедра физики твердого тела
Воронежский государственный технический университет, Московский проспект 14
Воронеж, Россия 394026
E-mail: vorstu.conf.2015@mail.ru



FIRST CIRCULAR ISFP-8(13)

8-th International Seminar on FERROELASTICS PHYSICS



The 8-th International Seminar on Ferroelastics Physics will be held on September 14 - 16, 2015 at the Voronezh State Technical University, Russia. This Seminar is designed to bring together the international community of scientists interested in recent developments in all branches of ferroelastics investigations. The scope of the Seminar will be similar to that of the preceding seminar ISFP-7(12) in Voronezh (2012) and will cover all aspects of processing, structure, properties and applications of ferroelastic crystals.

Organizing Committee:

- S.A. Gridnev – Honorary Chairman
- L.N. Korotkov – Chairman
- O.N. Ivanov – Vice-Chairman
- L.V. Kanivets – Scientific Secretary

Members:

- I.N. Flerov
- V.P. Sakhnenko
- A.S. Sidorkin

Organization and relevant addresses:

Chairman of the Organizing Committee:

Prof. L.N. Korotkov
Voronezh State Technical University,
Moskovsky Prospect, 14
Voronezh 394026, RUSSIA
Phone: +7 (4732) 46 66 47
Fax: +7 (4732) 46 32 77

Scientific Secretary:

Ms. L.V. Kanivets
Department of Solid State Physics
Voronezh State Technical University,
Moskovsky Prospect, 14, Voronezh
394026, RUSSIA

Language:

Russian and English will be the official languages of the Seminar

Sponsored by

Taylor and Francis Group

September 14-16, 2015
Voronezh, Russia

E-mail: vorstu.conf.2015@mail.ru
Website: <http://vorstu.wix.com/conference>

International Scientific Advisory Committee:

- A.V. Belushkin (Russia)
- A.A. Bokov (Canada)
- S.A. Gridnev (Russia)
- A. Luk'yanchuk (France)
- S.G. Lushnikov (Russia)
- Yu.F. Markov (Russia)
- P. Saint-Gregoire (France)
- H.V. Schmidt (USA)
- A.S. Sigov (Russia)

Program Committee:

- B.M. Darinsky – Chairman
- A.A. Kamynin – Secretary
- Yu.F. Markov
- V.I. Zinenko

Conference Schedule

- April 01, 2015 – **Deadline for pre-registration.**
- Jun 20, 2015 – **Deadline for abstracts submission.**
- July 05, 2015 – **Call for papers. Preliminary program.**
- September 14-16, 2015 – **Seminar.**

Topics

- Phase transitions, lattice dynamics and soft modes
- Structure and crystal growth
- Domains, domain boundaries and their dynamics
- Mechanical and acoustic properties
- Optical properties
- Superionic conductivity
- Ferroelasticity and superconductivity
- Heterogeneous, glassy and incommensurate systems
- Nanometer structures
- Multiferroics
- Applications

The following types of presentations are proposed: invited talks (30-40 min), oral contributions (15-25 min) and posters.

Pre-Registration Form

This form is located on the website <http://vorstu.wix.com/conference> and should be sent before March 31, 2015 to Scientific Secretary



Российская Академия Наук
Государственная Корпорация «РОСАТОМ»
Межведомственный научный совет по
радиохимии при Президиуме РАН и ГК «Росатом»,
ФГУП ФЯО «Горно-химический комбинат»

28 сентября – 2 октября 2015 года
проводят в г. Железнодорожск Красноярского края
Восьмую Российскую конференцию
по радиохимии

«РАДИОХИМИЯ-2015»

Тематики конференции:

- 1. Фундаментальная радиохимия:** теория химической связи, новые соединения радиоактивных элементов, получение и свойства сверхтяжелых элементов.
- 2. Методы разделения радионуклидов:** экстракционные и сорбционные методы, электрохимические, неводные и другие методы.
- 3. Радиохимические технологии:** производство топливных композиций, методы обращения с ОЯТ, технологии вывода из эксплуатации ядерных и радиационно-опасных объектов.
- 4. Обращение с радиоактивными отходами:** методы фракционирования и кондиционирования, новые матрицы и методы иммобилизации радионуклидов, создание противомиграционных барьеров.
- 5. Поведение радионуклидов в окружающей среде:** физико-химические формы радионуклидов в окружающей среде, в том числе в условиях геологических хранилищ РАО, радиоактивные элементы, как трассеры геохимических процессов.
- 6. Радиоаналитическая химия:** новые методы определения радионуклидов в технологических и природных объектах, методы определения малых активностей, проточные и дистанционные методы определения радионуклидов, новая аппаратура для измерения радиоактивности.
- 7. Ядерная медицина:** получение радионуклидов для диагностики и терапии, методы адресной доставки радионуклидов, источники для брахитерапии.

Сопредседатели Конференции:

Мясоедов Б.Ф.
ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН

Гаврилов П.М.
ФГУП ФЯО «ГХК»

Заместители председателей конференции, ученые секретари:

Калмыков С.И.
МГУ и РИЦ «Курчатовский Институт»

Меркулов И.А.
ФГУП ФЯО «ГХК»

НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ

Авраменко В.А.	ИХ ДВО РАН
Арутюнян Р.В.	ИБРАЭ РАН
Баторшин Г.Ш.	ПО «Маяк»
Будыка А.К.	ГК «Росатом»
Власов Ю.Г.	СПбГУ
Волк В.И.	АО ВНИИНМ
Воронина А.В.	УрФУ
Дмитриев С.И.	ОИЯИ
Ершов Б.Г.	ИФХЭ РАН
Зубков А.А.	АО «СХК»
Кодина Г.Е.	ГНЦ ИБ
Кудрявцев Е.Г.	Ростехнадзор
Масленников А.Г.	АО ВНИИНМ
Мелихов Н.В.	МГУ
Мокров Ю.Г.	ПО «Маяк»
Мясоедов И.Ф.	ИМГ РАН
Орлова А.И.	НИТУ
Поляков Е.В.	ИХТТ УрО РАН
Сарычев Г.А.	ЗАО НИИ
Соболев А.И.	ФГУП «РосРао»
Танаева И.Г.	ПО «Маяк»
Тетерин Ю.А.	РИЦ «Курчатовский Институт»
Федоров Ю.С.	АО «Радиовый Институт»
Цивадзе А.Ю.	ИФХЭ РАН
Чекмарев А.М.	РХТУ
Шадрин А.Ю.	АО ВНИИНМ
Юдинцев С.В.	ИГЕМ РАН

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Меркулов И.А. (рук)	ФГУП ФЯО «ГХК»
Белова Е.В.	ИФХЭ РАН
Винокуров С.Е.	ГЕОХИ РАН
Власова И.Э.	МГУ
Друзь Д.В.	ФГУП ФЯО «ГХК»
Егорова Б.В.	МГУ
Зернов В.П.	ФГУП ФЯО «ГХК»
Кузьменкова Н.В.	ГЕОХИ РАН
Петров В.Г.	МГУ
Романчук А.Ю.	МГУ
Самсонов М.Д.	ГЕОХИ РАН

Важные даты:

1 мая – предоставления регистрационных форм,
15 июня – крайний срок предоставления тезисов,
1 июля – 2 циркуляр, решение о принятии тезисов,
15 августа – крайний срок ранней оплаты орг. взноса,
10 сентября – крайний срок оплаты орг. взноса,
28 сентября – 2 октября – проведение конференции.

Размер организационного взноса:

5000 руб. – при оплате до 15 июля,
6000 руб. – при оплате после 15 июля,
3000 руб. – молодые ученые (до 35 лет),
1000 руб. – заочное участие.

Организационный взнос включает трансфер к месту проведения от аэропорта, железнодорожного вокзала и обратно, фушет на открытие конференции, банкет, кофе-брейки, сборник трудов Конференции и «папку участника», участие в тех туре. Возможно включение расходов, связанных с проживанием во время конференции в организационный взнос, о чем будет сообщено во 2-ом циркуляре.

Второй циркуляр будет включать детальную информацию о возможных вариантах размещения участников, об оплате орг. взноса, проведения тех. тура и пр.

Материалы представленных докладов, ранее не публиковавшиеся и не направленные в печать, предполагается, по желанию авторов, опубликовать в специальном выпуске журнала «Радиохимия» в 2016 году. Статьи должны быть оформлены согласно правилам журнала и будут проходить процедуру рецензирования, принятую редакционной коллегией журнала.





VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА - 2015»

10-13 ноября 2015

VIII Международная специализированная выставка «Энергоэффективность. Возобновляемая энергетика - 2015» - ключевое событие на территории Украины в сфере эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива состоится в г. Киеве 10–13 ноября 2015 года на крупнейшей в Украине международной выставочной площадке. Деловая программа сопутствующих мероприятий предусматривает проведение Международного инвестиционного бизнес-форума по вопросам энергоэффективности и альтернативной энергетики.

Организатор

Государственное агентство по энергоэффективности и энергосбережению Украины.

Соорганизатор

ООО «Международный выставочный центр».

Отраслевой партнер

Украинская Ветроэнергетическая Ассоциация.

Наша страна обладает впечатляющим потенциалом рынка регенеративной энергии и «зеленых» проектов и имеет одну из самых прогрессивных законо-

дательных баз в сфере возобновляемой энергетики, содержащей экономические преференции. Располагая функциональными заданиями, направленными на реализацию государственной Программы повышения энергоэффективности экономики, широкое внедрение чистых технологий в Украине и консолидацию участников рынка возобновляемой энергетики, Государственное агентство по энергоэффективности и энергосбережению проводит единственное в Украине профессиональное мероприятие по данному направлению. По оценкам экспертов, Международная специализированная выставка «Энергоэффективность» вызывает огромный интерес у профессионального сообщества, инвесторов и самого широкого круга специалистов.

Место проведения

Украина, г. Киев, Международный выставочный центр, Броварской проспект, 15, станция метро «Левобережная»

Контакты:

тел.: (044) 201-1166, 206-8786
e-mail: energo@iec-expo.com.ua
<http://www.iec-expo.com.ua/>





**НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ
ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ-2015
XXIII международная специализированная выставка**

**Организаторы**

Правительство Республики Башкортостан
Министерство промышленности и инновационной политики РБ
Торгово-промышленная палата РБ
Башкирская выставочная компания

Официальная поддержка

Министерство энергетики РФ
Министерство промышленности и торговли РФ
Министерство природопользования и экологии РБ

Содействие

Союз нефтегазопромышленников России
Российский союз химиков
Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков России
Российское газовое общество

Сертификаты

Всемирная ассоциация выставочной индустрии UFI
Российский Союз выставок и ярмарок (РСВЯ)

С 20 по 23 мая 2015 года в Уфе в выставочном комплексе «ВДНХ-ЭКСПО» состоится XXIII международная выставка «Газ. Нефть. Технологии» и Нефтегазовый форум – одна из крупнейших выставок России и ближнего зарубежья

Республика Башкортостан – один из основных нефтедобывающих регионов страны, лидер в нефтепереработке, центр химической промышленности и машиностроения, обладающий высоким инвестиционным рейтингом и наименьшим инвестиционным риском.

Выставка «Газ. Нефть. Технологии 2015»

- Выставка «Газ. Нефть. Технологии-2015» и Нефтегазовый Форум включены в План председательства РФ в Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) в 2014-2015 годах, утверждённый Президентом РФ В.В. Путиным, и План участия Министерства энергетики РФ в конгрессных и выставочных мероприятиях, проводимых на территории РФ и за рубежом.

- Совместное проведение одного из ключевых событий нефтегазовой отрасли международной вы-

ставки «Газ. Нефть. Технологии» с V Международным форумом «Большая Химия»

- Выставка имеет сертификат Всемирной ассоциации выставочной индустрии UFI и официальный статус «UFI Approved Event».

- В настоящее время своё участие подтвердили более 150 ведущих представителей отрасли России и зарубежных стран, которые оценивают выставку как наиболее эффективный способ демонстрации новинок своей продукции и технологий: АК «Транснефть», «АНК «Башнефть», «Татнефть» имени В.Д. Шашина», «ТаграС-Холдинг», «Нижнекамскнефтехим», АО «Транснефть-Урал», «БСК-Башкирская содовая компания», «Газпром нефтехим Салават», «Востокнефтезаводмонтаж», «Пакер», «Башнефтегеофизика», «Буринтех», «ОЗНА», Группа компаний «Гидромашсервис», «Бурсервис», Emerson (США), PHOENIX CONTACT (Германия), Swagelok (США), ATOS (Италия), Корпорация Хайчэн Нефтемаш (Китай) и другие.

- Свыше 10 000 зарегистрированных посетителей ежегодно – представители министерств и ведомств РФ и РБ, руководящий состав и ведущие специалисты промышленных предприятий более чем из 40 регионов России, ближнего и дальнего зарубежья.

- Уникальный шанс участия в деловой программе Нефтегазового Форума с проведением пленарного заседания, а также более чем в 20 профильных конференциях, круглых столах и семинарах.

- Реальная возможность личной встречи с представителями органов власти, руководителями министерств РФ и РБ, генеральными директорами, ведущими специалистами, принимающими решения о закупках оборудования.

- Визиты деловых миссий регионов РФ.

- По результатам Общероссийского рейтинга выставок, международная выставка «Газ. Нефть. Технологии» в Уфе - самая крупная региональная выставка России в номинациях «Выставочная площадь», «Профессиональный интерес», «Охват рынка».

Статистика выставки «Газ. Нефть. Технологии-2014» и Нефтегазового Форума

- 15 000 кв. м выставочной площади (брутто)
- 443 компании из 35 регионов России и 13 стран ближнего и дальнего зарубежья: Австрии, Великобритании, Германии, Израиля, Италии, Польши, США, Чехии, Швейцарии, Швеции, Украины, Республики Беларусь, Японии.
- 10288 зарегистрированных посетителей, согласно данным аудита Российского Союза выставок и ярмарок в 2014 г., 94% из которых составляют специалисты отрасли.
- 25 профильных научно-практических конференций с проведением пленарного заседания, круглых столов, семинаров и презентаций, 2200 участников, 216 докладов, проведение на 8 площадках г. Уфы.

Вся информация размещена
на официальном сайте выставки:
www.gntexpo.ru



**Наша выставка - уникальная возможность
для эффективного делового общения
на самом высоком уровне!**





ПРЕСС-РЕЛИЗ

От Москвы до самых до окраин: дальневосточные архитекторы познакомились с новинками продукции ECOPHON

21-24 мая 2015 года компания «Сен-Гобен» в очередной раз приняла участие в крупнейшей на Дальнем Востоке специализированной выставке «Архитектура, стройиндустрия ДВ региона – 2015». На мероприятии в Хабаровске специалисты строительной индустрии смогли познакомиться с новинками акустической продукции ECOPHON.

Посетителям выставки – представителям архитектурных бюро, проектировочных и строительных компаний – были представлены новинки и уже хорошо знакомые рынку продукты для создания комфортной акустики в помещениях различного назначения. Интерес у специалистов вызвала новая запатентованная акустическая потолочная система Ecophon Master Matrix. Она предназначена для помещений большой площади, где затруднена установка потолка «от стены до стены», обеспечивает возможность быстрого и легкого монтажа с высокой точностью благодаря предустановленным анкерам и закреплению панелей при помощи замков click-in. При этом каждая панель выполняет функцию лючка и может быть легко открыта для доступа к межпотолочное пространство. Панели прямоугольной формы выпускаются в 7 различных типоразмерах, что открывает широкие возможности для дизайна помещений. Система состоит из акустических панелей, изготовленных из стекловолокна высокой плотности с использованием технологии 3RD, и подвесной системы Ecophon Connect.

Второй новинкой на выставке «Архитектура, стройиндустрия ДВ региона – 2015» стала революционная потолочная система Soundlight Comfort Ceiling, разработанная совместно с Philips, которая совмещает в себе лучшие свойства LED светильни-

ков и акустических панелей. Она разработана для офисов открытого типа, все ее элементы – первые на рынке акустические светильники и рядовые панели тщательно продуманы, чтобы функционировать как единое целое, и обладают ровной цельной поверхностью. Максимальный акустический комфорт достигается за счет того, что все 100% панелей Soundlight Comfort Ceiling поглощают звук (даже светильники!). Легкость установки и технического обслуживания, возможность настроить оптимальный для конкретного помещения световой режим обеспечивает подвесная система Connect. Несомненным преимуществом системы является возможность перенастроить освещение при будущих изменениях в планировке офиса. В качестве источников света используются эффективные энергосберегающие LED-технологии Philips. Soundlight Comfort Ceiling – низковольтная система, безопасная для установки, надежная в эксплуатации.

Также на выставке были представлены другие продукты ECOPHON: потолочные панели черного цвета Ecophon Sombra, свободно висящие элементы Ecophon Solo, стеновые панели Ecophon Texona и противоударные стеновые панели Ecophon Super G.B. Стенд компании с представленной на нем широкой линейкой материалов и решений ECOPHON пользовался большой популярностью у посетителей XIX специализированной выставки проектирования, строительства, реконструкции, строительных технологий, техники, материалов и инструментов для строительной индустрии, которая проводилась совместно с XVIII Дальневосточным фестивалем архитектурных работ, проектов, построек «ДВ Зодчество 2015».

О подразделении Saint-Gobain ECOPHON

Компания Saint-Gobain ECOPHON была основана в 1958 г., когда в Швеции были произведены первые звукопоглотители из стекловолокна, предназначенные для создания комфортной акустической среды в помещении. Сегодня компания поставляет решения для акустической отделки помещений офисов, образовательных, лечебных учреждений и чистых производств по всему миру.

Компания Ecophon – часть группы компаний Saint-Gobain с представительствами во многих странах. Стратегическая цель компании – добиваться лидерства на мировом рынке акустических потолков и стеновых панелей посредством создания системы ценностей, наиболее качественно удовлетворяющей потребности заказчиков.

Компания Ecophon находится в постоянном диалоге с государственными и негосударственными экспертными организациями и научно-исследовательскими институтами, занимающимися вопросами улучшения внутренней среды помещений, а также участвует в разработке стандартов в области создания комфортной акустики в помещениях, где люди работают и общаются. www.ecophon.com/ru

Проектировщики Казани оценили технологические и экономические преимущества материалов ISOVER

В Казани в рамках проекта Всероссийский День проектировщика состоялось очередное мероприятие, где более 130 представителей проектных организаций и архитектурных бюро города проявили высокий интерес к инновационным материалам и решениям, которые были представлены подразделением ISOVER компании «Сен-Гобен».

С каждым годом в строительной области происходят изменения: появляются новые требования к объектам с точки зрения пожарной и экологической безопасности, оптимального использования энергии и, как следствие, разрабатываются более современные строительные материалы и инновационные технологии. Именно знания и умения проектировщика позволяют внедрять передовые разработки в широкую практику.

Проектировщики специфицируют решения «Сен-Гобен», руководствуясь современными тенденциями строительного рынка. Представители подразделения ISOVER раскрыли актуальную для Казани тему – утепление навесных вентилируемых фасадов, рассказали о существующих нормативных требованиях к пожарной безопасности, принципах монтажа, а также о возможных последствиях нарушения технологии утепления зданий.

Компания «Сен-Гобен», выпускающая современные теплоизоляционные материалы под брендом ISOVER, предлагает решения из стекловолокна и каменную вату как для внутреннего, так и для внешнего утепления. Значительное внимание компания традиционно уделяет безопасности продукции. В течение последних пяти лет велись испытания материалов на предмет пожарной безопасности минеральной ваты на основе стекловолокна ISOVER в сочетании с различными конструктивными элементами из стали и алюминия, а также с разными вариантами облицовочного покрытия. Испытания проводились на ведущих исследовательских площадках страны – ВНИИПО МЧС, 26 Институт Министерства обороны, ЦНИИСК им. Кучеренко. Результатом стали протоколы и заключения на класс пожарной опасности K0 – на сегодня это лучший показатель для систем навесных фасадов, не ограничивающий их применение с точки зрения пожарной безопасности конструкций.

Важным моментом в использовании навесного фасада является минимизация теплопотерь при установке изоляции. В результате испытаний была подтверждена способность материалов ISOVER на основе стекловолокна и каменного волокна обеспечивать надежное внутреннее утепление, отсутствие воздушных карманов, сквозных швов, отсутствие влаги в зоне конденсата. Экспериментально доказана и долговечность теплоизоляции в ситуации использования без ветрозащитных мембран и в агрессивной среде. Так, на одном из объектов решение ISOVER без облицовки простояло около 8 месяцев. После этого было получено заключение НИИСФ: материал не изменил своих физических и механических свойств, продукт формостабилен.

Казанские проектировщики увидели многие известные объекты города, для утепления которых были выбраны решения ISOVER. Первым объектом, где использовался жесткий материал на основе стекловолокна ISOVER, стал Татарский гуманитарный университет (ТГГУ). Для строительства Дворца водных видов спорта был выбран материал с самым низким коэффициентом теплопроводности – 0,037 Вт/м·К (продукты ISOVER ВентФасад Моно и ISOVER ВентФасад Оптима). На строящемся объекте – Республиканский центр крови – применяют комплексное решение ISOVER ВентФасад Верх, ISOVER ВентФасад Низ, ISOVER ВентФасад Моно, ISOVER OL-Тор и ISOVER OL-Р. Минеральная вата ISOVER на основе стекловолокна в перегородках, каменная вата на плоской кровле и фасадах, а также решения GYPROC и WEBER-VETONIT применялись при возведении Больницы скорой медицинской помощи в Казани. Симбиоз материалов «Сен-Гобен» использовался и при реконструкции Лицея №54. В



силу того, что сегодня в России востребованы не только конструктивные, но и экономически-целесообразные решения, на объекте «Иннополис» применялся комплекс продуктов на основе стекловолокна и каменного волокна.

Участники семинара отметили актуальность затронутых тем и необходимость проведения подобных мероприятий в дальнейшем. Уже 29 мая представители ISOVER продолжают знакомить с преимуществами материалов ISOVER проектировщиков, на этот раз в Санкт-Петербурге.

О подразделении Saint-Gobain ISOVER

«Saint-Gobain ISOVER» более 75 лет является мировым стандартом качества теплоизоляции. Материалами ISOVER утеплен каждый третий дом в Европе. ISOVER - единственный бренд в России, имеющий в своем портфолио продукты как на основе стекловолокна, так и каменного волокна. За 22 года компания стала ведущим игроком на российском рынке строительных материалов.

Продукция ISOVER обеспечивает эффективную защиту от холода и шума, повышает комфорт и энергоэффективность дома, сокращает затраты на его эксплуатацию. В 2013 г. ISOVER был отмечен премией Правительства г. Москвы «Берегите энергию!» в номинации «Технология года». В 2012 г. ISOVER стала первой и единственной теплоизоляцией в России, получившей две экомаркировки от независимых экологических институтов, подтверждающих безопасность продукции для здоровья человека и окружающей среды. В 2013 году ISOVER вышел на новый уровень, получив EcoMaterial Absolute. Согласно стандарту EcoMaterial, продукция, отмеченная наивысшей степенью - Absolute, соответствует современным стандартам экологичности и безопасности, является инновационной и высокотехнологичной, а ее использование способствует модернизации строительной отрасли.

С 2014 года ISOVER - первый и единственный теплоизоляционный материал в России, имеющий экологическую декларацию (EPD).

О компании «Сен-Гобен»

В 2015 году компания Saint-Gobain отмечает 350-летний юбилей. 350 лет и 350 причин верить в будущее. Благодаря своему опыту и инновациям компания Saint-Gobain сегодня является мировым лидером в области создания комфортного пространства для жизни, работы и отдыха людей. Компания разрабатывает, производит и продаёт высококачественные материалы и решения для строительной отрасли. В 2014 году объём продаж «Сен-Гобен» составил 41 млрд евро. Компания Saint-Gobain имеет подразделения в 64 странах мира и около 180 000 человек сотрудников.

Интернет-сайт: www.saint-gobain.com; www.saint-gobain.ru; www.gyproc.ru

Интернет-сайты подразделений в России:

www.isover.ru; www.linerock.ru; www.weber-vetonit.ru; www.ecophon.ru; www.gyproc.ru;
www.rigips.ua; www.weber.ua; www.sgabrasives.ru; www.saint-gobain-gomzovo.ru.

За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:

Елена Тонкова

тел.: +7 (499) 929-55-70

elena.tonkova@saint-gobain.com

Светлана Тихонова

Тел.: +7 (967) 026 18 80; E-mail: stikhonova@pr-consulta.ru

Дарья Ильина, PR-manager ISOVER

Тел.: +7 (495) 775-15-10 ext. 5473,

E-mail: isover.press.rus@saint-gobain.com



В Рязани открылся энергоэффективный супермаркет

В I квартале 2015 г. в Рязани открылся новый торговый центр сети «Европа» с энергоэффективным супермаркетом. В холодильных системах магазина использованы современные решения для охлаждения продуктов, повышающие их сохранность и одновременно снижающие электропотребление холодильных установок. Такой эффект достигается благодаря применению передовых технологий оттайки испарителей, автоматического контроля за работой оборудования и частотного регулирования компрессоров и вентиляторов конденсаторов. В комплексе эти меры дают экономию электроэнергии до 190 тысяч киловатт-часов в год.

Замороженные продукты сегодня в России составляют порядка 20-25% ассортимента продовольственных товаров, но с течением времени их доля растет (для сравнения: в США она достигает примерно 70%). К этому нужно добавить охлажденные продукты, включая все молочные, сыры, колбасы и пр. Недолжное хранение замороженной и охлажденной продукции приводит к большому проценту выбраковки, поэтому внедрение современных технологий холода — один из наиболее актуальных вопросов для российского ритейла.



В витринах и холодильных камерах нового супермаркета используется спроектированная в компании «Данфосс» система быстрой оттайки воздухоохладителей горячим газом. Благодаря ее использованию время одной оттайки не превышает 10 минут, тогда как традиционная оттайка электрическими ТЭНами (трубчатыми электронагревателями) потребовала бы не менее 30 минут для достижения того же эффекта. Важно, что увеличение скорости оттайки

предотвращает нагрев и частичную разморозку хранящихся продуктов, практически неизбежную при использовании ТЭНов. И в довершение ко всем своим преимуществам такой способ оттайки значительно снижает потребление электроэнергии.



В магазине «Европа» применение оттайки горячим газом позволит экономить не менее 40000 кВт·ч в год. Система работает в автоматическом режиме и настроена таким образом, что одновременно оттаиваются не более 20% испарителей, остальные же в это время работают в режиме охлаждения. Это позволяет минимизировать температурные колебания в камерах холодильников, рассказывает Сергей Перепелицин, исполнительный директор компании «ЛЭНД», осуществлявшей проектирование магазина, монтаж оборудования и ввод его в эксплуатацию.

Кроме того, в супермаркете действует автоматическая система мониторинга и управления холодильным оборудованием — ADAP-KOOL. Она позволяет реализовать комплексный контроль работы всего холодильного оборудования, имеющегося в магазине: от камер глубокой заморозки до открытых витрин и шкафов для напитков. Анализ и оптимизация работы холодильного оборудования производится в режиме реального времени на основании данных диспетчеризации. Это обеспечивает сохранность продуктов, увеличение срока службы агрегатов и снижение потребления электроэнергии примерно на 25%, что эквивалентно 150000 кВт·ч в год. Система позволяет реагировать на возникающие неисправности оперативно, до выхода оборудования из строя, порчи продуктов или потери ими своих потребительских свойств.



«Особенность системы ADAP-KOOL — масштабируемость. При этом ее компоненты совместимы практически с любым холодильным оборудованием, применяемым сегодня в ритейле. Система может

быть внедрена и в уже действующих магазинах. При необходимости ее нетрудно подключить к специализированному электронному онлайн-сервису Retail Care. Он позволяет осуществлять удаленный аудит холодильных агрегатов», — добавляет Максим Высоцкий, руководитель направления «Торговый холод» компании «Данфосс», ведущего мирового производителя энергосберегающего оборудования.

Гипермаркет «Европа» является брендом группы компаний «Промресурс», основное направление деятельности которой — строительство торговых центров с последующей сдачей в аренду. Еще одно направление работы холдинга — розничная торговля продуктами питания и товарами широкого потребления через сеть гипер- и супермаркетов «Европа». На сегодняшний день эта торговая сеть насчитывает порядка 50 магазинов по всей России. В Рязани это первый открывшийся магазин сети.

О компании «Данфосс»

Компания «Данфосс» — ведущий мировой производитель энергосберегающего оборудования. Занимает лидирующие позиции на рынке тепловой автоматики, холодильного оборудования, приводной техники. На российском рынке тепловой автоматики доля «Данфосс» составляет 35%. В настоящее время у компании 22 представительства на территории России и Белоруссии. Российское представительство компании «Данфосс» было образовано в 1993 г. На сегодняшний день на российском рынке представлена вся продукция, производимая концерном. Доля локализации предприятия в 2014 г. составляет более 30%. На текущий момент у компании 2 действующих производства в России — в Истринском районе Московской области и в г. Дзержинске Нижегородской области. В 2013 г. подписан договор на проектирование и строительство 3-го завода в России, который также будет расположен в Нижегородской области. Объем инвестиций в строительство нового завода составит около 1 млрд руб.

Для дополнительной информации

Даниил Борисов,
пресс-служба ООО «Данфосс»,
тел.: +7 (495) 210 89 54, press@info-danfoss.ru





PEPSICO

Компания PepsiCo открывает очистные сооружения на заводе «Балтийское молоко»

28 мая 2015 года в Санкт-Петербурге состоялось торжественное открытие локальных очистных сооружений на заводе «Балтийское молоко» (филиал ОАО «Вимм-Билль-Данн», входит в группу компаний PepsiCo).

В официальной церемонии открытия приняли участие вице-губернатор Санкт-Петербурга С.Н. Мовчан, глава администрации Выборгского района Санкт-Петербурга В.Н. Гарнец, начальник службы баланса загрязнений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», директор по производству завода «Балтийское молоко» Л.Н. Микрюкова, а также другие представители администрации Санкт-Петербурга и Выборгского района и компании PepsiCo.

Вице-губернатор Санкт-Петербурга отметил: «Запуск очистных сооружений на заводе «Балтийское молоко» – правильный пример того, как бизнес заботится об экологии. Вопросы охраны окружающей среды сегодня особенно важны, и мы рады, что такие крупные компании, как PepsiCo, активно действуют в этом направлении».

Локальные очистные сооружения завода представляют собой современный высокотехнологичный комплекс для полноценной очистки промышленных и ливневых стоков молокоперерабатывающего предприятия. Сооружения соответствуют самым высоким требованиям, предъявляемым к подобным производственным объектам.

Многоступенчатая технология позволяет гарантировать высокую степень очистки сточных вод от загрязнений. Благодаря наличию как аэробной, так и анаэробной ступеней в процессе биологической очистки сооружения потребляют в десять раз меньше электроэнергии, чем комплексы только с аэробной ступенью. Кроме того, очистные сооружения очень компактные – размещены на площади всего 850 м². Очистные сооружения завода позволяют ежедневно перерабатывать до 1,5 тысяч кубометров сточных вод. При необходимости мощность может быть увеличена до двух тысяч кубометров.

«Компания PepsiCo во всем руководствуется подходом «Ответственно к цели»: мы бережем мир, в котором живем. Поэтому забота об окружающей среде так важна для нас. Открытие очистных сооружений на заводе «Балтийское молоко» – еще один шаг на пути минимизации влияния производственной деятельности нашей компании на экологию», – подчеркнула Людмила Микрюкова.

Во время визита на предприятие гости также увидели новую производственную линию мощностью 6 000 бутылок в час. Благодаря этому завод увеличит выпуск молока и кефира под торговыми марками «Домик в деревне» и «Веселый молочник», отвечая на растущий спрос со стороны потребителей. С вводом в эксплуатацию этой линии завод увеличит производственные мощности на 20%.

Завод «Балтийское молоко» – один из крупнейших заводов по производству молочной продукции в Северо-Западном регионе России. На восьми производственных линиях предприятие выпускает более десяти видов молочной продукции: молоко, кефир и сметану под брендом «Домик в деревне», молоко, кефир, творог, сметану, ряженку и снежок «Веселый молочник», питьевые йогурты Bio Max®, фруктовые творожки, питьевые йогурты и глазированные сырки под маркой «Чудо». Ежегодно завод перерабатывает свыше 80 тысяч тонн сырого молока, которое поступает от 30 сельхозпроизводителей Ленинградской области. Компания PepsiCo инвестирует значительные средства в развитие поставщиков сырого молока, предоставляя беспроцентные авансы на проведение полевых работ, модернизацию ферм, покупку техники и оборудования. Благодаря этому повышается качество сырого молока, поставляемого на заводы компании, и увеличивается его надои.

Помимо основной деятельности завод «Балтийское молоко» реализует целый ряд социальных проектов: поддерживает некоммерческие организации, оказывает помощь детским домам и ветеранам ВОВ.



О компании PepsiCo

Компания PepsiCo радует вкусными продуктами потребителей более чем в 200 странах мира. В 2014 г. объем продаж PepsiCo составил более 66 миллиардов долларов США благодаря сбалансированному портфолио, которое включает продукцию Frito-Lay (закуски), Gatorade (спортивные и функциональные напитки), Pepsi-Cola (газированные и негазированные напитки), Quaker (зерновые продукты и каши) и Tropicana (соки). Компания выпускает широкий ассортимент вкусных и полезных продуктов питания и напитков, включая 22 бренда, ежегодные розничные продажи каждого из которых превышают миллиард долларов.

В основе деятельности компании лежит принцип «Ответственно к цели» – мы стремимся достигать отличных финансовых результатов, обеспечивая устойчивый рост компании. На практике подход «Ответственно к цели» означает, что компания PepsiCo производит широкий ассортимент продуктов питания и напитков, при этом снижает воздействие на окружающую среду и сокращает производственные затраты за счет инновационных решений, обеспечивает комфортные условия работы для своих сотрудников, а также уважает и поддерживает местные сообщества тех стран, в которых компания работает, и инвестирует в их будущее.

Дополнительная информация о компании – на сайте www.pepsico.com.

О компании PepsiCo в России

Компания PepsiCo – крупнейший в России производитель продуктов питания и напитков. В центральном и региональных офисах компании и на ее многочисленных производственных предприятиях работает более 23 000 сотрудников. В 2011 г. в «семью» PepsiCo вошла основанная в 1992 г. компания «Вимм-Билль-Данн», занимавшая лидирующие позиции на рынке молочных продуктов и напитков в России и СНГ.

Сегодня компания PepsiCo занимает ведущие позиции в сегментах газированных, негазированных и энергетических напитков с торговыми марками Pepsi®, 7 Up®, Mirinda®, Adrenaline Rush®, «Русский дар» и др., на рынке чипсов и снеков (Lay's®, Cheetos®, «ХрустTeam»), в сегменте соков и нектаров («Я», «Фруктовый Сад», J7®, «Любимый» и др.), на рынке молочной продукции («Домик в деревне», «Веселый молочник», «Чудо», Bio Max®, «Имунеле») и детского питания («Агуша» и «Здравейеры»), а также в сегменте бутилированной воды («Аква Минерале», «Ессентуки», «Родники России»).

PepsiCo является крупнейшим в России промышленным переработчиком картофеля и одним из крупнейших переработчиков сырого молока. Компания инвестирует значительные средства в реализацию программ, направленных на повышение эффективности деятельности поставщиков картофеля и молока, улучшение качества и обеспечение роста поставок сырья.

Дополнительная информация о компании – на сайте www.pepsico.ru.

Отдел корпоративных отношений PepsiCo

Серафима Шахарова

E-mail: Serafima.Shakharova@pepsico.com

Моб. тел.: +7 919 722 13 00





Mitsubishi Electric расширяет линейку модулей J1-серии с высокой удельной мощностью

Новые модули в компактном корпусе
будут применяться в электрических и гибридных транспортных средствах

Москва, 27 мая 2015 – Mitsubishi Electric анонсировала новую J1-серию полупроводниковых модулей конфигурации 6-в-1 с высокой удельной мощностью. Устройства будут применяться в электрических и гибридных транспортных средствах.

Модули J1-серии обладают компактным корпусом, низким уровнем потерь и высокой надежностью для использования в преобразователях напряжения транспортных средств с электрическими трансмиссиями. Образцы модулей впервые были представлены на международной выставке PCIM Europe 2015, которая прошла в мае этого года в Нюрнберге (Гер-

мания). С 24 по 26 июня устройства будут продемонстрированы на выставке PCIM Asia 2015, Шанхай (Китай).

Mitsubishi Electric начала массовое производство силовых модулей для гибридных автомобилей в 1997 г. – с тех пор рынок компонентов вырос и претерпел значительные изменения, в том числе в области безопасности. Например, требования, предъявляемые к полупроводниковым модулям в автомобильной отрасли, достаточно высоки – они должны быть более надежными, чем модули промышленного производства.



Модули серии J1

График выпуска модулей в 2015 г.

Серия	Модель	Номинал	Поставка образцов
J1-серия	СТ1000CJ1B060	650 В / 1000 А (конфигурация 6-в-1)	Октябрь 2015 г.
	СТ600CJ1B120	1200 В / 600 А (конфигурация 6-в-1)	Декабрь 2015 г.

Характеристики

Сверхкомпактный корпус для автомобильных инверторов

Корпус, состоящий из шести ключей, позволяет снизить габариты преобразователя на ~60% по сравнению с инвертором, произведенным с применением модулей J-серии T-PM (СТ300DJH120).

Низкие потери и высокая надежность для применения в автомобильной отрасли

– Седьмое поколение кристаллов технологии CSTBT™ снижает падение напряжения насыщения коллектор-эмиттера на 10% по сравнению с чипами модулей J-серии T-PM.

– Новый корпус имеет систему прямого жидкостного охлаждения Pin-Fin, что позволяет на ~30% уменьшить тепловое сопротивление охлаждения по сравнению с J-серией T-PM.

*Низкий уровень перенапряжений
за счет снижения внутренней индуктивности*

- Низкоиндуктивный корпус рассчитан для работы с высокой частотой коммутации.
- Значение внутренней индуктивности модулей снижено на 30% по сравнению с J-серией T-PM.

Экологическая безопасность

Модули J1-серии отвечают требованиям директивы 2011/65/EU, ограничивающей содержание вредных веществ (RoHS) в электрических и электронных компонентах.

О компании Mitsubishi Electric

Корпорация с более чем девяностолетним опытом предоставления надежных высококачественных продуктов и услуг корпоративным и частным потребителям во всем мире, Mitsubishi Electric является признанным лидером в производстве, маркетинге и продаже электрического и электронного оборудования, используемого в информационных технологиях, телекоммуникациях, исследовании космоса, спутниковой связи, бытовой электронике, промышленных технологиях, энергетике, транспорте и строительстве.

В 1997 г. в Москве было открыто представительство Mitsubishi Electric Europe B.V., европейского подразделения корпорации, а спустя почти 17 лет для усиления ее присутствия в России и странах СНГ было создано ООО «Мицубиси Электрик (РУС)» (МЭР). Общество было открыто в июне 2014 г., а позднее в Санкт-Петербурге и Екатеринбурге были зарегистрированы обособленные подразделения ООО «Мицубиси Электрик (РУС)». Основными направлениями работы МЭР и его обособленных подразделений являются продажа систем кондиционирования воздуха, промышленной автоматизации, продвижение высоковольтного энергетического оборудования, развитие бизнеса силовых полупроводников, визуально-информационных систем, холодильного оборудования, а также маркетинговые исследования с целью вывода на российский рынок новых продуктов корпорации.

Более подробная информация о корпорации Mitsubishi Electric доступна на ее глобальном сайте <http://MitsubishiElectric.com>.

Более подробная информация о деятельности ООО «Мицубиси Электрик (РУС)» в России и СНГ доступна на сайте <http://MitsubishiElectric.ru>.

Контакты для прессы

Блинова Алена
ООО «Мицубиси Электрик (РУС)»
Тел.: +7 (495) 721 2073
Alyona.Blinova@mer.mee.com
<http://MitsubishiElectric.ru>

Зверева Юлия
Коммуникационное агентство «КРОС»
Тел.: + 7 (495) 980 0680
Yulia.Zvereva@cros.ru





**Компания Schneider Electric признана лидером
в области систем управления электроэнергией в зданиях
согласно отчету Navigant Research**

Решение StruxureWare получило высшие баллы за быструю окупаемость и широкие возможности предоставления пользователю информации, важной для достижения целей по сокращению потребления электроэнергии на объекте.

Москва, 25 мая 2015 г. – Компания Schneider Electric – мировой эксперт в управлении энергией и промышленной автоматизации – признана лидером в области систем управления электроэнергией в зданиях (BEMS) согласно отчету компании Navigant Research. В отчете были проанализированы системы 14 компаний: решение Schneider Electric StruxureWare признано «одной из наиболее широких на сегодняшний день платформ в области энергоменеджмента».

Программное обеспечение Schneider Electric StruxureWare™ отмечено за передовые функции, выходящие за рамки традиционных систем управления зданиями. В дополнение к аналитической платформе энергопотребления, программа StruxureWare раскрывает полную картину данных в области электроэнергии и устойчивого развития как на локальном, так и глобальном уровне. Данное решение также способно интегрировать приложения разных уровней, позволяя аналитической программе отсле-

живать и оптимизировать операционную эффективность на уровне всего предприятия. Это предоставляет клиентам возможность активно планировать инвестиции в сферу энергетики и отслеживать возврат инвестиций. Такие функции нечасто входят в состав подобных решений.

Благодаря широкой функциональности своих решений Schneider Electric может предложить владельцу или оператору здания оптимальное решение, настроенное под его конкретные нужды, независимо от размера здания или количества зданий в сети. ПО StruxureWare™ особенно эффективно для глобальных корпораций и обеспечивает анализ как на уровне отдельных объектов, так и на уровне всей сети по всему миру, на котором оно обрабатывает данные из сотен параллельных потоков информации.

Рейтинг компаний основан на 10 критериях, связанных со стратегией и реализацией, включая стратегию выхода на рынок, работу с партнерами, пользовательский интерфейс, техническую совместимость и масштабируемость. В отчете также подчеркнуты такие отличительные качества Schneider Electric, как глобальный охват и «расширение присутствия на быстро развивающихся рынках».

О компании Schneider Electric

Компания Schneider Electric является мировым экспертом в управлении энергией и промышленной автоматизации. Подразделения компании успешно работают более чем в 100 странах мира. Schneider Electric предлагает интегрированные энергоэффективные решения для энергетики и инфраструктуры, промышленных предприятий, объектов гражданского и жилищного строительства, а также центров обработки данных. 170 000 сотрудников компании, оборот которой достиг в 2014 г. 25 миллиардов евро, активно работают над тем, чтобы энергия стала безопасной, надежной и эффективной. Девиз компании: «Познайте возможности вашей энергии!»

АО «Шнейдер Электрик» имеет представительства в 35 городах России с головным офисом в Москве. Производственная база «Шнейдер Электрик» в России представлена 7 действующими заводами и 3 логистическими центрами. Также в России работают научно-технические и инженерные центры компании.

www.schneider-electric.ru





МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ (Минприроды России)

**Глава Минприроды России Сергей Донской примет участие
в VII Невском экологическом конгрессе в Санкт-Петербурге 28–29 мая 2015 г.**

С. Донской выступит на пленарном заседании VII Невского экологического конгресса в Санкт-Петербурге с докладом о мерах, направленных на обеспечение экологической безопасности в РФ.

В ходе Конгресса будут работать «круглые столы» по темам: «Нормативно-правовое обеспечение экологической безопасности: экономические аспекты правоприменения при работе с отходами производства и потребления», «Комплексное управление водными ресурсами: использование и качество воды», «Проблемы обеспечения экологической безопасности при освоении месторождений полезных ископаемых», «Экологический туризм как компонент формирования имиджа территории». В работе круглых столов VII Невского экологического конгресса примут участие представители Минприроды России, Росводресурсов, Росприроднадзора.

Заместитель министра природных ресурсов и экологии РФ Ринат Гизатулин выступит модератором «круглого стола», посвященного Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 г., а также современным механизмам обеспечения экологической безопасности на территории России.

Невский международный экологический конгресс призван содействовать формированию международной системы экологической безопасности через укрепление трансграничного сотрудничества, совер-

шенствование международного экологического права и сближение законодательства государств-участников СНГ, регулирующего общественные отношения в области взаимодействия общества и природы.

По итогам конгресса будет принята резолюция.

Пресс-конференция по итогам Конгресса состоится 29 мая 2015 г. в 12.00 в пресс-центре Таврического дворца, зале №11.

В пресс-конференции примут участие: председатель организационного комитета конгресса, председатель Совета Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ, председатель Совета Федерации Федерального Собрания РФ Валентина Матвиенко, министр природных ресурсов и экологии Российской Федерации Сергей Донской, министр Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Владимир Пучков, член Межгосударственного экологического совета государств – участников СНГ, министр охраны природы Республики Армения Арамаис Григорян.

Аккредитация журналистов проводится по тел.:
+7 (812) 326-69-22;
+7 (812) 275-41-90

28.05.2015



**Информация об итогах заключительного (Всероссийского) этапа
Всероссийской студенческой олимпиады «Энерго- и ресурсосбережение»,
«Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»,
прошедшего в УрФУ 18-21 мая 2015 года**

На протяжении пятнадцати лет, с 2001 г., в Уральском федеральном университете им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ, ранее – УГТУ-УПИ) проводится всероссийская студенческая олимпиада (ВСО) «Энерго- и ресурсосбережение», «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (НИВИЭ).

Регламент проведения ВСО предусматривает отборочные (внутривузовские, региональные) этапы и заключительный (всероссийский) этап. Решение о проведении в вузе заключительного этапа принимает Министерство образования и науки РФ на основании оценки и отбора заявок организаций высшего образования по определенным критериям.

С 18 по 21 мая 2015 г. в УрФУ прошел всероссийский (заключительный) этап двух Всероссийских студенческих олимпиад для студентов (магистрантов) следующих направлений подготовки (профилей / специальностей):

- 1) 13.03.01, 13.04.01, 140100 Теплоэнергетика и теплотехника по дисциплине «Энерго- и ресурсосбережение» и
- 2) 13.03.02, 13.04.02, 140200, 140400 Электроэнергетика и электротехника по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

В этом этапе олимпиады участвовали студенты вузов России, ведущих подготовку кадров по энергетическим направлениям:

- Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого – 3 студента;
- Ивановского гос. энергетического университета – 6 студентов и руководитель;
- Вятского гос. университета – 3 студента и руководитель;

- Самарского гос. технического университета – 3 студента и руководитель;
- Челябинской агроинженерной академии – 4 студента;
- Таджикского технического университета, осуществляющего подготовку магистров совместно с УрФУ – 3 студента (вне конкурса).

Всего 22 иногородних студента и 3 руководителя.

От УрФУ в олимпиаде участвовали 6 студентов по дисциплине «Энерго- и ресурсосбережение» и 15 студентов бакалавриата и магистратуры по дисциплине НиВИЭ, всего 21 студент Уральского энергетического института (УралЭНИИ).

Результаты заключительного этапа ВСО оценивало жюри в составе:

председатель: **Белоусов В.С.** – профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» УрФУ, д-р техн. наук, профессор;

члены жюри: **Мунц В.А.** – зав. кафедрой «Теплоэнергетика и теплотехника» УрФУ, д-р техн. наук, профессор; **Щеклеин С.Е.** – зав. кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ, д-р техн. наук, профессор; **Трубицын К.В.** – доцент кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВПО «Самарский гос. технический университет», канд. экон. наук; **Беляков А.А.** – доцент кафедры «Атомные электрические станции» ФГБОУ ВПО «Ивановский гос. энергетический университет им. В.И. Ленина», канд. техн. наук; **Иглин П.В.** – ассистент кафедры «Теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО «Вятский гос. университет».



На основании экспертизы выполненных работ жюри постановило присудить:

по дисциплине «*Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии*»:

1 место – **Никитину Александру Дмитриевичу**, студенту УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина;

2 место – **Денисову Константину Сергеевичу**, студенту УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

3 место – **Сливканич Маргарите Андреевне**, студентке Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого;

по дисциплине «*Энерго- и ресурсосбережение*»:

1 место – **Скворцову Илье Александровичу**, студенту Ивановского гос. энергетического университета им. В.И. Ленина»;

2 место – **Крылову Игорю Павловичу**, студенту Ивановского гос. энергетического университета им. В.И. Ленина»;

3 место – **Худяковой Валентине Павловне**, студентке УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Победители и призеры заключительного этапа олимпиады будут представлены на присуждение премии на основании Указа Президента РФ от 6 апреля 2006 года № 325 «О мерах государственной поддержки талантливой молодежи» и постановления Правительства РФ от 27 мая 2006 года № 311 «О премиях для поддержки талантливой молодежи».

Информация о проведении заключительного этапа ВСО размещена на интернет-портале УрФУ <http://urfu.ru/ru/students/study/olympic/energy-saving/> и на сайте УралЭНИН <http://enin.urfu.ru/>



РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ADVERTISING MATTERS

Научно-технический центр "ТАТА" (Россия) поставляет Заказчикам

ГРАФЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO)

в виде порошка, водной суспензии, пасты

1. GRAPHENE OXIDE

(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)

Properties

Form:	concentrated suspension of graphene oxide
Particle size	1-30 microns
Color:	dark brown
Suspensibility:	Polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent:	water
Concentration:	5 mg/ml
Contents monolayer GO	80-85% (at a concentration of 1 mg/ml)

2. GRAPHENE OXIDE

(highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)

Properties

Form:	concentrated suspension of graphene oxide
Particle size	1-30 microns
Color:	dark brown
Suspensibility:	polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent:	water
Concentration:	5 mg/ml
Contents monolayer GO	80-85% (at a concentration of 1 mg/ml)

3. GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1 g)

Properties

Form:	concentrated suspension of graphene oxide
Particle size	1-30 microns
Color:	dark brown
Suspensibility:	polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent:	water
Concentration:	5 mg/ml
Contents monolayer GO	80-85% (at a concentration of 1 mg/ml)

4. REDUCED GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1 g)

Properties

Form:	powder with very low bulk density
Reduction method:	microwave exfoliation of graphene oxide powder
Color:	black
Dispersibility:	N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, a dilute aqueous ammonia solution
Conductivity:	~ 2 S/cm
BET specific surface area:	650-680 m ² /g
BET surface standard porosimetry:	> 2400 m ² /g

Изготовление Заказа - 2 недели. Доставка почтой DHL.

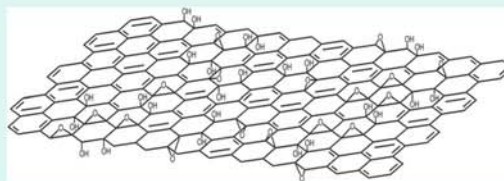
Оплата на расчетный счет предприятия Научно-технический центр "ТАТА"
по Договору изготовления, аттестации и поставки продукции.



КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА

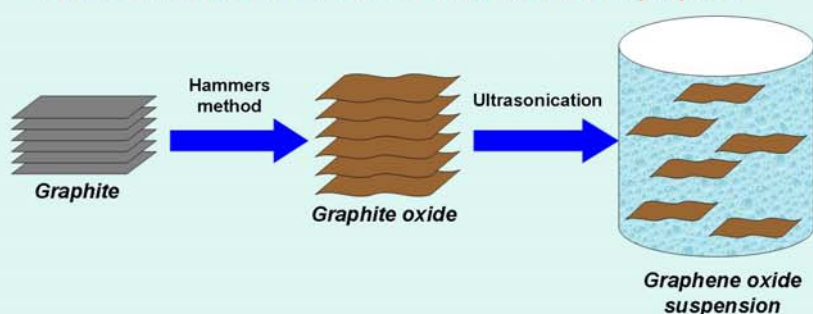
Оксид графита – продукт глубокого окисления графита, имеет простейшую формулу C_4O_8H и содержит большое количество кислородсодержащих функциональных групп. Оксид графита, являясь гидрофильным материалом, способен образовывать коллоидные растворы в воде, диметилформамиде, N-метилпирролидоне, водных растворах этанола и других полярных растворителях, где он расщепляется на тонкие (вплоть до одного углеродного слоя) листы **оксида графена (ОГ)**.



Химическая структура ОГ

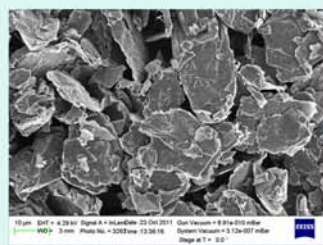
J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 374015 (19pp)

Схематическая методика синтеза оксида графена



Оксид графита получали модифицированным методом Хаммерса. Для приготовления водной суспензии наноллистов ОГ оксид графита смешивали с дистиллированной водой и полученную смесь обрабатывали в ультразвуковой ванне в течение 1 часа. Далее образовавшуюся суспензию для удаления крупных частиц центрифугировали 15 мин при 3000g.

Микрофотографии графита, оксида графита и наноллистов оксида графена



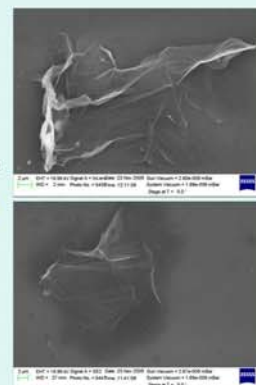
Graphite

Oxidation



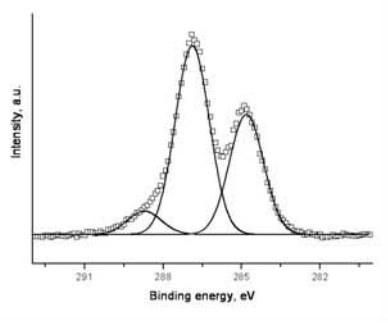
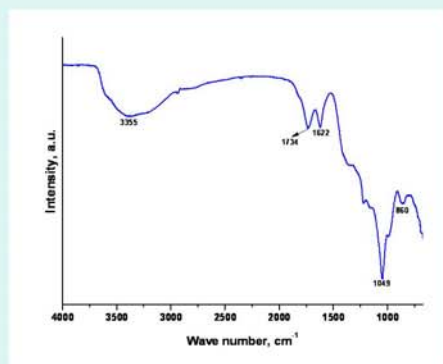
Graphite oxide

Ultrasonication



Graphene oxide nanosheets

ИК-спектр оксида графена



Рентгеновский фотоэлектронный спектр наночастиц оксида графена

Элементный состав пленки оксида графена

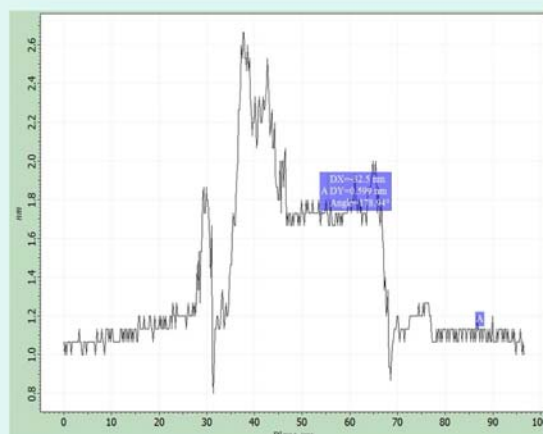
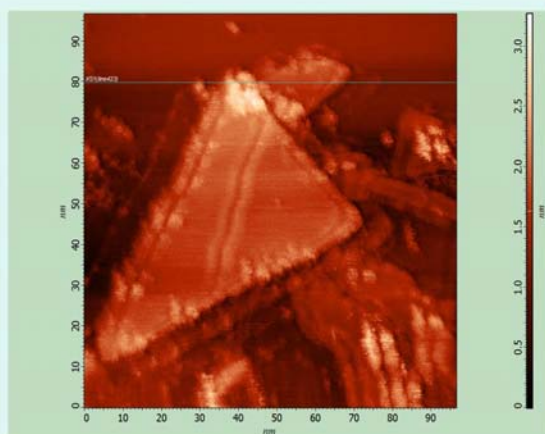
C – 45,3 вес.%

O – 48,7 вес.%

H – 2,8 вес.%

S – 2.1 вес.%

N – <0.1 вес.%



Из данных АСМ видно, что частицы оксида графена, присутствующие в видной суспензии после облучения ультразвуком, являются плоскими листами толщиной приблизительно 0,6 нм, что соответствует толщине 1 слоя ОГ.

Size:	1-20 μm
Thickness:	0,6-1,3 nm (80% 1-2 layer) by AFM
Solubility:	Water, DMF, DMS, Aqueous Ethanol, NMP
pH	4-5

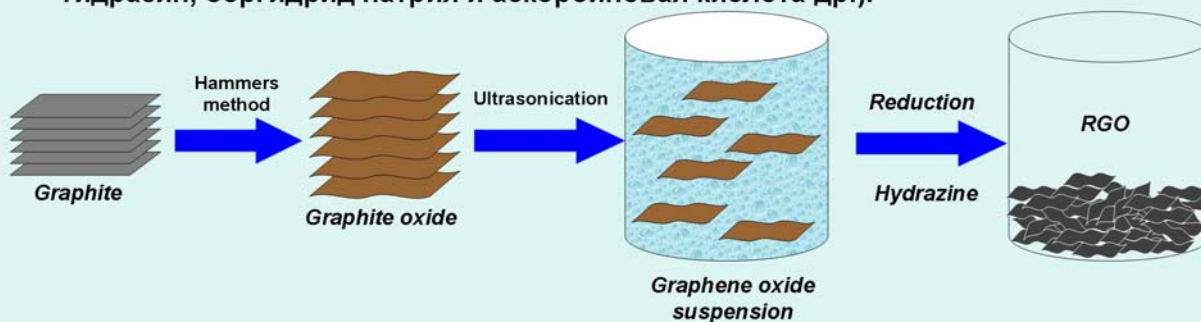
Graphene Oxide Applications

- Solar Cells
- Graphene Semiconductor Chips
- Conductive Graphene Films
- Chemical Power Sources (Supercapacitors and Batteries)
- Catalysts and Sorbents
- Graphene Computer Memory
- Transparent Conductive Coatings
- Graphene Sheets and Many Others Applications

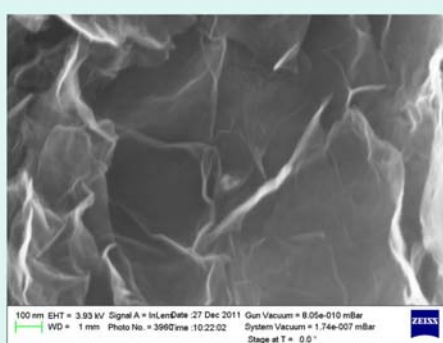
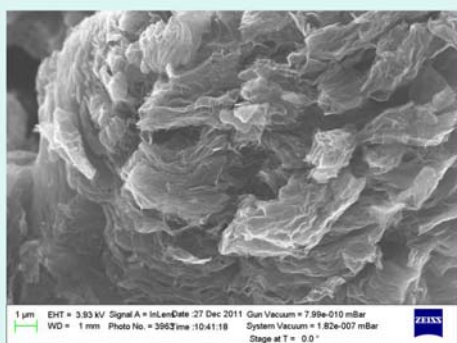
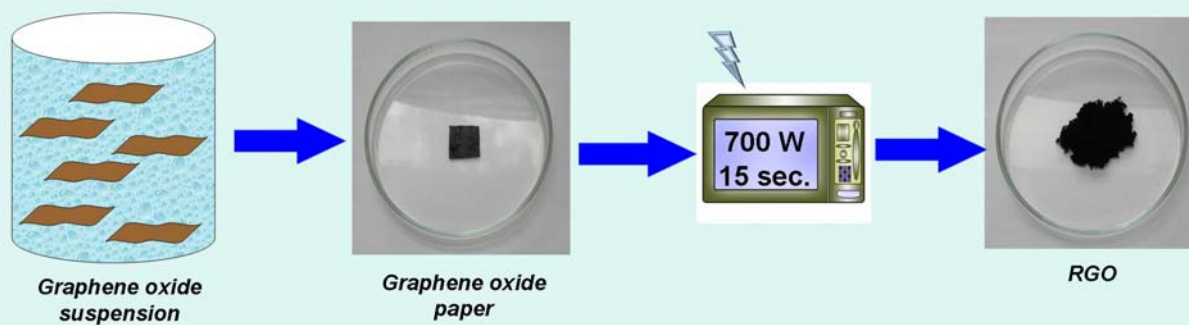


ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

1. Химическое восстановление (использование сильных восстановителей – гидразин, боргидрид натрия и аскорбиновая кислота др.).

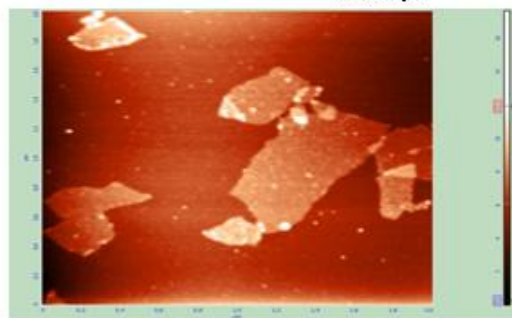
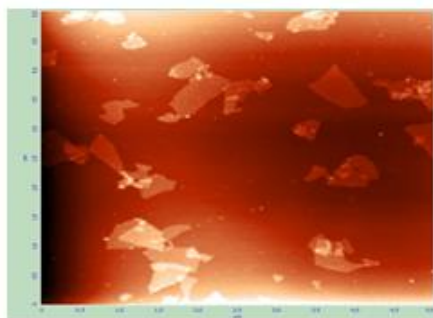
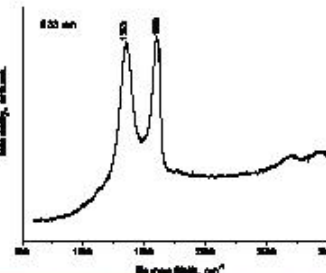
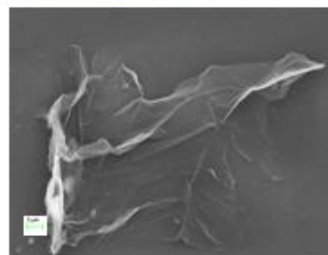
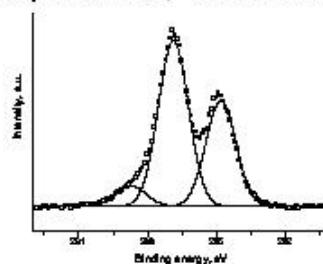


2. Термическое восстановление. Наиболее часто применяется восстановление СВЧ-облучением.



GRAPHENE OXIDE

(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)



Graphite oxide - a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2OOH and contains a large amount of oxygen-containing functional groups. Graphite Oxide - a hydrophilic material, it is capable of forming colloidal solutions in water, dimethylformamide, N-methylpyrrolidone, ethanol and aqueous solutions of other polar solvents, where it exfoliated thin (up to one carbon layer) sheets of **graphene oxide (GO)**.

Application of graphene oxide

- Solar Cells
- Semiconductor Electronics
- Conductive graphene films and coatings (including transparent)
- Electrode material for chemical power sources (batteries and supercapacitors)
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials
- Conductive inks including for 3D-printing
- and many other applications.

Properties

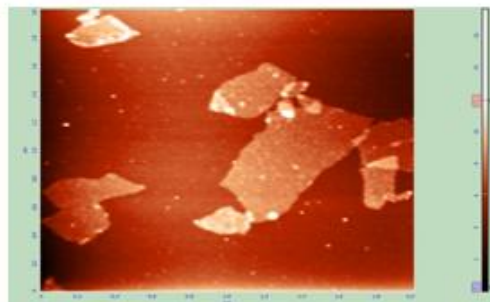
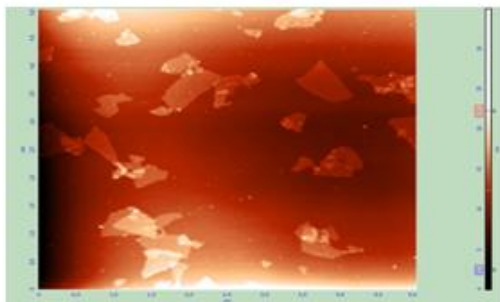
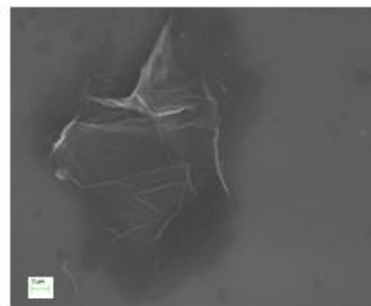
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-methylpyrrolidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

The elemental composition

C – 45,3 wt.%; **O** – 48,7 wt.%; **H** – 2,8 wt.%; **S** – 2.1 wt.%; **N** – <0.1 wt.%

GRAPHENE OXIDE

(a highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)



Graphite oxide - a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2OOH and contains a large amount of oxygen-containing functional groups. Graphite Oxide - a hydrophilic material, it is capable of forming colloidal solutions in water, dimethylformamide, N-metilpirrollidone, ethanol and aqueous solutions of other polar solvents, where it exfoliated thin (up to one carbon layer) sheets of **graphene oxide (GO)**.

Application of graphene oxide

- Solar Cells
- Semiconductor Electronics
- Conductive graphene films and coatings (including transparent)
- Electrode material for chemical power sources (batteries and supercapacitors)
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials
- Conductive inks including for 3D-printing
- and many other applications.

Properties

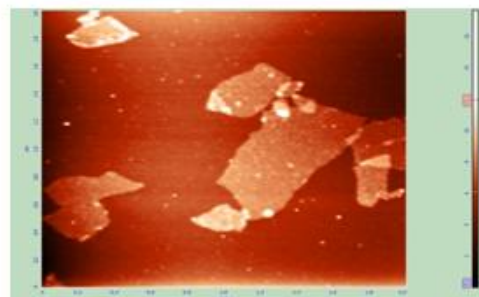
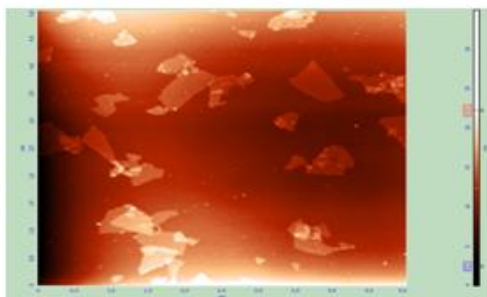
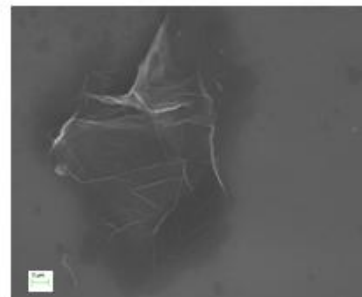
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrollidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

The elemental composition

C – 45,3 wt.%; **O** – 48,7 wt.%; **H** – 2,8 wt.%; **S** – 2.1 wt.%; **N** – <0.1 wt.%

GRAPHENE OXIDE

(a highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)



Graphite oxide - a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2OOH and contains a large amount of oxygen-containing functional groups. Graphite Oxide - a hydrophilic material, it is capable of forming colloidal solutions in water, dimethylformamide, N-metilpirrollidone, ethanol and aqueous solutions of other polar solvents, where it exfoliated thin (up to one carbon layer) sheets of **graphene oxide (GO)**.

Application of graphene oxide

- Solar Cells
- Semiconductor Electronics
- Conductive graphene films and coatings (including transparent)
- Electrode material for chemical power sources (batteries and supercapacitors)
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials
- Conductive inks including for 3D-printing
- and many other applications.

Properties

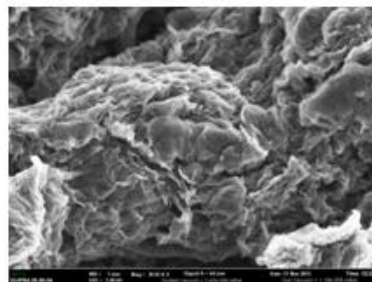
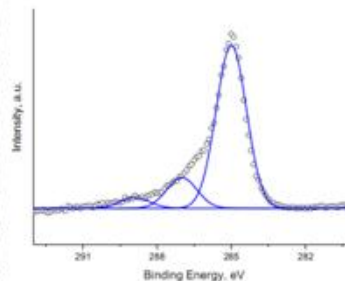
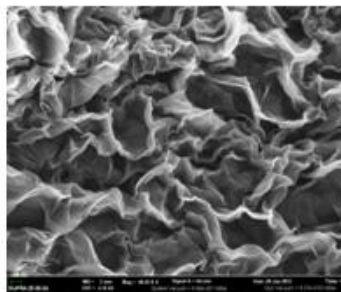
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrollidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

The elemental composition

C – 45,3 wt.%; **O** – 48,7 wt.%; **H** – 2,8 wt.%; **S** – 2.1 wt.%; **N** – <0.1 wt. %



REDUCED GRAPHENE OXIDE (dry powder, 1g)



Properties

Form: powder with very low bulk density

Reduction method: microwave exfoliation of graphene oxide powder

Color: black

Dispersibility: N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, a dilute aqueous ammonia **solution**

Conductivity: ~ 2 S / cm

BET specific surface area: 650-680 m²/g

BET surface standard porosimetry: > 2400 m²/g

Application of RGO

- Due to the large specific surface area and high conductivity RGO is a promising material for chemical power sources (Supercapacitors and batteries). Specific electrical capacity can reach 200-250 F/g in inorganic electrolytes.
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials with improved characteristics
- Conductive inks (including materials for 3D-printing) etc.

Reduced graphene oxide

it is a product of the thermal reduction of graphene oxide powder under microwave irradiation. In contrast to graphene oxide, the reduced graphene oxide has a large specific surface and a high conductive characteristics. This is a black powder with a low bulk density (~ 0.7 g/100cm³) contains more than 96 wt.% Carbon.

The elemental composition

C – 96,1 wt.%; O – 2,7 wt.%; H – 0,3 wt.%; S – 0,4 wt.%; N – 0,5 wt.%



О КОНКУРСАХ НА СОИСКАНИЕ ЗОЛОТЫХ МЕДАЛЕЙ И ПРЕМИЙ ИМЕНИ ВЫДАЮЩИХСЯ УЧЕНЫХ, ПРОВОДИМЫХ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК В 2015 году

Российская академия наук объявляет конкурсы на соискание следующих золотых медалей и премий имени выдающихся ученых, каждая из которых присуждается в значительную дату, связанную с жизнью и деятельностью ученого, именем которого названа медаль или премия.

ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ (присуждаются отечественным ученым)

1. Золотая медаль имени **М.М. Сперанского** – за выдающиеся научные работы в области государственного управления.
Срок представления работ до 1 октября 2014 года.
2. Золотая медаль имени **Л.С. Берга** – за выдающиеся работы в области географии, биогеографии и ихтиологии.
Срок представления работ до 14 декабря 2014 года.
3. Золотая медаль имени **С.И. Вавилова** – за выдающиеся работы в области физики.
Срок представления работ до 24 декабря 2014 года.
4. Золотая медаль имени **С.А. Чаплыгина** – за выдающиеся теоретические работы по механике.
Срок представления работ до 5 января 2015 года.
5. Золотая медаль имени **А.С. Попова** – за выдающиеся достижения в области развития методов и средств радиоэлектроники, в том числе для передачи информации.
Срок представления работ до 6 февраля 2015 года.
6. Золотая медаль имени **И.Е. Тамма** – за выдающиеся работы по теоретической физике и физике элементарных частиц, теории поля.
Срок представления работ до 8 апреля 2015 года.
7. Золотая медаль имени **Н.С. Курнакова** – за выдающиеся работы в области физико-химического анализа, химии и технологии.
Срок представления работ до 6 сентября 2015 года.
8. Золотая медаль имени **Н.Г. Басова** – за выдающиеся работы в области физики.
Срок представления работ до 14 сентября 2015 года.

ПРЕМИИ (присуждаются отечественным ученым)*

- Премия имени **С.В. Ковалевской** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 15 октября 2014 года.
2. Премия имени **В.О. Ключевского** – за выдающийся вклад в области отечественной истории и славяноведения.
Срок представления работ до 16 октября 2014 года.
3. Премия имени **А.Ф. Кони** – за выдающиеся научные работы в области права.
Срок представления работ до 28 октября 2014 года.
4. Премия имени **Б.Б. Голицына** – за выдающиеся научные работы в области геофизики.
Срок представления работ до 18 ноября 2014 года.
5. Премия имени **В.И. Векслера** – за выдающиеся работы по физике ускорителей.
Срок представления работ до 4 декабря 2014 года.
6. Премия имени **А.А. Андропова** – за выдающиеся работы в области классической механики и теории управления.
Срок представления работ до 11 января 2015 года.
7. Премия имени **А.Н. Колмогорова** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 25 января 2015 года.
8. Премия имени **Л.И. Мандельштама** – за выдающиеся работы по физике и радиофизике.
Срок представления работ до 4 февраля 2015 года.
9. Премия имени **А.А. Шахматова** – за выдающиеся работы в области источниковедения, текстологии, языкознания.
Срок представления работ до 5 марта 2015 года.
10. Премия имени **А.А. Маркова** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 14 марта 2015 года.
11. Премия имени **И.В. Гребенникова** – за выдающиеся работы в области химии, физикохимии и технологии стекла.
Срок представления работ до 24 марта 2015 года.
12. Премия имени **А.А. Ухтомского** – за выдающиеся работы в области физиологии нервной системы и физиологии трудовой деятельности.
Срок представления работ до 25 марта 2015 года.
13. Премия имени **Н.К. Кольцова** – за выдающиеся работы в области молекулярной генетики.
Срок представления работ до 15 апреля 2015 года.
14. Премия имени **Ю.А. Овчинникова** – за выдающиеся работы в области физико-химической биологии и биотехнологии.
Срок представления работ до 2 мая 2015 года.
15. Премия имени **А.А. Расплетина** – за выдающиеся достижения в области создания радиотехнических систем автоматизированного управления.
Срок представления работ до 25 мая 2015 года.
16. Премия имени **Н.С. Шатского** – за выдающиеся научные работы по тектонике.
Срок представления работ до 28 мая 2015 года.
17. Премия имени **С.Н. Виноградского** – за выдающиеся работы в области общей микробиологии.
Срок представления работ до 1 июня 2015 года.
18. Премия имени **А.Н. Несмеянова** – за выдающиеся работы в области химии элементоорганических соединений.
Срок представления работ до 9 июня 2015 года.
19. Премия имени **С.Ф. Ольденбурга** – за выдающиеся работы в области востоковедения.
Срок представления работ до 15 июня 2015 года.
20. Премия имени **С.С. Смирнова** – за выдающиеся научные работы по изучению месторождений полезных ископаемых и металлогении.
Срок представления работ до 16 июня 2015 года.
21. Премия имени **И.Е. Забелина** – за выдающийся вклад в исследование проблем археологии.
Срок представления работ до 17 июня 2015 года.
22. Премия имени **Л.А. Чугаева** – за выдающиеся работы в области химии комплексных соединений.
Срок представления работ до 5 июля 2015 года.

* Кроме премии имени Д.С. Лихачева (пункт 34).

23. Премия имени **А.А. Григорьева** – за выдающиеся работы в области физической географии.
Срок представления работ до 1 августа 2015 года.
24. Премия имени **С.А. Лебедева** – за выдающиеся работы в области разработок вычислительных систем.
Срок представления работ до 2 августа 2015 года.
25. Премия имени **Е.С. Варги** – за выдающиеся научные работы в области мировой экономики.
Срок представления работ до 6 августа 2015 года.
26. Премия имени **Е.В. Тарле** – за выдающиеся научные работы в области всемирной истории и современного развития международных отношений.
Срок представления работ до 8 августа 2015 года.
27. Премия имени **А.Н. Туполева** – за выдающиеся работы в области авиационной науки и техники.
Срок представления работ до 10 августа 2015 года.
28. Премия имени **П.Н. Яблочкова** – за выдающиеся работы в области электрофизики и электротехники.
Срок представления работ до 17 августа 2015 года.
29. Премия имени **М.А. Лаврентьева** – за выдающиеся результаты в области математики и механики.
Срок представления работ до 19 августа 2015 года.
30. Премия имени **А.О. Ковалевского** – за выдающиеся работы в области биологии развития, общей, сравнительной и экспериментальной эмбриологии беспозвоночных и позвоночных животных.
Срок представления работ до 19 августа 2015 года.
31. Премия имени **В.Н. Ипатьева** – за выдающиеся работы в области технической химии.
Срок представления работ до 21 августа 2015 года.
32. Премия имени **Н.И. Кареева** – за выдающийся вклад в изучение проблем всеобщей истории.
Срок представления работ до 24 августа 2015 года.
33. Премия имени **А.И. Мальцева** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 27 августа 2015 года.
34. Премия имени **Д.С. Лихачева** присуждается российским и зарубежным ученым за выдающийся вклад в исследование литературы и культуры Древней Руси.
Срок представления работ до 28 августа 2015 года.
35. Премия имени **Г.В. Плеханова** – за выдающиеся научные работы в области философии.
Срок представления работ до 11 сентября 2015 года.
36. Премия имени **Е.С. Федорова** – за выдающиеся работы по кристаллографии.
Срок представления работ до 22 сентября 2015 года.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях поощрения ученых за научные труды, научные открытия и изобретения, имеющие важное значение для науки и практики, Российская академия наук присуждает золотые медали и премии имени выдающихся ученых.

Золотые медали присуждаются за выдающиеся научные работы, открытия и изобретения или по совокупности работ большого научного и практического значения.

В конкурсах на соискание золотых медалей могут участвовать лишь отдельные лица персонально.

Премии присуждаются за отдельные выдающиеся научные работы, открытия, изобретения, а также за серии научных работ по единой тематике.

На соискание премий могут быть представлены работы или серии работ единой тематики, как правило, отдельных авторов. При представлении работ выдвигаются лишь ведущие авторы, причем не более трех человек.

Право выдвижения кандидатов на соискание золотых медалей и премий предоставляется:

- а) академиком и членом-корреспондентом Российской академии наук;
- б) научным учреждениям, высшим учебным заведениям;
- в) научным и инженерно-техническим обществам;
- г) научным советам Российской академии наук и других ведомств по важнейшим проблемам науки;
- д) научно-техническим советам государственных комитетов, министерств, ведомств; техническим советам промышленных предприятий; конструкторским бюро.

Организации или отдельные лица, выдвинувшие кандидата на соискание золотой медали или премии, обязаны представить в Российскую академию наук (119991, Москва, Ленинский проспект, 14, корп. 2, Экспедиция) с надписью "На соискание золотой медали (премии) имени...".

а) мотивированное представление, включающее научную характеристику работы, ее значение для развития науки и народного хозяйства;

б) при выдвижении работ на соискание премии – опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретения – в трех экземплярах (при выдвижении закрытых работ допускается представление рукописных материалов в одном экземпляре);

Примечание: При выдвижении кандидата на соискание золотой медали представление опубликованных научных работ (серий работ), материалов научного открытия или изобретения не обязательно.

в) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место работы и занимаемая должность, домашний адрес, номера служебного и домашнего телефонов);

г) справку о том, что представляемая на конкурс работа ранее не была удостоена Государственной премии, а также именных государственных премий.

Работы, удостоенные Государственной премии, а также именных государственных премий, на соискание золотых медалей и премий имени выдающихся ученых не принимаются.

Ученым, удостоенным золотых медалей или премий, предоставляется право при печатании работ отмечать в заголовке "Удостоена золотой медалью (премией) имени... Российской академии наук за... год".

Решения Президиума РАН о присуждении золотых медалей и премий, а также краткие аннотации о работах, удостоенных золотых медалей или премий, публикуются в "Вестнике Российской академии наук", в "Известиях Российской академии наук" соответствующей серии и в газете "Пониск". В "Вестнике Российской академии наук" помещаются портреты ученых, удостоенных золотых медалей и премий.

Рассмотренные на заседании Президиума РАН печатные научные работы, за которые присуждены золотые медали или премии, передаются в Библиотеку Российской академии наук на хранение.

Золотые медали, а также дипломы о присуждении золотых медалей вручаются удостоенным их лицам на годичном Общем собрании Российской академии наук. Дипломы о присуждении премий вручаются удостоенным их лицам на заседании Президиума РАН.

Справки по телефону: (499) 237-99-33





Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология"

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» издается с 2000 г., выходит ежемесячно и распространяется по подписке через агентства «Роспечать», «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы», «Интерпочта-2003», «Артос-ГАЛ», «Деловая пресса», «ЕРМАК-ПРЕСС», а также через редакцию журнала.

Журнал включен в состав Международной научно-образовательной системы «Водород» (<http://www.hydrogen.ru>).

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» зарегистрирован в правительстве России в качестве СМИ, одобрен Организацией Объединенных Наций, включен в перечень ВАК, награжден Европейской Академией Естественных Наук медалью Рентгена, в 2000 и 2003 гг. награжден Президентом Международной ассоциации водородной энергетики (МАВЭ) академиком Т.Н. Везируглу денежной премией за достигнутые успехи, в 2008 году журнал награжден Премией «Российский Энергетический Олимп-2008».

Под эгидой журнала проведен ряд научных форумов:

- Первый Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2000.
- Второй Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2003.
- Первый Всемирный конгресс
«Альтернативная энергетика и экология» WCAEE-2006.
- Первая Международная конференция
«Водород и возобновляемые источники энергии» ICHRSE-2006.
- Третий Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2006.
- Первый Международный симпозиум
«Водородные сенсоры и рекомбинаторы» ISHSR-2006.
- Национальный Российский семинар
«Получение альтернативных энергоносителей с помощью атомно-водородного цикла» АВЭ-2007.

Материалы всех мероприятий опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология».

Все статьи, поступающие в журнал, рецензируются, реферируются, в кратчайшие сроки согласуются с авторами и публикуются в журнале. Авторские коллективы лучших научных работ участвуют в конкурсах редколлегии и награждаются почетными дипломами, грамотами, призами и наградами, учрежденными Международной редколлегией журнала и одобренными ООН.

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) приглашает руководителей и исполнителей проектов к публикации рукописей по результатам проведенных исследований и выполненных научно-технических работ по следующим основным направлениям:

1. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы.
2. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.
3. Технологии новых и возобновляемых источников энергии.
4. Технологии создания и обработки полимеров и эластомеров.
5. Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов.
6. Технологии производства топлив и энергии из органического сырья.
7. Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом.
8. Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф.
9. Технологии создания мембран и каталитических систем.
10. Технологии водородной энергетики.
11. Нанотехнологии и наноматериалы.
12. Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем.
13. Базовые и критические специальные и промышленные технологии.
14. Технологии обеспечения защиты и жизнедеятельности населения и опасных объектов при угрозах террористических проявлений.
15. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.

Анонсы и Интернет-версии статей публикуются на сайте Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) в разделе «Новости».

Электронные версии статей публикуются на сайте журнала с некоторой задержкой по времени (36 месяцев). Ежемесячно сайт журнала посещают читатели из 205 стран мира. Общее число посещений достигает 1 000 000 в год.

Авторские коллективы, выполнившие наиболее значимые работы, могут номинироваться на награждение высшей Международной наградой редколлегии журнала (орденом или медалью) по представлению руководителя головной организации-исполнителя работ.

Награды присуждаются в соответствии с решением Международной наградной комиссии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Редколлегия оказывает содействие своим авторам в получении финансовой поддержки ведущих международных научных фондов, компаний и институтов, для чего публикует на страницах журнала краткое предложение по международному проекту.





International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

The International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology has been published since 2000 on a monthly basis. The Journal is distributed by subscription through the Rospechat, Russian Press: Russian and Foreign Newspapers and Magazines, Interpochta-2003, Artos-GAL, Business Press, YERMAK-PRESS subscription agencies and through the Editorial Board of the Journal.

The Journal is part of International Scientific and Educational System "Hydrogen" (<http://www.hydrogen.ru>).

The International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology has been entered into the Mass Media Register of the Government of Russia, approved by the United National Organization, included in the List of the State Commission for Academic Degrees and Titles, awarded the Roentgen Medal by the European Academy of Natural Sciences. In 2000 and 2003 the Journal awarded a cash prize by President of International Hydrogen Energy Association Member of Academy T.N. Veziroglu for achievements, and in 2008 the Journal received the Prize of Russian Energy Olympus-2008.

A number of scientific forums have been conducted under the aegis of the Journal

- First International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT-2000.
- Second International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT-2003.
- First World Congress on Alternative Energy and Ecology WCAEE-2006.
- First International Conference on Hydrogen and Renewable Energy Sources ICHRSE-2006.
- Third International symposium of Safety and Economy of Hydrogen Transport IFSSEHT--2006.
- First international Symposium on Hydrogen Sensors and Recombiners ISHSR-2006.
- National Russian Workshop on Production of Alternative Energy Sources Using the Atomic Hydrogen Cycle AHE-2007

Proceedings of all these events have been published in the International Journal of Alternative Energy and Ecology.

All manuscripts received by the Journal are reviewed, confirmed by the authors and published in the Journal in the shortest possible time. Authors of the best scientific manuscripts participate in contests announced by the Editorial Board and awarded honorable diplomas and prizes established by the International Editorial Board of the Journal and approved by UNO.

The Editorial Board of the International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) invites managers and participants of current and completed projects to publish manuscripts presenting the results of accomplished research and development projects in the following areas:

1. Monitoring and prediction of atmosphere and hydrosphere conditions
2. Development of energy saving heat and power transportation, distribution and consumption systems
3. Advanced and renewable energy sources
4. Development and processing of polymers and elastomers
5. Development and processing of composite and ceramic materials
6. Energy and fuel processing from organic raw materials
7. Nuclear power, nuclear fuel cycle, safe management of radioactive waste and spent nuclear fuel
8. Risk reduction and mitigation of consequences of natural and technology-related catastrophes
9. Development of membranes and catalytic systems
10. Hydrogen energy
11. Nanotechnologies and nanomaterials
12. Development of energy efficient engines and propulsion devices for transport systems
13. Basic and critical special and commercial processes
14. Protection and life support of population and hazardous facilities under threat of terrorist acts
15. Processing and disposal of civilization-related waste

Announcements and Internet-versions of journal manuscripts are published on the web-site of the International Scientific Journal of Alternative energy and Ecology (<http://isjaee.hydrogen.ru/>) in the News section.

Electronic versions of the manuscripts are published on the Journal's web-site with some delay (36 months). Visitors of the Journal's web-site represent 205 countries worldwide. The total number of web-site visits is 1,000,000 per year.

Authors of the most significant papers can be nominated for the highest award of the Journal's International Editorial Board (order or medal) upon request submission by the head of the leading participating organization.

The awards are conferred in accordance with resolutions of the International Award Commission of the International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology.

The Editorial Board assists authors of published papers in getting international financial support of leading international scientific foundations and search for leading companies and institutes that specialize in the area of scientific interest for cooperation under international research and development projects.

Upon request of the authors, the Editorial Board publishes a free-of-charge summary of international project proposal in the Journal that helps the authors find foreign co-participants.



**ПЕРЕЧЕНЬ
необходимых материалов для публикации
в Международном научном журнале
«Альтернативная энергетика и экология»**

По тематике: _____

Тематика определяется в соответствии с Тематикой журнала Form36 с указанием номера раздела и секции (желательно определиться с тематикой, если есть затруднения у авторов, Редакция вправе самостоятельно определить тематику рукописи).

Авторов: _____**Статья:** _____

Для своевременного выхода журнала и быстрой публикации работ авторы должны предоставлять в редакцию материалы по перечню, приведенному в таблице ниже. Авторы должны заполнить знаками (+) или (-) графы в столбце «Наличие»

№ п/п	Материал	Наличие
1	Заявление	
2	Квитанция об оплате или платежное поручение	
3	Твердая копия рукописи статьи	
4	Электронная версия рукописи статьи	
5	Название статьи на русском языке	
6	Название статьи на английском языке	
7	УДК (PACS)	
8	Автор(ы) статьи	
9	Координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail)	
10	Рисунки (фотографии, схемы)	
11	Подписуемые подписи на русском языке	
12	Подписуемые подписи на английском языке	
13	Таблицы	
14	Названия таблиц на русском языке	
15	Названия таблиц на английском языке	
16	Ссылки в тексте на таблицы и рисунки	
17	Список литературы (библиография)	
18	Библиографические ссылки в тексте в соответствии со списком литературы	
19	Структурированность текста, наличие подзаголовков	
20	Аннотация на русском языке	
21	Аннотация на английском языке	
22	Реферат на русском языке	
23	Реферат на английском языке	
24	Резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора*	
25	Фотография автора (авторов)*	
26	Разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение)	
27	Интернет-сообщение на русском языке*	
28	Интернет-сообщение на английском языке*	
29	Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале, на электронных ресурсах E-Library, сайте журнала (архив) и на CD – коллекция журнала	
30	Рецензии	
31	Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора)	
32	Акт проведенных испытаний (если в статье присутствует экспериментальная часть), подписанный участниками испытаний*	
33	Ходатайства*	

* Материалы, предоставляемые по желанию



К сведению авторов. Редакция Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» считает, что авторы, направляя рукопись в Редакцию, согласны передать учредителям и редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» право опубликовать рукопись на русском языке и в переводе на английском языке. Просим авторов прикладывать к направляемой рукописи Обязательство по форме, приведенной ниже. При этом за авторами сохраняются все остальные права как собственников этой рукописи.

Форма № 2-ISJAEЕ -2013

ОБЯЗАТЕЛЬСТВО

Автор(ы) статьи предоставляет (ют) издательству ООО НТЦ «ТАТА» на безвозмездной основе на срок действия авторского права, предусмотренного действующим законодательством РФ, исключительную лицензию на использование созданного Автором (ми):

Название рукописи на русском языке

Название рукописи на английском языке

1. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*
2. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*
3. *Фамилия, имя, отчество автора рукописи*

для использования в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология» в пределах предусмотренных п.2ст.1270 ГК РФ.

В соответствии с п.2ст.1270 ГК РФ под использованием Статьи, понимается:

- воспроизведение Статьи или ее отдельной части на русском языке в любой материальной форме, в том числе на бумажном и электронном носителях в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя и/или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- распространение Статьи или ее отдельной части на любом носителе на русском языке по всему миру в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- доведение Статьи или ее отдельной части до всеобщего сведения таким образом, что любое лицо может получить доступ к Статье из любого места и в любое время по собственному выбору (доведение до всеобщего сведения, в т.ч. через Интернет);
- право на перевод Статьи на английский язык;
- воспроизведение Статьи или ее отдельной части на английском языке в любой материальной форме, в том числе на бумажном или электронном носителе в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или на базах данных Издателя и/или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- распространения Статьи на английском языке или ее отдельной части на любом носителе на английском языке по всему миру в виде отдельного произведения и/или в составе Журнала(ов), и/или базах данных Издателя или иных лиц, по усмотрению Издателя;
- доведение Статьи на английском языке или ее отдельной части до всеобщего сведения, таким образом, что любое лицо может получить доступ к Статье из любого места и в любое время по собственному выбору (доведение до сведения, в т.ч. через Интернет);
- сублицензирование (выдача разрешения) полученных прав по настоящему соглашению в целом или частичном виде для перевода, издания, распространения и доведения до всеобщего сведения на английском языке.

1. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*
2. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*
3. **Фамилия, имя, отчество автора рукописи** *подпись*



Главному редактору
Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология»
Гусеву Александру Леонидовичу

ЗАЯВЛЕНИЕ*

Раздел I. ПРОИЗВОЛЬНАЯ ФОРМА

Прошу (просим) рассмотреть возможность публикации рукописи «**НАЗВАНИЕ РУКОПИСИ**» авторов (ПЕРЕЧИСЛЕНИЕ: должности, Фамилия Имя Отчество) в *Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология»* в сроки (указывается наиболее оптимальный срок публикации рукописи).

****Материал представлен в электронном виде по E-mail в соответствии с требованиями Правил публикации Form16 - ISJAEЕ и Form1-ISJAEЕ. Твердые копии документов и окончательный вариант электронной версии (CD) будут направлены в Редакцию в месячный срок.**

Раздел II. ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ФОРМА

Авторы (фамилия, имя, отчество), должность, полный титул для представления	1. 2. 3. 4. 5.
Наименование организации (если рукопись представляется от организации)	
Название статьи (на русском языке)	
Название статьи (на английском языке)	
Ответственный автор (ФИО, адрес, телефоны, факс, E-mail)	
Адрес, мобильный телефон и ФИО ответственного лица для получения оттисков опубликованной статьи	
Полные платежные реквизиты для оплаты предусмотренных в Правилах позиций по подготовке рукописи к печати и печати, а также для получения счета для получения необходимого количества экземпляров журнала с публикацией	
Бронирование необходимого количества печатных версий журнала с авторской публикацией	
Подписка на журнал (подписан, планирую, не планирую)	
Подписка на электронную версию журнала на CD на полугодие, год, на все выпуски журнала	
Включение в базу данных для распространения (да, нет)	

Подписи авторов:

* Заявление по форме Form01-ISJAEЕ обязательно для авторов и авторского коллектива независимо от наличия Сопроводительного письма руководителя организации или автора. Информация по Разделу II не может изменяться на протяжении рассмотрения рукописи и на этапе подготовки рукописи к публикации (за исключением особых случаев). Информация по Разделу II используется для оформления Справок (Приоритетная справка, Справка об опубликовании и т.д.).

** Если материал представлен обычной почтой в твердой копии и в электронной версии на CD, то сообщается E-mail Ответственного автора (для переписки). Если E-mail отсутствует, переписка ведется обычной почтой.

*** Если авторы не могут подписать Заявление - командировка, авторы из разных мест, - допускается электронная подпись (ответственность за согласие автора опубликовать материал и достоверность подписи несет Ответственный автор).



Правила публикации и порядок прохождения процедуры рецензирования, реферирования, экспертизы и публикации (2015-2016 годы)

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Каждая рукопись подвергается обязательному рецензированию трех рецензентов из числа рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» и двух рецензентов из числа приглашенных Редколлегий.

Каждая статья проходит этап предварительного рецензирования и итогового рецензирования.

В целях обеспечения наиболее качественной предпечатной подготовки и предварительного рецензирования, а также своевременного выкупа тиражей и их распространения все публикации в журнале осуществляются на платной основе, за исключением п.п. 7, 10, 11, 14 Раздела 6.

Раздел 1. Порядок предварительного рецензирования

Каждая рукопись регистрируется Ответственным секретарем Редколлегии в Реестре учета поступающих рукописей с присвоением четырехзначного номера, например, Рег. № 0687 от 23 августа 2009 года. После регистрации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется Приоритетная справка по форме **Form 16 ISJAEE**. Приоритетная справка уведомляет авторский коллектив о регистрации рукописи и о факте международного приоритета рукописи. После рассмотрения рукописи главным редактором и редакцией сопроводительные материалы и рукопись передаются для проведения Формальной экспертизы в соответствующее подразделение Редакции Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В дальнейшей переписке авторы и редакция ссылаются на Регистрационный номер.

По завершению процедуры Формальной экспертизы и выработки решения автору-корреспонденту направляется форма **Form 17 ISJAEE**, в которой определяется **Статус (2)** рукописи, в соответствии, с принятым в редакции Перечнем статусов формы **Form 17 ISJAEE**: 2/1 – представленные материалы полностью соответствуют Правилам редколлегии; 2/2 – отсутствует название статьи на английском языке; 2/3 – отсутствует УДК (PACS); 2/4 – отсутствуют координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail); 2/5 – отсутствуют подписи на английском языке; 2/6 – отсутствуют названия таблиц на английском языке; 2/7 – отсутствуют ссылки в тексте на таблицы и рисунки; 2/8 – отсутствует список литературы (библиография); 2/9 – отсутствуют библиографические ссылки в тексте в соответствии со списком литературы; 2/10 – отсутствует аннотация на русском языке; 2/11 – отсутствует аннотация на английском языке; 2/12 – отсутствует реферат на русском языке; 2/13 – отсутствует реферат на английском языке; 2/14 – отсутствует: резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора*, фотография автора (авторов)*; 2/15 – отсутствует: разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение); 2/16 – отсутствует: Интернет-сообщение на русском языке, Интернет-сообщение на английском языке; 2/17 – отсутствует: Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале; 2/18 – отсутствует: Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора); 2/19 – отсутствует: Акт проведенных испытаний, подписанный участниками испытаний.

Регистрационный Редакционный номер рукописи на этом этапе усложняется добавлением к нему номера статуса через знак «/»: например, если рукописи присвоен статус 2/1, то регистрационный номер будет выглядеть следующим образом: Рег. № 0687/2/1 от 23 августа 2009 года. В форме **Form 17 ISJAEE** сообщается об ориентировочной дате публикации рукописи.

Далее авторские материалы рукописи передаются в Совет Рецензентов и Экспертный Совет.

По завершению процедуры экстренного рецензирования и получения положительного решения Совета Рецензентов и Экспертного Совета статья будет опубликована в журнале.

После завершения процедуры рецензирования и выработки решения в Международном Совете Рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» автору-корреспонденту направляется форма **Form 18 ISJAEE**, в которой сообщается, что по результатам рецензирования рукописи присвоен **Статус (3) по Form 18 ISJAEE**. Перечень статусов формы **Form 18 ISJAEE**: 3/2 – научная новизна сомнительна; 3/3 – научное значение работы сомнительно; 3/4 – научный результат соответствует современному состоянию науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/5 – научный результат превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/6 – научный ре-



зультат существенно превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/7 – научный результат превосходит современное состояние науки и может обеспечить прорыв в данном направлении науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/8 – важнейшая научная работа, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/9 – наиважнейшее открытие, способное изменить весь ход развития науки, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами

После этапа рецензирования рукопись передается в **Совет Экспертов** для оценки технического уровня разработки.

После прохождения экспертизы в Международном **Совете Экспертов** и выработки решения рукописи присваивается **Статус (4)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 19 ISJAEЕ**: 4/2 – техническая реализация сомнительна, 4/3 – техническая реализация возможна, но положительный эффект сомнителен, 4/4 – техническая реализация возможна и технический результат удовлетворительный, 4/5 – технический результат соответствует лучшим современным мировым образцам, 4/6 – технический результат превосходит современный Мировой уровень техники, 4/7 – выдающаяся разработка, технический результат, которой может обеспечить прорыв в данном направлении техники, 4/8 – важнейшая разработка, достойная немедленного финансирования Международным сообществом и технический результат принесет значительную пользу человечеству, 4/9 – наиважнейшее открытие, технический результат, которого способен изменить весь ход развития техники.

В форме также уточняется ориентировочная дата публикации.

После принятия окончательного решения о возможности публикации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется **Решение Редакционного Научного Совета FORM 20 ISJAEЕ**.

В форме сообщается о том, что рукопись прошла процедуру рецензирования в Международном Совете Рецензентов (научное качество) и научно-техническую экспертизу (техническая реализуемость) в Международном Совете Экспертов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная Энергетика и Экология». В этой же форме сообщается об оценке качества рукописи и об научно-технической ценности идеи или концепции (устройства). Рукописи присваивается один из статусов формы **FORM 20 ISJAEЕ** и сообщается об окончательной дате публикации. Перечень статусов формы **FORM 20 ISJAEЕ**: А – печать в ближайших номерах, Б – печать после устранения всех замечаний, В – печать после получения от авторского коллектива всех запрашиваемых материалов.

После опубликования рукописи автору-корреспонденту направляется **Свидетельство об опубликовании** по **FORM 21 ISJAEЕ**, в котором рукописи присваивается **Статус (5)** по форме **FORM 21 ISJAEЕ**.

Перечень статусов формы **FORM 21 ISJAEЕ**: α – рекомендовать в Наградном комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Орденом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить выдающийся научный результат, β – рекомендовать в Наградном комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Медалью Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить значительный научный результат, γ – рекомендовать Наградному комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Дипломом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить высокий научный результат.

Если по результатам рецензирования и научно-технической экспертизы получена отрицательная оценка, то в адрес автора-корреспондента направляется **FORM 13 ISJAEЕ**, в которой сообщается о **Статусе (13)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 13 ISJAEЕ**: 13-1 – отклонить без возможности дальнейшего рассмотрения рукописи в связи с большим объемом нарушений Правил оформления рукописи, 13-2 – отклонить с возможностью авторской переработки рукописи с сохранением Редакционного номера, но с отсрочкой публикации, 13-3 – отклонить из-за нарушения приоритета или существенного заимствования материала без ссылок, 13-4 – отклонить в связи с существенным нарушением основных законов природы.

Итоговое рецензирование

После этапа предварительного рецензирования материалы рукописи выкладываются на закрытом электронном ресурсе с правом доступа ограниченного круга лиц из числа Международного Научного Совета или ограниченный круг лиц из числа Международного Научного Совета извещается Специальным Бюллетенем о материалах рукописей, принятых к публикации и получивших оценки рецензентов и экспертов. На этапе итогового рецензирования (срок 10 дней) результаты предварительного рецензирования могут быть пересмотрены Международным Научным Советом, о чем в течение 10 дней извещается автор-корреспондент.

В случае возникновения спорных ситуаций по научным вопросам рукопись передается на рассмотрение в **Совет рецензентов** Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В случае возникновения спорных ситуаций по возможности технического воплощения идеи, опубликованной в рукописи, последняя передается в **Совет экспертов** Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Срок публикации каждой рукописи **не превышает 3 месяцев**. В случае наличия рекомендательного письма одного из членов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» может быть сокращено время рассмотрения рукописи **до 2 месяцев**. Срок публикации рукописей, направленных на кон-



курс, проводимый Редколлегией, **не превышает 2 месяцев**. Срок публикации заказных научных обзоров **не превышает 2 месяцев**.

В любом случае **все рукописи**, направляемые в журнал, рецензируются и реферируются в известных международных научных изданиях.

Рукописи в журнале публикуются на русском и на английском языках. Каждой рукописи, поступившей в Редакцию присваивается редакционный номер и дата поступления.

Журнал публикует исключительно оригинальные статьи. Автор несет полную ответственность за соблюдение этого требования.

Раздел 2. Порядок представления рукописей

Для своевременного выхода журнала убедительно просим соблюдать следующие правила оформления рукописей:

1. Рукопись представляется как в машинописном, так и в электронном виде. Бумажный вариант рукописи представляется в 1 экземпляре, который обязательно подписывается авторами на обороте.

Объем рукописей:

- краткие сообщения – до 7 страниц (1800 печатных знаков),
- объем статей, как правило, не должен превышать 12 страниц,
- письма в редакцию – до 4 страниц,
- объем научных обзоров – не более 40 страниц.

2. Рукопись сопровождается:

- сопроводительным письмом руководителя организации, представляющей рукопись, оформленным экспертным заключением или другим документом, разрешающим опубликование в открытой печати (1 экз.), утвержденным руководителем организации и заверенным гербовой печатью. Экспертное разрешение представляют только авторы из России;

- компакт-диском или дискетой, содержащей обязательный пакет электронных файлов, перечисленных в разделе III.

3. Текст аннотации на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, аннотация на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности – на английском языке. Аннотация излагается в индикативной форме, в состав аннотации в обязательном порядке должны входить: область исследования (2-3 предложения), теоретические положения (5-6 предложений), экспериментальные исследования (6-7 предложений), основные результаты работы (4-5 предложений), предполагаемые потребители результата (2-3 предложения).

Аннотация также публикуется на сайте международного научного информационного портала «Водород» (на русском и английском языках).

4. Текст авторского резюме (15 строк) на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (10 кегль) должен содержать: место работы, должность, образование, научное звание, ученая степень, награды и научные премии, профессиональный опыт, основной круг научных интересов, количество публикаций каждого из авторов. Желательно включить: ORCID, индекс Хирша, Research ID, SPIN, и другие наукометрические показатели.

5. Фотографии авторов для резюме в формате TIFF или JPEG. Фотографии авторов представляются в обязательном порядке.

6. Текст реферата (одна страница) для опубликования в реферативных журналах (РЖ) ВИНИТИ, «Письма в журнал «Альтернативная энергетика и экология»» (на английском языке).

Параметры страницы:

- **формат** A4 (210 × 297 мм);

- **межстрочный интервал** полуторный;

- **шрифт** Times New Roman, (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, реферат на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности — на английском языке.

7. Интернет-сообщение для размещения сигнальной информации на сайтах Информационного портала «Водород» и на сайтах информационной сети, посвященной энергетике и экологии. Сообщение размером не более одной страницы излагается в произвольной форме:

- **формат** A4 (210 × 297 мм);

- **межстрочный интервал** полуторный;

- **шрифт** Times New Roman (12 кегль).

Сообщение может включать фотографии и графики.



Раздел 3. Оформление рукописи

• Редколлегия рекомендует авторам обзоров и статей структурировать представляемый материал, используя подзаголовки (например: ВВЕДЕНИЕ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ).

• текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором, следует избегать повторов, не следует без необходимости подробно описывать иллюстративный материал;

• текст должен быть напечатан на белой бумаге:

▪ формат А4 (210 × 297 мм);

▪ межстрочный интервал полуторный;

▪ шрифт Times New Roman (12 кегль).

Рукопись может включать фотографии и графики.

Текст рукописей оформляется в следующей последовательности:

▪ индекс универсальной десятичной классификации (УДК или PACS);

▪ название статьи на русском и на английском языке (прописными буквами без кавычек, кегль 14 полужирный, выравнивание по центру; переносы не допускаются, точка в конце строки не ставится, подчеркивание не используется);

▪ авторы (инициалы, фамилия, кегль 14 полужирный курсив, выравнивание по центру, точка в конце строки не ставится)

▪ название организации, адрес, город, страна, индекс, телефон, факс, e-mail (кегль 12, выравнивание по центру. Если авторы — представители различных организаций, то используется метод надстрочных ссылок, например: А. В. Иванов, Ю. С. Седов*);

▪ заголовок раздела (кегль 14, выравнивание по левому краю, точка не ставится);

▪ текст статьи: шрифт 12, абзацный отступ 1 см, выравнивание по формату;

▪ подзаголовок (шрифт курсивный, кегль 14, выравнивание по левому краю);

▪ список литературы (шрифт обычный, кегль 14, выравнивание по центру).

При написании статьи используются общепринятые термины, единицы измерения и условные обозначения, единообразные по всей статье. **Расшифровка всех(!) используемых авторами обозначений дается при первом употреблении в тексте.**

При наборе статьи на компьютере все латинские обозначения физических величин (A , I , d , h и т. п.) набираются курсивом, греческие обозначения, названия функций (β , $\sin$, $\exp$, $\lim$), химических элементов (H_2O) и единиц измерения (MBT/cm^2) — прямым (обычным) шрифтом. Символы ($\Re$, φ , $\otimes$, $\in$ и т. п.) оговариваются на полях рукописи.

Таблицы, рисунки, фотографии (только черно-белые) размещаются внутри текста и имеют сквозную нумерацию по статье (не по разделам!) и собственные заголовки. Буквенно-цифровая нумерация ($1a$, $2b$) нежелательна.

Названия всех рисунков, фотографий и таблиц приводятся на русском и на английском языках!!!

Нумерация обозначений на рисунках дается по порядку номеров по (против) часовой стрелки (для чертежей) или сверху вниз (снизу вверх). Файлы иллюстраций предоставляются в формате TIFF или BMP (максимальное качество) с разрешением не менее 300 dpi.

Формулы создаются с помощью встроенного редактора формул (Math Type, Microsoft Equation) с нумерацией в круглых скобках (2), выравниваются по центру; **расшифровка всех обозначений (букв) в формулах дается в порядке упоминания в формуле.**

Формулы должны быть аккуратно набраны на компьютере.

Во избежание недоразумений и ошибок редакция рекомендует авторам использовать в формулах буквы латинского, греческого и других (не русских) алфавитов;

Оформление литературных ссылок (списка литературы):

Все литературные ссылки обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках, расположенными в порядке их упоминания в тексте [3].

Библиографические ссылки в списке литературы располагаются в той последовательности, в какой упоминаются в тексте, и оформляются по следующим правилам:

▪ **для книг:** фамилия и инициалы автора (ов), название книги, место издания, издательство, год (для трудов конференций — город, страна, год). Например: Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Квантовая механика. М.: Наука, 1988. Или: Elton R. C. X-Ray Lasers. Boston: Academic Press, 1990;

▪ **для статей** в журнале, сборнике, газете: фамилия и инициалы автора(ов), название статьи, название журнала (сборника), год, том, номер (или номер выпуска), страницы. Например: Полякова А. Л., Васильев Б. М., Купенко И. Н. и др. Изменение зонной структуры полупроводников под давлением // Физика и техника полупроводников. 1976. Т. 9, № 11. С. 2356–2358. Или: Афанасьев А. М. Оптимизация распределения энерговыделения в реакторе с помощью «советов оператору» // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика и техника ядерных реакторов. 1986. Вып. 2. С. 32–36. Или: Mezain I. H. Rolling circuit boards improves soldering // Electronics. 1977. Vol. 34, No. 16. P. 193–198;

▪ **для диссертаций и авторефератов диссертаций** кроме фамилии автора и его инициалов следует указать название диссертации, степень, место защиты (город) и год; для препринтов — название, место издания, год, номер.



Например: Горшкова Т. И. Термодинамические свойства и применение некоторых сплавов церия: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1976;

■ **для патентной документации:** вид патентного документа (авторское свидетельство или патент), номер, название страны, выдавшей документ, индекс международной классификации изобретений, или индекс международной классификации промышленных образцов, или индекс международной классификации товаров и услуг, название патента (а. с.), авторы, название издания, опубликовавшего документ, год и номер издания. Например: А. с. 100970 СССР МКИЗ В 251 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов/Ваулин В. С., Кенайкин В. Г. // Открытия. Изобретения. 1983. № 11.

При необходимости в заголовке библиографической ссылки на работу четырех и более авторов могут быть указаны имена всех авторов или первых трех с добавлением слов «и др.».

В списке литературы инициалы должны стоять после фамилий.

Раздел 4. Правила представления электронной версии материалов

Автор (корреспондент) должен направить в адрес главного редактора (E-mail: gusev@hydrogen.ru) обязательный пакет электронных файлов.

Перечень обязательного пакета электронных файлов:

1. Рукопись

Файл обозначается следующим образом (пример): **Article#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300).**

Где **Article#1** – обозначает номер рукописи, присвоенный автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

2. Аннотация

Файл обозначается следующим образом: **Summary#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300).**

Где **Summary#1** – обозначает принадлежность аннотации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

3. Реферат

Файл обозначается следующим образом: **Abstract#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Abstract#1** – обозначает принадлежность реферата к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

4. Резюме

Файл обозначается следующим образом: **Resume#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Resume#1** – обозначает принадлежность резюме к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

5. Рисунки

Файл обозначается следующим образом: **Pictures#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Pictures #1** – обозначает принадлежность фотографий и рисунков к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

6. Разрешение

Файл обозначается следующим образом: **Sanction#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Sanction#1** – обозначает принадлежность разрешения на право открытой публикации рукописи к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

7. Интернет-сообщение

Файл обозначается следующим образом: **Internet#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Internet#1** – обозначает принадлежность **Интернет-сообщения** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

8. Соглашение

Файл обозначается следующим образом: **Agreement#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Agreement#1** – обозначает принадлежность PDF-версии Соглашения к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

9. Форма передачи рукописи и материалов для публикации - Form#1

Файл обозначается следующим образом: **Form#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Form#1** – обозначает принадлежность PDF-версии Формы передачи рукописи и материалов для публикации (MANUSKRIPIT TRANSMITTAL FORM) к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

10. Фотографии

Файл обозначается следующим образом: **Fotos#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Fotos#1** – обозначает принадлежность фотографий к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

11. Рецензии

Файл обозначается следующим образом: **Reviews#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Reviews#1** – обозначает принадлежность PDF-версии рецензии к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

12. Ключевые слова

Файл обозначается следующим образом: **Keywords#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Keywords#1** – обозначает принадлежность **списка ключевых слов** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

13. Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора, если автор – частное лицо).

Файл обозначается следующим образом: **Letter#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Letter#1** – обозначает принадлежность PDF-версии письма руководителя организации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).



ВНИМАНИЕ!!!

Вместе с электронной версией всех перечисленных документов необходимо направить в редакцию оригиналы всех документов обычной почтой заказным письмом по след адресу: 607183, г. Саров Нижегородской обл., а/я 687.

Редколлегия обращает внимание авторов на то, что несоблюдение приведенных выше правил может задержать публикацию материала и привести к отклонению рукописи от процесса дальнейшего рассмотрения!!! Отклоненные редколлгией рукописи (в бумажном и электронном виде) авторам не возвращаются.

В случае отклонения рукописи автор может в течение трех месяцев направить в редакцию уведомление и исправленный вариант в соответствии с требованиями редакции (при этом за рукописью сохраняется регистрационный номер), а также восстанавливается очередь публикации.

Раздел 5. Обязательства Редакции перед Высшей Аттестационной КомиссиейРедакция обязуется обеспечивать:

1. Наличие института рецензирования (для экспертной оценки рукописей). Обязательное предоставление редакцией рецензий по запросам авторам рукописей и экспертным советам в Высшую Аттестационную Комиссию Российской Академии Наук.

2. Информационную открытость издания.

Наличие и развитие сетевой версии журнала в Интернете по адресу <http://isjaee.hydrogen.ru/>. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах должны находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках, полнотекстовые версии статей в свободном доступе или доступными только для подписчиков, но не ранее чем через год после выхода материала.

3. Регулярное предоставление информации об опубликованных статьях по установленной форме в систему Российского индекса научного цитирования.

4. Обязательное указание состава редакционной коллегии или совета с указанием учёной степени и учёного звания на сайте научного периодического издания.

5. Обязательное указание мест работы всех авторов и контактной информации для переписки.6. Строгая периодичность.

7. Наличие проставленных библиографических списков у всех статей в формате, установленном журналом из числа предусмотренным действующим ГОСТом.

8. Наличие ключевых слов на русском и на английском языках для каждой публикации.9. Наличие и строгое соблюдение опубликованных правил представления рукописей авторами.10. В случае отказа в публикации статьи редакция отправляет автору мотивированный отказ.12. Наличие ISSN 1608-8298.

13. Наличие подписного индекса: ОАО «Роспечать» 20487, Объединенного каталога «Пресса России» 41935, Каталога российской прессы "Почта России".

14. Развивать специализацию: по химии, по энергетике, по наукам о Земле, по инженерно-агропромышленным специальностям.

Раздел 6. Стоимость и порядок оплаты публикаций

Стоимость публикации рукописи складывается из: А – предпечатной подготовки, экспертизы материалов и рецензирования, а также из Б – стоимости публикации. Стоимость публикации рукописи составляет 20% от стоимости экспертизы и рецензирования рукописи, а также стоимости предпечатной подготовки (литературная обработка, графическая обработка, компьютерная верстка, работа переводчика): Б=0,2 А.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **резидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **нерезидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-технический центр «ТАТА».

Оплата нерезидентами РФ производится на валютные счета НТЦ «ТАТА» в удобной для них валюте: в рублях, долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА».

Порядок оплаты публикаций

1. Стоимость подготовки публикации рукописи с 01 июля 2014 года составляет:

- для физических лиц – 25 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 30 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20 € за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня – 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);

- для министерств федерального уровня – 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
 - для акционерных обществ – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для государственных промышленных предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов Национальных и Федеральных центров – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов ФГУП – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).
 - для пенсионеров – скидка 25%;
 - для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
 - для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
 - для инвалидов 3 группы – скидка 10%;
 - для членов Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология – бесплатно
 - для подписчиков – физических лиц – бесплатно.
- Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на один из расчетных счетов предприятий: Научно-технический центр «ТАТА», ООО Научно-инновационный центр «Криос», ООО Научно-инновационный центр «Лаборатория технологий безопасности», ООО Научно-Технологический центр «Саровские лаборатории сенсорики», которые совместно с Научно-техническим центром «ТАТА», участвуют в процессах: рецензирования и экспертизы рукописей, а также подготовки рукописей к публикации.

2. Данная стоимость определена для публикаций, содержащих:

- объем страниц текста (1800 печатных знаков) – до 7 включительно;
- количество рисунков в рукописи – до 7 включительно;
- количество фотографий (включая фото автора) – до 7 включительно.

3. При превышении указанных параметров оплата производится с применением следующих коэффициентов (К):

- объем страниц свыше 7 – $K = 1,25$ за каждую последующую страницу;
- количество рисунков свыше 7 – 20 € за каждый дополнительный рисунок (для ВУЗов – 10 € за рисунок, для научно-исследовательских институтов РАН – 10€)
- для ВУЗов – 20 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);

4. Стоимость публикаций, носящих **обзорный характер**, составляет при объеме до 20 страниц включительно:

- для физических лиц – 20 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 25 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 25€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня - 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств федерального уровня - 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для акционерных обществ - 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для государственных промышленных предприятий – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 30 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 35 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов ФГУП – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

- для публикации материалов Центров (национального или федерального уровня) – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для пенсионеров – скидка 30%;
- для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
- для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
- для инвалидов 3 группы – скидка 10%;

Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

Редколлегия публикует вне очереди со сроком рецензирования, предварительной подготовки и опубликования рукописи - 14 дней и на бесплатной основе авторов рукописей, имеющих индекс Хирша ≥ 15 .

Редколлегия не публикует авторов работ, имеющих возраст более 30 лет с индексом Хирша менее 3.

– при превышении объема страниц свыше 20 – $K = 1,5$.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

5. Стоимость статей рекламного характера составляет 200 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Стоимость статей рекламного характера (**цветные странички**) составляет 800 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

6. Стоимость Специального выпуска журнала (Заказанного организацией) составляет:

- объем до 100 страниц включительно – 3000 € (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- объем от 101 до 150 страниц включительно – $K = 0,8$ (за превышающий объем);
- объем от 151 до 200 страниц включительно – $K = 0,6$ (за превышающий объем);
- объем свыше 200 страниц – $K = 0,4$ (за превышающий объем);
- специальный выпуск в многотомном варианте – $K = 0,6$ за каждый последующий том;
- специальный выпуск в полноцветном варианте – $K = 2$.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

7. От оплаты за публикации освобождаются: **Нобелевские лауреаты; академики РАН; ректоры ВУЗов; руководители: НИИ, научных Центров; авторы рукописей, имеющие индекс Хирша ≥ 20 ; члены Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология, физические лица, являющиеся подписчиками журнала (годовая подписка).**

8. При подаче рукописи академики РАН, ректоры ВУЗов, НИИ, Научных Центров, студенты, аспиранты и пенсионеры обязаны представить справку, заверенную в организации.

9. При подаче рукописи пенсионеры обязаны предоставить копию пенсионного удостоверения.

10. Любой автор или авторский коллектив имеет право обратиться в редакцию журнала с мотивированным ходатайством об освобождении (частичном освобождении на 25% - 30%) от оплаты за публикацию. Решение об освобождении от оплаты принимается Главным редактором журнала. При освобождении от оплаты срок публикации рукописи может быть продлен до 4 месяцев.

11. Документы об оплате (платежное поручение, квитанция) предоставляются вместе с материалами рукописи.

12. В случае необходимости отсрочки платежа за публикацию рукописи автор или авторский коллектив предоставляет в редакцию журнала письмо с просьбой об отсрочке платежа и гарантией оплаты в определенные сроки.

13. Публикации членов Научного Совета Редколлегии и рецензентов, а также авторов, имеющих рекомендации членов Научного Совета Редколлегии могут осуществляться на бесплатной основе или с частичной оплатой 50% (По Решению Редколлегии и Редакции журнала).

14. Авторские коллективы, среди которых есть Нобелевские лауреаты, полностью освобождаются от оплаты публикаций.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»



ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»

Адрес: 607181, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, д. 29, офис 311

тел./факс: (83130) 6-31-07, 9-07-08 тел. (83130) 9 - 18- 46

Для расчетов в рублях:

Образец заполнения платежного поручения

ИНН 5254483520	КПП 525401001		
Получатель ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»		Сч. №	40702810300000002650
Банк получателя ИНН 7701000940 КПП 525402001		БИК	042204721
ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров		К/Сч. №	30101810200000000721

Дополнительные возможности оплаты

Вы можете также осуществить платеж через систему WebMoney

Кошелек в рублях (Рубли, РФ): R970392195433

Кошелек в долларах: (Доллары США): Z329674429334

В переводе необходимо указать: «За предпечатную подготовку рукописи №..... и ее публикацию»

Просьба к авторам!

В целях ускорения согласования гранок, просьба к авторам, предоставлять максимально возможные каналы связи для быстрой связи Редакции с автором и авторским коллективом (мобильный телефон, скайп, факс, электронную почту и т.д.). Если у автора-корреспондента предвидятся командировки, отпуск и другие неотложные дела, просьба своевременно в письменном виде уведомить Редакцию о назначении ответственного лица для согласования гранок статей.





I. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА



1. Солнечная энергетика

А.Штейнфельд (Швейцария, Цюрих, Швейцарский федеральный институт технологий) (МРК)
Г.И. Исаков (Азербайджан, Баку, Институт физики НАН) (ЗГР)
И.Г. Хидиров (Узбекистан, Ташкент, Институт ядерной физики НАН Узбекистана) (МРК)
С.Геруни (Армения, Ереван, Ереванский гос. ун-т) (МНКСР)
С.М. Раза (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)
С.З. Ильяс (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)
А.М. Пенджиев (Туркменистан, Ашхабат-32, Туркменский политехнический институт) (МРК)
В.Ф. Гременок (Белоруссия, Минск, Объединенный институт физики твердого тела и полупроводников) (МНКСР)
В.А. Бутузов (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)

- 1-1-0-0 История солнечной энергетики
- 1-2-0-0 Солнечно-водородная энергетика
 - Т.Н. Везироглу* (США, Майами, MABЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
 - 1-2-1-0 Материалы для солнечно-водородной энергетики
- 1-3-0-0 Солнечные электростанции
 - 1-3-1-0 Кремниевые солнечные электростанции
 - 1-3-2-0 Космические солнечные станции
 - 1-3-3-0 Фотоэлементы
 - 1-3-4-0 Фотовольтаический эффект в полупроводниковых структурах. Фотоэлектрические модули
- 1-4-0-0 Наземные солнечные станции
 - 1-4-1-0 Солнечные коллекторы
- 1-5-0-0 Солнечные города
 - 1-5-1-0 Солнечный дом
 - 1-5-2-0 Солнечные холодильные установки
 - 1-5-3-0 Солнечные водоподъемные системы
 - 1-5-4-0 Гелиоэнергетические установки
- 1-6-0-0 Солнечный транспорт
- 1-7-0-0 Концентраторы солнечного излучения



2. Ветроэнергетика

И.З. Богуславский (Россия, Москва, ОЭЭП РАН) (МРК)
В.Л. Окулов (Россия, Новосибирск, СО РАН)
Ван Куик Г.А.М. (Президент Европейской Академии Ветроэнергетики)

- 2-1-0-0 Ветроэнергетика и архитектура
- 2-2-0-0 Ветроэнергетика и экология
- 2-3-0-0 Уникальные решения ветроэнергетики
- 2-4-0-0 Парусная ветроэнергетика
- 2-5-0-0 Гибридные ветроустановки
- 2-6-0-0 История ветроэнергетики
- 2-7-0-0 Ветро-водородная энергетика
- 2-8-0-0 Электрогенераторы для ветроэнергетики
- 2-9-0-0 Новые конструкции ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения
- 2-10-0-0 Горизонтально-осевые ветроэнергетические установки
- 2-11-0-0 Вертикально-осевые ветроэнергетические установки Савониуса

2-12-0-0 Вертикально-осевые ветроэнергетические установки Дарье

2-13-0-0 Ветрогелиоэнергетические установки

2-14-0-0 Будущее ветроэнергетики

2-15-0-0 Аэростатная ветроэнергетика

2-16-0-0 Материалы для ветроэнергетики

2-17-0-0 Моделирование на ЭВМ динамической составляющей скорости ветра в зависимости от времени

2-18-0-0 Комплексное моделирование ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения

2-19-0-0 Преобразование энергии в ветроэнергетических установках

2-20-0-0 Использование энергии ветра.

Техника, экономика, экология



3. Морская гидроэнергетика

3-1-0-0 История приливной энергетики

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

3-2-0-0 Энергетика морских волн

3-3-0-0 Энергетика морских течений



4. Геотермальная энергетика

В.А. Бутузов (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)

4-1-0-0 История геотермальной энергетики

4-2-0-0 Фундаментальные исследования в области геотермальной энергетики

4-3-0-0 Проблемы освоения геотермальной энергии

4-4-0-0 Роль моделирования и мониторинга при освоении геотермальной энергии. Оценка геотермального резерва

4-5-0-0 Геотермальные станции

4-5-1-0 Геотермальные электростанции

4-5-2-0 Геотермальные тепловые станции

4-6-0-0 Эффективность и надежность геотермальных тепловых и электрических станций

4-7-0-0 Геотермальные ресурсы стран мира и перспективы их освоения



5. Энергия биомассы

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

5-1-0-0 Биогазовые установки

5-2-0-0 Термохимические газогенераторы

5-3-0-0 Энергия биомассы и экология



6. Малая гидроэнергетика

С.Шатворян (Армения, Ереван, Энергетический стратегический центр) (МНКСР)

6-1-0-0 Оборудование малых и микро-ГЭС

6-2-0-0 Деривационные микрогидроэлектростанции



7. Нетрадиционные источники возобновляемой энергии

В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

- 7-1-0-0 Применение льда в энергетике.
Ледяные электростанции
- 7-2-0-0 Использование холода вечной мерзлоты для термостатирования бытовых и технических объектов
- 7-3-0-0 Физико-химические свойства льда
- 7-4-0-0 Теплофизические свойства льда
- 7-5-0-0 Термодинамические основы получения и применения льда
- 7-6-0-0 Оборудование для исследования льда
- 7-7-0-0 Установки для получения льда
- 7-8-0-0 Способы и механизмы экстренного вскрытия льда для спасения под водой
- 7-9-0-0 Бинарный лед и его применение
- 7-10-0-0 Применение льда для создания инженерно-технических и архитектурных сооружений
- 7-11-0-0 Динамика и прочность льда. Динамика хрупкого разрушения. Экспериментальные методы динамической механики разрушения льда
- 7-12-0-0 Численные и смешанные численно-экспериментальные методы динамической механики разрушения льда
- 7-13-0-0 Способы удаления ледяных покрытий на водных объектах
- 7-14-0-0 Аккумулирование холода и применение энергии льда
- 7-15-0-0 Транспортировка айсбергов и получение пресной воды
- 7-16-0-0 Термоградиентная энергетика



8. Энергокомплексы на основе ВИЭ



II. НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА



9. Атомная энергетика

Ю.А. Трутнев, акад. РАН (Россия, Саров, ВНИИЭФ) (ПГР)
А.Г. Чудин (Россия, Москва, Федеральное Агентство по атомной энергии РФ) (МНКСР)
В.А. Афанасьев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
М.А. Прелас (США, Колумбия, Университет Миссури) (МРК)

9-1-0-0 Атомно-водородная энергетика
Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНЦ)
А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
В.Н. Фатеев (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

9-1-1-0 История атомно-водородной энергетики
Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНЦ)
А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
9-1-2-0 Высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР) для производства водорода высокотемпературными ($T = 1000^\circ\text{C}$) методами
9-1-3-0 Быстрые реакторы с натриевым охлаждением (БН) для получения среднетемпературного тепла ($T = 500^\circ\text{C}$), производства синтетического газа и водорода

9-1-4-0 Быстрые реакторы со свинцовым охлаждением (БРЕСТ) как реакторы следующего поколения для получения высокотемпературного тепла ($T > 500^\circ\text{C}$)
Г.Л. Хорасанов (Россия, Обнинск, ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ им. А.И. Лейпунского») (МРК)

9-2-0-0 Атомная энергетика для транспортных средств
М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева) (МРК)

И.В. Шаманин (Россия, Томск, Томский политехнический университет) (МРК)

9-2-1-0 Радионуклидные источники тепла

9-2-2-0 Радионуклидные термоэлектрические генераторы

9-2-3-0 Термо- и радиационно-стимулированные фазовые превращения в сплавах внедрения (карбидах, нитридах, нитридогидридах, карбогидридах и гидридах переходных металлов, высокотемпературных сверхпроводящих материалах, интерметаллических соединениях)



10. Взрывная энергетика

В.Е. Фортков, акад. РАН (Россия, Москва, Институт теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН) (РНЦ)
А.Л. Михайлов (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ) (МРК)
Н.Н. Гердюков (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)
В.Н. Герман (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

10-1-0-0 Взрывные технологии

10-2-0-0 Компьютерное моделирование задач взрывной энергетики

М.А. Сырунин (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ)

10-2-1-0 Постановки задач взрывной энергетики

10-2-2-0 Подвижные лагранжево-эйлеровы сетки

10-3-0-0 Взрывная дейтериевая энергетика

10-4-0-0 Взрывная энергетика для синтеза новых веществ

10-4-1-0 Синтез и спекание материалов взрывом

10-4-2-0 Ударно-волновое спекание материалов

10-4-3-0 Компьютерное моделирование процессов ударно-волнового спекания материалов

10-5-0-0 Взрывчатые вещества

10-6-0-0 Взрывные камеры

А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП «МАТЕМ»») (МРК)

10-7-0-0 Экстремальные состояния вещества.

Детонация. Ударные волны

10-8-0-0 Энергетические материалы и физика детонации

10-9-0-0 Уравнения состояния и фазовые переходы



III. ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА



11. Термоядерная энергетика

В.Н. Лобанов (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

11-1-0-0 Исследования в области управляемого термоядерного синтеза

11-2-0-0 Рентгеновский термоядерный синтез

11-3-0-0 Пучковый термоядерный синтез

11-4-0-0 Инерциальный термоядерный синтез

11-5-0-0 Изотопный эффект

11-6-0-0 Криогенные тритиевые мишени

11-7-0-0 Мишени высокого давления для исследования процессов мюонного катализа ядерных реакций синтеза
11-8-0-0 Международный проект термоядерного энергетического реактора ИТЭР
11-9-0-0 Радиологическая защита и ядерная безопасность
11-10-0-0 Производство радиоизотопов и их применение
М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. Лебедева) (МРК)
11-11-0-0 Топливный цикл и экология
11-12-0-0 Проектирование, строительство и эксплуатация ядерных исследовательских и энергетических реакторов
11-13-0-0 Промышленное производство компонентов и материалов, необходимых для использования в ядерных реакторах и их топливных циклах
11-14-0-0 Снятие с эксплуатации, дезактивация и обращение с отходами энергетических реакторов
11-15-0-0 Исследования в области технологии производства лазеров и их применения
11-16-0-0 Системы ТОКАМАК
11-17-0-0 Промежуточные системы с магнитным удержанием

Б.К. Гупта (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)
А.В. Вахрушев (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)
12-4-2-0 В инкапсулированном газообразном состоянии: в микросферах, микрокапиллярах, пенометаллах, цеолитах и других соединениях
В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
Е.Ф. Медведев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
А.Ф. Чабак (Россия, Москва, Академия перспективных технологий) (МРК)
12-4-3-0 В газообразном состоянии под давлением
А.С. Коротеев, акад. РАН (Россия, Москва, ФГУП «Центр Келдыша») (РНС)
12-4-3-1 В газообразном состоянии в крупных хранилищах
12-4-3-2 В газообразном состоянии в баллонах
12-4-4-0 В жидком состоянии
А.М. Архаров (Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана) (МРК)
А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
В.И. Куприянов (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
А.А. Макаров (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
Г.Г. Шевяков (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
В.С. Травкин (США, Лос-Анжелес, Калифорнийский университет) (МРК)
В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)
А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)

12-4-4-1 В криогенном жидком состоянии в стационарных хранилищах
12-4-4-2 В криогенном жидком состоянии на борту транспортных средств
Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)
12-4-5-0 В химически связанном состоянии в жидких средах
12-4-6-0 В твердофазном связанном состоянии в металлгидридных системах
М.Д. Хэмптон (США, Орlando, Университет Центральной Флориды) (ЗГР)
Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МНКСР)
С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)
В.Л. Кожевников (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)
12-4-7-0 В адсорбированном состоянии на криоадсорбентах
12-4-8-0 В комбинированных системах
12-4-9-0 Новые способы хранения водорода

12-5-0-0 Методы получения водорода
И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)
В. В. Лушин, акад. РАН (Россия, Москва, МГУ) (РНС)

12-5-1-0 Радиолит
М.А. Прелас (США, Колумбия, Университет Миссури-Колумбия) (МРК)
12-5-2-0 Электролиз
12-5-3-0 Термохимическое разложение воды
12-5-4-0 Разложение аммиака
В.А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)
12-5-5-0 Каталитическая конверсия (реформинг) газообразных и жидких углеводородов
12-5-6-0 Неполное окисление углеводородов
12-5-7-0 Высокотемпературный метод
12-5-8-0 Гидраты
С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)
12-5-9-0 Бортовые конверторные устройства преобразования органических веществ в водород



IV. ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА



12. Водородная экономика

Ф. Караосманоглу (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
З. Сен (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
12-1-0-0 История водородной энергетики
Т.Н. Везироглу (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
12-2-0-0 Безопасность водородной энергетики
А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
Л.Ф. Беловодский (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)
12-2-1-0 Рекомбинаторы водорода
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
12-2-2-0 Системы обдува инертными газами
12-2-3-0 Безопасность криогенных систем
12-2-4-0 Технологии безопасного использования водорода на борту транспортных средств
12-3-0-0 Газоаналитические системы и сенсоры водорода
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)
В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский гос. университет) (РНС)
Ю. Шунман (Нидерланды, Делфт, Делфтский технический университет) (МНКСР)
Л.И. Трахтенберг (Россия, Москва, ИХФ им. Н.Н. Семенова РАН)
12-4-0-0 Хранение водорода
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
О.Н. Сривастава (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)
С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (РНС)
Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)
12-4-1-0 В углеродных наносистемах
О.Н. Ефимов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)



12-5-10-0 Генерирование водорода на борту в реакции взаимодействия воды с различными металлами (алюминий, магний и т. д.)

- 12-5-10-1 Механические и электрические способы удаления окисной пленки во время реакции
 12-5-10-2 Химические способы удаления окисной пленки во время реакции
 12-5-10-3 Ультразвуковые способы удаления окисной пленки во время реакции
 12-5-10-4 Способы увеличения удельной поверхности металлов реагентов
 12-5-10-5 Термические и барические методы интенсификации реакции генерации водорода
 12-5-10-6 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бортового применения
 12-5-10-7 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бытового применения
 12-5-10-8 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для промышленной энергетики
 12-5-10-9 Физико-математические модели описания процессов генерации водорода
 12-5-10-10 Перспективные направления развития метода для воплощения его на борту транспортных средств
- 12-5-11-0 Получение водорода из глубинного морского сероводорода**
 И.М. Неклюдов (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
 Н.А. Азаренков (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
 В.И. Ткаченко (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
12-5-12-0 Новые способы получения водорода

12-6-0-0 Транспортирование водорода

- А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
12-6-1-0 Транспортирование жидких криогенных продуктов по трубопроводам
 А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
12-6-2-0 Охлаждение магистралей криогенных систем
12-6-3-0 Неуставившиеся процессы в криогенных системах

12-7-0-0 Топливные элементы

- Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)
 Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)
 В.П. Пахомов (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
12-7-1-0 Разработка и производство топливных элементов
12-7-1-1 Мембраны для топливных элементов
12-7-1-2 Компьютерное моделирование функционирования топливных элементов
12-7-2-0 Применение топливных элементов
12-7-2-1 Устройства питания на топливных элементах с конверсией метанола в водород
12-7-3-0 Топливные элементы с предварительной обработкой водородсодержащего топлива

12-8-0-0 Конструкционные материалы

- П.Г. Бережко (Россия, Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
 А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)
 В.М. Чертов (Россия, Москва) (МРК)
 Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)
 П.Сан-Грегуйар (Франция, Тулон-Вар, Университет Тулон-Вара) (ЗГР)
 А.Т. Пономаренко (Россия, Москва, ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН) (МНКСР)
 Л.В. Сливак (Россия, Пермь, ПГУ) (МНКСР)
 А.А. Курдюмов (Россия, С.-Петербург, СПбГУ) (МНКСР)
 М.В. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МНКСР)

- Я.И. Бляшко (Россия, С.-Пб., АОЗТ «МНТО ИНСЭТ») (МРК)
 Н.М. Власов (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)
 И.И. Федик (Россия, Подольск, НИИ НПО «Луч») (МРК)

12-8-1-0 Водород в металлах и сплавах

- В.А. Гольцов (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)
 Л.Ф. Гольцова (Украина, Донецк, ДонНТУ) (МРК)

12-8-2-0 Водородная деградация**12-8-3-0 Системы наводороживания конструкционных материалов****12-8-4-0 Статическая и динамическая прочность материалов**

- Н.Н. Гердюков (Россия, Саратов, ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

12-8-5-0 Газары. Применение газаров**12-8-6-0 Электропечи для термовакuumных процессов. Вакуумные электропечи сопротивления**

- Э.Н. Мармер (Россия, Москва, ОАО «ВНИИЭТО») (МРК)

12-8-7-0 Новые конструкционные материалы для объектов альтернативной энергетики**12-9-0-0 Методы получения синтез-газа**

- А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)

12-9-1-0 Адиабатическая конверсия природного газа**12-10-0-0 Транспортные средства и приводы на водородном топливе**

- Т. Гертиг (Германия, Берлин) (МРК)
 А.Л. Дмитриев (Россия, С.-Петербург, РНЦ «Прикладная химия») (МРК)
 А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
 Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)
 А.Ю. Раменский (Россия, Москва, «Аудит-Премьер») (МНКСР)
 В.С. Соколов (Россия, С.-Петербург) (МНКСР)

12-11-0-0 Водородные автозаправочные станции**12-12-0-0 Водород для энергообеспечения зданий (водородные мини-электростанции на базе топливных элементов)****V. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ****13. Наноструктуры**

- А.М. Липанов, акад. РАН (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)
 Ю.М. Шульга (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)
 В.И. Кодолов (Россия, Ижевск, Научно-образовательный центр химической физики и мезоскопии УдНЦ УрО РАН) (МНКСР)
 Ю.С. Нечаев (Россия, Москва, ФГУП «Центральный институт черной металлургии им. И.П. Бардина») (МНКСР)
 Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МНКСР)
 Ю.Д. Третьяков, акад. РАН (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)
13-1-0-0 Наносистемы: синтез, свойства, применение
 Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)
 В.В. Куршева (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)

13-2-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для теплоизоляции

- 13-3-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для сенсоров водорода**
 М.В. Воробьева (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МРК)
 В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский гос. университет) (РНС)

13-4-0-0 Компьютерное моделирование синтеза углеродных наноматериалов с заданными свойствами**13-5-0-0 Углеродные наноструктуры для автотранспорта**



VI. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ



14. Термодинамический анализ в альтернативной энергетике

В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МПК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

14-1-0-0 Термодинамический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике

14-2-0-0 Эксергетический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике



VII. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ



15. Основные проблемы энергетики и альтернативной энергетики

15-1-0-0 Аккумулирование электрической энергии

15-2-0-0 Сверхпроводящие материалы.

Сверхпроводимость. Сверхпроводимость в энергетике

15-3-0-0 Новые циклы и схемы термотрансформаторов

15-4-0-0 Проблемы освещения мегаполисов



16. Применение гелия и специальных материалов в транспортных средствах

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (Россия, Москва, Международный инженерный университет) (РНС)

16-1-0-0 Дирижабли для перевозки крупногабаритных грузов

16-2-0-0 Дирижабли для контроля за чрезвычайными ситуациями в мегаполисах: автоинспекция, пожарная безопасность, антитерроризм, наблюдение за техническим и экологическим состоянием промышленных зданий и сооружений. Энергоназор (контроль тепловых утечек зданий в масштабе города)

16-3-0-0 Пожарные, нейтрализационные, полицейские дирижабли



17. Энергетика и экология

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

О.Л. Фиговский (Израиль, Мигдал Ха'Емек, Израильский исследовательский центр «Polymate») (МПК)

М.В. Воробьева (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МПК)

17-1-0-0 Парниковый эффект

17-2-0-0 Экологические проблемы мегаполисов

17-3-0-0 Экология воздушной среды и космического пространства

17-4-0-0 Экология водных ресурсов

17-5-0-0 Проблемы вредных выбросов в атмосферу тепловыми электрическими станциями

17-6-0-0 Проблемы загрязнения почвы традиционными энергоносителями

17-7-0-0 Экологический туризм и экокурорты

17-8-0-0 Проблемы переработки промышленных и бытовых отходов

17-9-0-0 Надежность сложных энергетических систем



18. Энергоэффективные способы и устройства разделения и очистки агрессивных газовых смесей

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. П.Н. Лебедева) (МПК)

А.А. Боброва (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ)



19. Экология и энергоресурсы пустынь



20. Вода, ее свойства. Водоподготовка, применение



21. Акустические воздействия энергетических объектов на окружающую среду



VIII. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА



22. Законодательная база

П.Б. Шелищ (Россия, Москва, Госдума РФ, президент НАВЭ) (МНКСП)

22-1-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики в России

22-2-0-0 Законодательное обеспечение инновационного развития водородной энергетики

22-3-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики стран СНГ

22-4-0-0 Законодательная база экологии



IX. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ



23. Образование и научно-исследовательские центры

Л.А. Илькаева (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСП)

Б.Ф. Реутов (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МПК)

А.В. Чувиковский (Россия, Саров, ИПК РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МПК)

Ю.П. Щербак (Россия, Саров, СарФТИ) (МНКСП)

Ж.-П. Концен (Бельгия, Кармановский институт гидрогазодинамики) (МПК)

23-1-0-0 Образовательная деятельность в области альтернативной энергетики и экологии

23-1-1-0 Образовательная деятельность

в рамках школьной программы.

23-1-2-0 Образовательная деятельность в вузах

23-2-0-0 Водородные технопарки, наукограды

23-3-0-0 Молодежь в науке и технике



X. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ



24. Экономические аспекты

24-1-0-0 Инвестиционная привлекательность различных стран мира и фирм

24-2-0-0 Запасы традиционных энергоресурсов стран экспортеров и мировые запасы

24-3-0-0 Государственные научно-технические программы развития водородной энергетики

24-4-0-0 Экономический анализ

В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)

24-5-0-0 Бизнес-планирование



XI. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ



25. Нанотехнологии для альтернативной энергетики

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

В.В. Куршева (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

О.Н. Ефимов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН)



26. Инновационные решения в области энергетики и альтернативной энергетики

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



27. Информационные технологии



XII. ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА



28. Криогенные и пневматические транспортные средства

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

28-1-0-0 Криогенный азотный транспорт

28-2-0-0 Автомобили на инертных газах для опасных объектов (пожарные, служебные аэропортов, складов горючесмазочных материалов, для взрывоопасных химических производств и др.)

28-3-0-0 Пневматические транспортные средства



29. Бортовые аккумуляторы

29-1-0-0 Тепловые аккумуляторы энергии

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

29-1-1-0 Температура выше 273 К

29-1-2-0 Температура ниже 273 К

29-1-3-0 Температура ниже 77 К

29-2-0-0 Маховичные аккумуляторы энергии

29-3-0-0 Электрические аккумуляторы энергии

29-4-0-0 Пружинные аккумуляторы энергии

29-5-0-0 Пневматические аккумуляторы энергии

29-6-0-0 Химические аккумуляторы энергии



30. Мультирежимные транспортные средства

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

О.Б. Баклицкая (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

М.А. Казарян (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



31. Системы внешней и бортовой рекуперации энергии транспортных средств

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



32. Литий-ионные источники тока и суперконденсаторы



XIII. ДОБЫЧА ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



33. Ювенильный водород в процессах геотектоники и геохимии

С.В. Дигонский (Россия, Екатеринбург, ФГУП «Урангеологоразведка») (МРК)

В.Л. Сывороткин (Россия, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова) (МРК)

33-1-0-0 Роль водорода в химическом строении мироздания

33-2-0-0 Движущие силы развития Земли и планет

33-3-0-0 Водород в ядре Земли

33-4-0-0 Геология и геохимия природных газов зон глубинных разломов

33-5-0-0 Транспорт ювенильного водорода через толщу Земли и формирование электроразряженных зон

33-6-0-0 Природный синтез углеродистых веществ

33-7-0-0 Глубинная дегазация Земли, глобальные катастрофы и аномальные явления



XIV. КАТАЛИЗ В АЭЭ



34. Катализ

З.Р. Исмаилов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)

С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, ИПХФ РАН, Черноголовка) (РНС)

В.Н. Пармон, акад. РАН (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (РНС)

В.А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)

О.Н. Ефимов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)

Н.Н. Вершинин (Россия, ИПХФ РАН, Черноголовка)

34-1-0-0 Каталитические методы синтеза альтернативного топлива

34-2-0-0 Катализ в совмещенных схемах «производство энергии и получение полезных продуктов из природного газа»

34-3-0-0 Катализ в генерации рабочего тела в газотурбинных установках

34-4-0-0 Катализ в топливных элементах

34-5-0-0 Катализ в процессах получения синтез-газов и водорода

34-6-0-0 Каталитические методы очистки водорода

34-7-0-0 Катализ в очистке промышленных газовых выбросов энергетических систем

34-8-0-0 Катализ в системах очистки технических вод
 34-9-0-0 Фотокаталитические и электрокаталитические методы получения водорода
 34-10-0-0 Разработка и исследование свойств материалов для формирования каталитических слоев в топливных элементах
 34-11-0-0 О механизмах каталитического действия. Влияние природы металлов и степени их окисления на каталитическую активность
 34-12-0-0 Наноккомпозиты для применения в качестве катализаторов. Влияние размерного фактора на каталитическую активность
 34-13-0-0 Альтернативные катализаторы без применения платины
 34-14-0-0 Проблемы отравления катализаторов
 34-15-0-0 Носители катализаторов: дизайн, синтез, свойства
 А.Я. Вуль (Россия, С.-Пб., ФТИ им. Иоффе)
 34-16-0-0 Каталитические слои для топливных элементов в планарном исполнении
 34-17-0-0 Золь-гель метод для получения катализаторов и носителей катализаторов



XVIII. ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



39. Газотурбинные технологии



XIX. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА



XX. ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА



XXI. НАУКИ О ЗЕМЛЕ



XXII. ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ



40. Информация

А.И. Саликов (Россия, Москва, ДОР ЦНИИАтоминформ) (МНКСП)
 Е.М. Тарараева (Россия, Москва, ДОР ЦНИИАтоминформ) (МНКСП)
 Е.А. Гудилин (Россия, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова) (РНС)
 И.В. Лобанова (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)
 40-1-0-0 Периодические издания
 40-2-0-0 Интернет-ресурсы
 40-3-0-0 Научные биографии ученых мира
 40-4-0-0 Научные фонды, научные проекты
 40-5-0-0 Международные научные конференции
 40-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей
 40-7-0-0 Новые научные книги
 40-8-0-0 Интеллектуальная собственность
 40-9-0-0 Энциклопедия альтернативной энергетики. Термины и определения
 40-10-0-0 Отзывы, письма в редакцию, краткие сообщения
 40-11-0-0 Обращения членов редакционного научного совета
 40-12-0-0 Энергетические компании
 40-13-0-0 Новости Редколлегии
 40-14-0-0 Научные организации
 40-15-0-0 Новости науки и техники



XV. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ



35. Энергосберегающие технологии, системы, материалы и приборы

А.Л. Гусев (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)



XVI. ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



36. Проблемы нефтегазовой и угольной промышленности

А.Л. Гусев (Россия, Саратов, НТЦ «ТАТА»)

36-1-0-0 Постановка задач для ученых и инженеров с целью формулировки ТЗ для НИР и НИОКР с учетом экологического аспекта.



37. Нефтегазовые трубопроводы и экология окружающей среды



XVII. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА



38. Оптические явления и устройства

РНС — Редакционный научный совет; МРК — Международный редакционный комитет;
 МНКСП — Международный научно-консультативный совет редакции;
 ЭС — Экспертный совет; МСП — Международный совет рецензентов


I. RENEWABLE ENERGY

1. Solar energy

A. *Steinfeld* (Switzerland, Zurich, ETH-Swiss Federal Institute) (IEB)
G. I. *Isakov* (Azerbaijan, Baku, Institute of Physics of NAS of Azerbaijan) (DECH)
I. G. *Khidirov* (Uzbekistan, Tashkent, Institute of Nuclear Physics of NAS of Uzbekistan) (IEB)
S. *Geruny* (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (IEB)
S. M. *Raza* (Pakistan, Quetta, University Of Balochistan) (IEB)
S. Z. *Ilyas* (Pakistan, Quetta, University Of Balochistan) (IEB)
A. M. *Pendjiev* (Turkmenistan, Ashkhabat-32, Tutkmenian Polytechnic Institute) (IEB)
V. F. *Gremenok* (Belorussia, Minsk, Joined Institute of Solid State and Semi-conductor Physics) (IEAB)
V. A. *Butuzov* (Russia, Krasnodar, "Yuzhgeoteplo")

1-1-0-0 History of solar energy
1-2-0-0 Solar-hydrogen energy

T. N. *Veziroglu* (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)

1-2-1-0 Materials for solar-hydrogen energy
1-3-0-0 Solar power plants
1-3-1-0 Silicone solar thermal electric plants
1-3-2-0 Space solar stations
1-3-3-0 Photoelectric cell
1-3-4-0 Photovoltaic effect in semiconductor structures.
Photoelectric modules
1-4-0-0 Ground solar stations
1-4-1-0 Solar collectors
1-5-0-0 Solar cities
1-5-1-0 Solar buildings
1-5-2-0 Solar refrigerators
1-5-3-0 Solar water-lifting systems
1-5-4-0 Solar energy units
1-6-0-0 Solar transport
1-7-0-0 Solar radiation concentrators

2. Wind energy

I. Z. *Boguslavskiy* (Russia, Moscow, DBREPE RAS) (IEB)
V. L. *Okulov* (Russia, Novosibirsk, SB RAS)
G. A. M. *van Kuik* (Netherlands, Delft, Wind Energy Research Institute)

2-1-0-0 Wind Energy and Architecture
2-2-0-0 Wind Energy and Ecology
2-3-0-0 Unique Wind Energy Solutions
2-4-0-0 Sail-Driven Wind Energy
2-5-0-0 Hybrid Wind Turbines
2-6-0-0 History of Wind Energy
2-7-0-0 Combined Wind and Hydrogen Energy
2-8-0-0 Electric Power Generators for Wind Energy
2-9-0-0 New Designs of Vertical-Axis Wind Turbines
2-10-0-0 Horizontal-Axis Wind Turbines
2-11-0-0 Savonius Vertical-Axis Wind turbines
2-12-0-0 Darrieus Vertical-Axis Wind Turbines
2-13-0-0 Combined Wind and Solar Power Plants
2-14-0-0 Future of Wind Energy
2-15-0-0 Balloon-Based Wind Energy
2-16-0-0 Wind Energy Materials
2-17-0-0 Computer Simulations of the Time Profile of Dynamic Wind Velocity Component
2-18-0-0 Integrated Modeling of Vertical-Axis Wind Turbines
2-19-0-0 Energy Conversion in Wind Turbines
2-20-0-0 Wind Energy Applications. Engineering, Economy, Ecology

3. Marine hydroenergetics
3-1-0-0 History of energy of tides

A. L. *Gusev* (Russia, Sarov, STC "TATA")

3-2-0-0 Sea waves energy
3-3-0-0 Sea tide energy

4. Geothermal energy

V. A. *Butuzov* (Russia, Krasnodar, "Yuzhgeoteplo")

4-1-0-0 History of geothermal energy
4-2-0-0 Basic research into geothermal energy
4-3-0-0 Problems of geothermal energy assimilation
4-4-0-0 Role of modeling and monitoring in geothermal energy assimilation. Appraisal of geothermal resources
4-5-0-0 Geothermal plants
4-5-1-0 Geothermal power plants
4-5-2-0 Geothermal heat plants
4-6-0-0 Efficiency and reliability of geothermal heat and power plants. Major ways to improve the efficiency of geothermal heat and power plants
4-7-0-0 Geothermal resources of world countries and prospects of their development

5. Energy of biomass

S. A. *Markov* (USA, Greencastle, DePauw University) (IEB)

A. L. *Gusev* (Russia, Sarov, STC "TATA")

5-1-0-0 Biogas plants
5-2-0-0 Thermochemical gas generators
5-3-0-0 Energy of biomass and ecology

6. Small hydroenergetics

S. *Shatvoryan* (Armenia, Yerevan, Energy Strategy Center) (IEB)

6-1-0-0 Equipment for small and micro hydro-power plants (HPP)
6-2-0-0 Derivation micro hydro-power plants

7. Unconventional sources of renewed energy

V. A. *Khusnutdinov* (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

A. L. *Gusev* (Russia, Sarov, STC "TATA")

7-1-0-0 Application of ice in energy. Glacial power stations
7-2-0-0 Application of cold of permafrost for thermostatic control of domestic and process structures
7-3-0-0 Physical and chemical properties of ice
7-4-0-0 Thermal properties of ice

- 7-5-0-0 Thermodynamic basis for production and application of ice
 7-6-0-0 Equipment for ice testing
 7-7-0-0 Facilities for ice production
 7-8-0-0 Methods and machinery for ice emergent break up for safety depth devices and over-land vehicles undergoing disaster
 7-9-0-0 Binary ice in science and technique
 7-10-0-0 Application of ice for construction of engineering and technical, and architecture structures
 7-11-0-0 Ice dynamics and strength. Embrittlement dynamics. Experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics
 7-12-0-0 Numerical and combined numerical and experimental methods of ice breaking up dynamic mechanics
 7-13-0-0 Techniques for removing ice from water reservoirs
 7-14-0-0 Cold storage and application
 7-15-0-0 Transport of icebergs and production of fresh water
 7-16-0-0 Thermogradient energy



8. RES based power complexes



II. NONRENEWABLE ENERGY



9. Atomic energy

- Yu.A. Trutnev, Acad. RAS (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (HECH)
 A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 A.G. Chudin (Russia, Moscow, Federal Agency for Nuclear Energy) (IEAB)
 V.A. Afanas'ev (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
 M.A. Prelas (USA, Columbia, University of Missouri) (IEB)
9-1-0-0 Atomic-hydrogen energy
 N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)
 A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 V.N. Fateev (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")
9-1-1-0 History of atomic-hydrogen energy
 N.N. Ponomaryov-Stepnoy, Acad. RAS (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (SEB)
 A. Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)
 A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")
9-1-2-0 High-temperature gas reactors (HTGR) for hydrogen production via high-temperature processes
9-1-3-0 Fast reactors with sodium cooling (SC) to produce mid-temperature heat, and synthesis gas and hydrogen
9-1-4-0 Fast reactors with lead cooling as reactors of future generation to produce high-temperature heat
 G.L. Khorasanov (Obninsk, SSC of the RF – Institute for Physics and Power Engineering named after A.I. Leypunsky) (IEB)
9-2-0-0 Atomic energy for vehicles
 M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)
 I.V. Shamanin (Russia, Tomsk, Tomsk Polytechnical Univ.) (IEB)
9-2-1-0 Radionuclide heat sources
9-2-2-0 Radionuclide thermoelectric generators

- 9-2-3-0 Thermo- and radiation-stimulated phase transformation in alloys incorporated (carbides, nitrides, nitrides-hydrides, carbohydrides and hydrides of transition metals, high-temperature, super-conducting materials, intermetallic composition)**



10. Explosion energy

- V.E. Fortov, Acad. RAS (Russia, Moscow, Institute of thermal physics of extremal state RAS) (SEB)
 A.L. Mikhailov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
 N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
 A.A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)
 V.N. German (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)
10-1-0-0 Explosion technologies
10-2-0-0 Computer simulation of problems for explosion energy
 M.A. Syrunin (Russia, Sarov, IEB RFNC-VNIIEF)
10-2-1-0 Setting up problems for explosion energy
10-2-2-0 Mobile Lagrangian and Euler grids
10-3-0-0 Explosion deuterium energy
10-4-0-0 Explosion energy for syntheses of new materials
10-4-1-0 Materials synthesis and sticking by the explosion
10-4-2-0 Shock-wave sticking
10-4-3-0 Computer modelling of processes of material shock-wave sticking
10-5-0-0 Explosives
10-6-0-0 Blasting chambers
 A.A. Sterzer (Russia, Novosibirsk, MATEM Co. Ltd) (IEB)
10-7-0-0 Extremal state of matter. Detonation. Shock waves
10-8-0-0 Energy materials and physics of detonation
10-9-0-0 Equations of the state and phase transition



III. THERMONUCLEAR ENERGY



11. Thermonuclear energy

- V.N. Lobanov (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
11-1-0-0 Investigations on the controlled thermonuclear fusion
11-2-0-0 X-ray thermonuclear fusion
11-3-0-0 Beam fusion
11-4-0-0 Inertial fusion
11-5-0-0 Isotope effect
11-6-0-0 Cryogenic tritium targets
11-7-0-0 High-pressure targets designed for research of nuon catalysis processes in nuclear fusion
11-8-0-0 International project of thermonuclear fusion reactor, ITER
11-9-0-0 Radiological protection and nuclear security
11-10-0-0 Production of radioisotopes and application
 M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, FIAN Lebedev Institute of Physics of RAS) (IEB)
11-11-0-0 Fuel cycle and ecology
11-12-0-0 Design, construction and maintenance of nuclear research and power reactors

11-13-0-0 Production of components and materials required for application in nuclear reactors and fuel cycles thereof

11-14-0-0 TOKAMAK systems

11-15-0-0 Auxiliary magnetocumulative systems



IV. HYDROGEN ECONOMY



12. Hydrogen economy

F.Karaosmanoglu (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical Univ.) (IEB)

Z.Sen (Turkey, Istanbul, Istanbul Technical University) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

12-1-0-0 History of hydrogen economy

T.N. Veziroglu (USA, Miami, IAHE, UNIDO-ICHET) (HECH)

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

12-2-0-0 Safety of hydrogen energy

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

J.Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

L.F. Belovodskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEAB)

12-2-1-0 Hydrogen recombinators

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

12-2-2-0 Systems of inert gas blowing off

12-2-3-0 Ensuring of the safe operation of cryogenic systems

12-2-4-0 Safe application of hydrogen on board the vehicle

12-3-0-0 Gas analytical systems and hydrogen sensors

J.Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

A.M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

V.M. Arouthounian, Academician NAS of Armenia

(Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)

J.Schoonman (Netherlands, Delft, Delft University of Technology) (IEAB)

L.I. Trakhtenberg (Russia, Moscow, N.N. Semenov Institute of Chemical Physics RAS) (IEB)

12-4-0-0 Hydrogen storage

J.Kleperis (Latvia, Riga, University of Latvia) (IEB)

O.N. Srivastava (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

B.P. Tarasov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

12-4-1-0 Hydrogen storage in carbon nanosystems

O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

B.K. Gupta (India, Varanasi, Banaras Hindu University) (IEB)

A.V. Vakhroushev (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics of Ural branch of RAS) (IEB)

12-4-2-0 Hydrogen storage in an incapsulated gaseous state: in microspheres, in foam metals, in zeolites and others

V.S. Kogan (Ukraine, Khar'kov, NSC Kharkov Institute of Physics and Technology) (IEB)

A.F. Chabak (Russia, Moscow, Academy of perspective technologies) (IEB)

E. F. Medvedev (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

12-4-3-0 Hydrogen storage in gaseous state under pressure

A.S. Koroteev, Academician RAS (Russia, Moscow, Keldysh Research Center) (SEB)

12-4-3-1 Hydrogen storage in gaseous state in large reservoirs

12-4-3-2 Hydrogen storage in gaseous state in tank

12-4-4-0 Hydrogen storage in liquid state

A.M. Arkharov (Russia, Moscow, Bauman Moscow State Technical University) (IEB)

A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, "Cryogenmash") (IEB)

V.I. Kupriyanov (Russia, Balashikha, "Cryogenmash") (IEB)

A.A. Makarov (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

G.G. Shevyakov (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

V.S. Travkin (USA, Los Angeles, University of California) (IEB)

V.S. Kogan (Ukraine, Khar'kov, NSC Kharkov Institute of Physics and Technology) (IEB)

I.F. Kuz'menko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

12-4-4-1 Hydrogen storage in cryogenic liquid state in large reservoirs

12-4-4-2 Hydrogen storage in cryogenic liquid state on board the vehicles

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

12-4-5-0 Hydrogen storage in chemically-bonded state in liquid media

12-4-6-0 Hydrogen storage in solid phase state in metal hydride systems

M.D. Hampton (USA, Orlando, Univ. of Central Florida) (DECH)

B.P. Tarasov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

S.P. Gabuda (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

V.L. Kozhevnikov (Russia, Ekaterinburg,

ISSC Ural Branch of RAS) (IEB)

12-4-7-0 Hydrogen storage in combined systems

12-4-8-0 Hydrogen storage in adsorbed state in cryogenic adsorbents

12-4-9-0 Novel methods of hydrogen storage

12-5-0-0 Hydrogen production methods

I.F. Kuz'menko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEAB)

V.V. Lunin, Acad. RAS (Russia, Moscow, M.V. Lomonosov MSU)

12-5-1-0 Radiolysis

M.A. Prelas (USA, Columbia, University of Missouri-Columbia) (IEB)

12-5-2-0 Electrolysis

12-5-3-0 Hydrogen production via thermochemical dissociation of water

12-5-4-0 Hydrogen production by ammonia decomposition

V.A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

12-5-5-0 Method of catalytic conversion (reforming) of gaseous and liquid hydrocarbons

12-5-6-0 Hydrogen production by partial oxidation of hydrocarbons

12-5-7-0 High-temperature process for hydrogen production

12-5-8-0 Hydrates

S.P. Gabuda (Russia, Novosibirsk, IIC SO RAS) (IEB)

12-5-9-0 Hydrogen production on board of the vehicle from organic fuels

12-5-10-0 On board hydrogen production via reaction of interaction of water and metals (aluminium, magnesium etc.)

12-5-10-1 Mechanic and electric methods of removal of oxide layer during reaction

12-5-10-2 Chemical methods of removal of oxide layer during reaction

12-5-10-3 Ultrasonic methods of removal of oxide layer during reaction

12-5-10-4 Methods of increase of specific surface of metals

1-5-10-5 Thermal and pressure methods of intensification of hydrogen production

12-5-10-6 Devices for on board hydrogen production via reaction of interaction of water and metals

12-5-10-7 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for domestic applications

12-5-10-8 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for commercial applications

12-5-10-9 Physico-mathematical model of processes of hydrogen production

12-5-10-10 Novel lines of development of method for on-board application

12-5-11-0 Hydrogen production from deep-sea hydrogen sulphide



I.M. Neklyudov (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)
N.A. Azarenkov (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)
V.I. Tkachenko (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)

12-5-12-0 Novel hydrogen production methods

12-6-0-0 Hydrogen transport

A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

12-6-1-0 Transport of liquid cryogenic products by pipelines

A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

12-6-2-0 Cooling of cryogenic system mains

12-6-3-0 Transient processes in cryogenic systems

12-7-0-0 Fuel cells

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

V.P. Pakhomov (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

12-7-1-0 Research and production of fuel cells

12-7-1-1 Membranes for fuel cells

12-7-1-2 Computer simulation of fuel cell operation

12-7-2-0 Fuel cells application

12-7-2-1 Power supply on fuel cells with methanol conversion for portable devices

12-7-3-0 Fuel cells with hydrogenous fuel pre-processing

12-8-0-0 Structural materials

P.G. Berezhko (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

A.M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

V.M. Chertov (Russia, Moscow) (IEB)

Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

P.Saint-Gregoire (France, University de Toulon et du Var) (DECH)

F.A. Lewis (Great Britain, Belfast, The Queen's University of Belfast) (SEB)

A.T. Ponomarenko (Russia, Moscow, Enikolopov Institute of Synthetic Polymer Materials of RAS) (IEAB)

L.V. Spivak (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)

M.V. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, Donetsk STU) (IEAB)

N.M. Vlasov (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

I.I. Fedik (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

12-8-1-0 Hydrogen in metals and alloys

V.A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

L.F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

12-8-2-0 Hydrogen degradation

12-8-3-0 Structural materials hydrogenation systems

12-8-4-0 Static and dynamic strength of structural materials

N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)

12-8-5-0 Gasars. Application of gasars in marine and air fleet, motor-car construction

12-8-6-0 Electrical furnaces for thermovacuum processes

E.N. Marmer (Moscow, VNIIEO)

12-8-7-0 New structural materials for renewable energy structures

12-9-0-0 Synthesis-gas production methods

A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

12-9-1-0 Adiabatic conversion of the natural gas

12-10-0-0 Hydrogen fuel vehicles and engines

T.Gaertig (Germany, Berlin) (IEB)

A.L. Dmitriev (Russia, S.-Petersburg, RSC "Applied Chemistry") (IEB)

A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

A.Yu. Ramenskiy (Russia, Moscow, Audit-Premier) (IEAB)

V.S. Sokolov (Russia, S.Petersburg) (IEAB)

12-11-0-0 Hydrogen filling stations

12-12-0-0 Hydrogen for providing buildings, structures and houses with energy. Micro hydrogen power plants based on fuel cells



V. STRUCTURAL MATERIALS



13. Nanostructures

A.M. Lipanov, Acad. RAS (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics UB RAS) (IEB)

Yu.M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka, JSC "Cryogenmash") (IEB)

V.I. Kodolov (Russia, Izhevsk, BRHE Centre of Chemical Physics and Mesoscopy) (IEAB)

Yu.S. Nechaev (Russia, Moscow, Bardin Research Institute of the Ferrous-Metals Industry) (IEAB)

B.P. Tarasov (Chernogolovka, IPCP RAS) (IEAB)

Yu.D. Tretiakov, Acad. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

13-1-0-0 Nanosystems: synthesis, properties, and application

E.A. Goodilin, Member Corresp. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

V.V. Kyrsheva (Russia, Sarov, STC "TATA")

13-2-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for heat insulation

13-3-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for hydrogen sensors

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEAB)

V.M. Aroutiounian, Acad. NAS of Armenia (Armenia, Yerevan, Yerevan State University) (SEB)

13-4-0-0 Computer simulation of synthesis of carbon nanomaterials with specified properties

13-5-0-0 Carbon nanostructures for vehicles



VI. THERMODYNAMIC BASICS OF AEE



14. Thermodynamic analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

14-1-0-0 Thermodynamic analysis of basic energy generation processes in alternative energy

14-2-0-0 Exergetic analysis of basic energy generation processes in alternative energy



VII. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY



15. Basic problems of energy and renewable energy

15-1-0-0 Electric energy storage

15-2-0-0 Superconductive materials. Superconductivity. Superconductivity of energy

15-3-0-0 New cycles and schemes for thermotransformers

15-4-0-0 Problems of megapolise illumination



**16. Application of helium and special materials in vehicles**

Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Russia, Moscow, International Univ. of Engineering) (SEB)

16-1-0-0 Airships to transfer large-sized cargoes

16-2-0-0 Airships to control states of emergency in megapolises: car inspection, fire safety, terrorism combat, technical and ecological state control of industrial buildings and structures. Energy control (heat leak control in buildings on a city's scale)

16-3-0-0 Fire fighting airships, counteracting, and police airships

**17. Energy and ecology**

O.L. Figovsky (Israel, Israel Research Center Polymate) (IEB)

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

17-1-0-0 Greenhouse gas effect

17-2-0-0 Ecological problems of industrial megapolises

17-3-0-0 Ecology of air atmosphere and space

17-4-0-0 Ecology of water resources

17-5-0-0 Problems of unhealthy atmospheric emissions by heat-electric generating plants

17-6-0-0 Problems of ground pollution by energy carriers

17-7-0-0 Ecological tourism and ecological resorts

17-8-0-0 Problems of factory and domestic waste utilization

17-9-0-0 Reliability of complex energy systems

**18. Energy efficiency methods and facilities for aggressive gas mixture separation and purification**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)

A.A. Bobrova (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF)

**19. Ecology and power resources of deserts****20. Water, its properties. Water preparation, application****21. Acoustic effects of energy facilities on the environment****VIII. LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT****22. Legislative basis**

P.B. Shelishch (Russia, Moscow, RF State Duma, President of National Association of Hydrogen Energy) (IEAB)

22-1-0-0 Legislation basis for renewable energy in Russia

22-2-0-0 Legislation assurance for innovation development of hydrogen energy

22-3-0-0 Legislation basis for renewable energy in CIS

22-4-0-0 Legislation basis for ecology

**IX. PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION****23. Education and scientific research centres**

B.F. Reutov (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)

A.V. Chuvikovskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

Yu.P. Shcherbak (Russia, Sarov, Sarov Physicotechnical Institute) (IEB)

J.-P. Contzen (Belgium, von Karman Institute for Fluid Dynamics) (IEB)

23-1-0-0 Educational activities in the field of alternative energy and ecology

23-1-1-0 Educational activity within school program

23-1-2-0 Educational activity in institutes of higher education

23-2-0-0 Hydrogen trading estates and science and research cities

23-3-0-0 Young people in alternative energy and ecology science and technology

**X. ECONOMIC ASPECTS OF AEE****24. Economical aspects**

24-1-0-0 Investment attractiveness of various countries and companies in renewable energy

24-2-0-0 Resources of conventional energy sources in exporting countries and world resources

24-3-0-0 National scientific and technological programmes of the development of hydrogen economy

24-4-0-0 Economical analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

24-5-0-0 Business-planning in renewable energy

**XI. INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION****25. Nanotechnology for renewable energy**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

V.V. Kursheva (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.N. Efimov (Russia, Sarov, STC "TATA")

**26. Innovative solutions in alternative energy and ecology**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

**27. Information technologies (IT)**



XII. ENVIRONMENTAL VEHICLES



28. Cryogenic and pneumatic vehicles

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

28-1-0-0 Cryogenic nitrogen transport

28-2-0-0 Inert gas-based cryogenic vehicles for hazardous structures: fire engines, air port auxiliary vehicles, fuel and lubricant storage, vehicles in dangerously explosive chemical production

28-3-0-0 Pneumatic vehicles



29. On-board energy accumulators

29-1-0-0 Thermal energy accumulators

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

29-1-1-0 Temperature above 273 K

29-1-2-0 Temperature below 273 K

29-1-3-0 Temperature below 77 K

29-2-0-0 Flywheel energy accumulators

29-3-0-0 Electrical energy accumulators

29-4-0-0 Spring energy accumulators

29-5-0-0 Compressed-air energy accumulators

29-6-0-0 Chemical energy accumulators



30. Multy mode vehicles

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.B. Baklitskaya (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Sarov, STC "TATA")



31. External and onboard vehicle energy recovery systems

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")



32. Lithium-ion current sources and supercapacitor



XIII. RECOVERY TECHNIQUES FOR AEE



33. Juvenile hydrogen in geotectonics and geochemistry processes

S.V. Digonskiy (Russia, Ekaterinburg, FGUP "Urangologorazvedka") (IEB)

V.L. Syvorotkin (Russia, Moscow, M.V. Lomonosov MSU) (IEB)

33-1-0-0 Role of hydrogen in chemical composition of the universe

33-2-0-0 Diving forces in the evolution of Earth and planets

33-3-0-0 Hydrogen in the Earth's core

33-4-0-0 Geology and geochemistry of natural gases in deep fault areas

33-5-0-0 Transport of juvenile hydrogen through the Earth stratum and formation of electrically charged zones

33-6-0-0 Natural synthesis of carbon-based substances

33-7-0-0 Deep degasifying of the Earth, global disasters and anomalous phenomena



XIV. CATALYSIS FOR AEE



34. Catalysis for renewable energy

Z.R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

V.N. Parmon, Acad. RAS (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (SEB)

V.A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (IEB)

O.N. Efimov (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (IEB)

N.N. Vershinin (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS)

34-1-0-0 Catalytic methods for synthesis of alternative fuel

34-2-0-0 Catalysis in combined schemes «energy generation and production of useful products from natural gas»

34-3-0-0 Catalysis in generation of working fluid in gas turbines as an effective alternative flare generation method

34-4-0-0 Catalysis of fuel cells

34-5-0-0 Catalysis in processes of production of synthesis gas and hydrogen

34-6-0-0 Catalytic methods of hydrogen treatment

34-7-0-0 Catalysis in treating of power reactor waste gases

34-8-0-0 Catalysis in process water treatment systems

34-9-0-0 Photocatalytic and electrocatalytic methods for hydrogen production

34-10-0-0 Development and study of material properties to form catalytic layers in fuel cells

34-11-0-0 On mechanism of catalytic action. Effect of metal nature and degree of oxidation thereof on catalytic activity

34-12-0-0 Nanocomposites for application as catalysts. Effect of dimension factor on catalytic activity

34-13-0-0 Alternative catalysts with no platinum

34-14-0-0 Problems of catalyst poisoning

34-15-0-0 Catalyst carriers: design, synthesis, and properties

A.Ya. Vul' (Russia, St. Petersburg, Ioffe Institute)

34-16-0-0 Catalytic layers for fuel cells in planar design

34-17-0-0 Sol-gel process for production of catalysts and catalyst carriers



XV. ENERGY SAVING



35. Energy-saving technologies, materials, systems, and instruments

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



XVI. PROBLEMS OF OIL- AND-GAS COMPLEX



36. Problems of oil, gas, and coal industry

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

36-1-0-0 Problem definition for scientists and engineers to form a Task Order for research and R&D works taking into account ecological aspect



37. Oil and gas pipelines and ecology



XVII. OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES



38. Optical phenomena and facilities



XVIII. GAS-TURBINE TECHNOLOGIES



39. Gas-turbine technologies



XIX. ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES



XX. ISSUES OF AGRICULTURE

SEB — Scientific Editorial Board
IEB — International Editorial Board
IEAB — International Editorial Advisory Board
EB — Experts Board
IRB — International Reviewers Board



XXI. EARTH SCIENCES



XXII. INFORMATION FOR AEE



40. Information

A.I. Salikov (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)
E.M. Tararava (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)
E.A. Goodilin, Member Corresponding RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)
I.V. Lobanova (Russia, Sarov, STC "TATA")

40-1-0-0 Review of periodicals

40-2-0-0 Review of leading internet-resources

40-3-0-0 Prominent scientists' biographies

40-4-0-0 Scientific funds and scientific projects

40-5-0-0 International scientific conferences

40-6-0-0 Advertising matters of investment companies and manufacturers

40-7-0-0 Review of new scientific books

40-8-0-0 Intellectual property

40-9-0-0 Encyclopedia of renewable energy. Terms and definitions

40-10-0-0 Opinions, letters in publishing office, short articles

40-11-0-0 Messages of members of Scientific editorial board

40-12-0-0 Energetic companies

40-13-00 News of Editorial board

40-14-0-0 Scientific organizations

40-15-0-0 News



ПОДПИСКА НА РОССИЙСКИЕ НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ

eLIBRARY.RU

Научная Электронная Библиотека продолжает кампанию по подписке на отечественную научную периодику в электронном формате на 2015 г. Полнотекстовая коллекция включает журналы по всем отраслям современного знания. Всего на платформе eLIBRARY.RU сейчас размещено более 14 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 2500 российских научно-технических журналов, в том числе более 1300 журналов в открытом доступе.

Десятилетиями научные организации, вузы и библиотеки оформляли подписку на печатные версии этих журналов, а теперь они стали доступны в электронном виде на платформе eLIBRARY.RU:

Российские журналы на платформе eLIBRARY.RU представлены в виде нескольких коллекций:

- Журналы издательства НАУКА • Российские журналы на eLIBRARY.RU •
- Журналы Дальневосточного отделения РАН •
- Журналы Самарского государственного технического университета •
- Реферативные журналы ВИНТИ • Реферативные журналы ИНИОН
- Реферативные журналы ЦНСХБ •

Полный перечень подписных журналов представлен в Каталоге 2015 г.

Оформить годовую подписку на текущие и архивные выпуски журналов, приобрести отдельные номера изданий могут частные лица и организации любой формы собственности и вида деятельности – университеты, институты РАН и других академий, отраслевые НИИ и научные центры, библиотеки, государственные органы и коммерческие структуры. Российские журналы доступны теперь в электронном виде не только отечественным, но и зарубежным подписчикам. Научная Электронная Библиотека работает со всеми, кого интересует научная периодика.

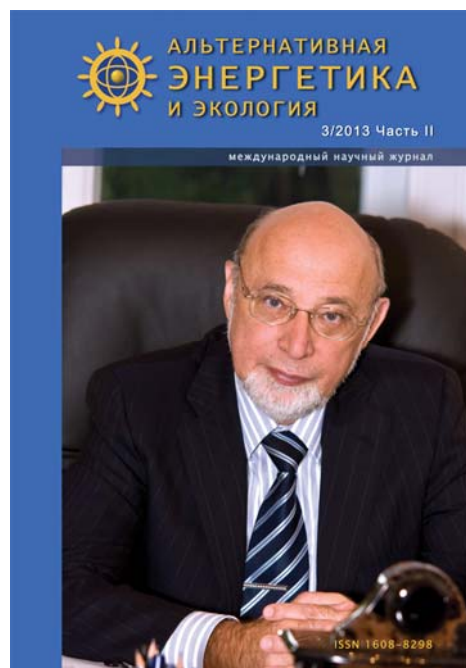
Для того чтобы получить доступ к подписным изданиям, необходимо зарегистрироваться на сервере eLIBRARY.RU и подписать Лицензионное соглашение, которое регламентирует порядок и правила работы и использования электронных ресурсов.

Заявки на подписку, вопросы, комментарии направляйте в отдел маркетинга и продаж

Тел.: 7 (495) 935 0101 Факс: 7 (495) 935 0002

Email: sales@elibrary.ru





ПОДПИСКА – 2015 на июль - декабрь по Объединенному каталогу «Пресса России»

На почте с апреля 2015 г. проводится
подписная кампания на

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»

по Объединенному каталогу Пресса России
«ПОДПИСКА-2015, второе полугодие»
индекс: **41935**

Условия оформления подписки
(аннотация, индексы, стоимость)
вы найдете в I томе каталога

**ТРЕБУЙТЕ ОБЪЕДИНЕННЫЙ КАТАЛОГ
НА ПОЧТЕ!**

Контактный номер телефона специалиста
по распространению (495) 661-20-30





ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAEE

Уважаемые коллеги!

Начинается подписка на второе полугодие 2015 г.

Наименование:

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

Индекс издания: ISSN1608-8298

Периодичность: выходит 2 раза в месяц

Объем издания (страниц): 200–270

Вид рассылки: адресный

Официальный сайт:

<http://isjaee.hydrogen.ru>

Подписка: через редакцию

или по каталогам: Роспечать,

МК-Периодика, Интерпочта и др.

Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» на 2015 год, заполнив извещение (форма ПД-4) и перечислив на счет НТЦ «ТАТА» сумму в соответствии с таблицами 1 и 2. Копию корешка извещения, пожалуйста, направьте по адресу:

НТЦ «ТАТА»

607183, Нижегородская обл., г. Саров, а/я 687

Генеральному директору А.Л.Гусеву

Пожалуйста, не забудьте в сопроводительном письме указать почтовый адрес получателя подписки.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте info@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

Извещение		Форма ПД-4
		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа) N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с 30101810200000000721 042204721 БИК
	Кассир	(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____
		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656/525401001 (ИНН получателя платежа) N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с 30101810200000000721 042204721 БИК
	Квитанция	(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____
	Кассир	

*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, порядковый номер и год выпуска журнала(ов), например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, 67-14, № 1-6 за 2004 г., или № 4 за 2002 г.





ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAEE

Продолжается подписка на «ЗОЛОТУЮ КОЛЛЕКЦИЮ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»
- 175-томник ISJAEE

Наименование:

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

Индекс издания: ISSN1608-8298

Периодичность: выходит 2 раза в месяц

Объем издания (страниц): 200–270

Вид рассылки: адресный

Официальный сайт:

<http://isjaee.hydrogen.ru>

Подписка: через редакцию

или по каталогам: Роспечать,

МК-Периодика, Интерпочта и др.

Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на «Золотую коллекцию», заполнив извещение (форма ПД-4) и перечислив на счет НТЦ «ТАТА» 42 000 руб. Копию корешка извещения, пожалуйста, направьте по адресу:

НТЦ «ТАТА»

607183, Нижегородская обл., г. Саров, а/я 687

Генеральному директору А.Л.Гусеву

Пожалуйста, не забудьте в сопроводительном письме указать почтовый адрес получателя подписки.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте info@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

Извещение		Форма ПД-4
		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа) N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) В ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с30101810200000000721 042204721 БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: 42_000_руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____
Кассир		Форма ПД-4
		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656/525401001 (ИНН получателя платежа) N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) В ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с30101810200000000721 042204721 БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: 42_000_руб. ____ коп. Платательщик (подпись) _____
Квитанция		
Кассир		

*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, «Золотая коллекция», например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, «Золотая коллекция».



Стоимость подписки для различных категорий подписчиков на 2015 год

Категория подписчиков	Цена, руб.	
	за полугодие	за год
Аспиранты	5000	10000
Пенсионеры	6000	12000
Физические лица	7500	15000
Малые предприятия	9000	18000
Вузы	10000	20000
Научно-исследовательские организации	12000	24000
Российские научные центры	12500	25000
Муниципальные библиотеки	13000	26000
Национальные библиотеки	14000	28000

Информация о плательщике: _____ (Ф.И.О., адрес плательщика) _____ (ИНН налогоплательщика) N _____ (номер лицевого счета (код) плательщика)	
Информация о плательщике: _____ (Ф.И.О., адрес плательщика) _____ (ИНН налогоплательщика) N _____ (номер лицевого счета (код) плательщика)	

В редакции журнала можно оформить подписку на любой номер, или полугодие, или коллекцию ISJAEE

ВНИМАНИЕ! По этой квитанции Вы можете оплатить как годовую подписку, так и отдельные номера нашего журнала за 2002–2013 гг.





SUBSCRIPTION-2015

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology

ISJAE

Dear Colleagues! Subscription for the year 2015 is available

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE)

ISSN 1608-8298

Periodicity: 2 times per month

Issue volume (pages): 200–270

Distribution: Address

Official site: <http://isjaee.hydrogen.ru>

Subscription: via editorial board and catalogue

Table 3

Subscription	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAE
Quarter	\$90	\$150	\$85	\$80
Half year	\$180	\$350	\$175	\$160
Annual	\$360	\$700	\$350	\$320

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to info@hydrogen.ru or by fax (83130) 6-31-07 mentioning the institution address.

ORDER FORM

To: Scientific Technical Centre «TATA»
P. O. Box 687
Sarov, Nizhnii Novgorod region 607183, Russia
Phone/Fax: +7 (83130) 6-31-07
Phone: +7 (83130) 9-74-72
E-mail: gusev@hydrogen.ru

Please, send me _____ copy/copies of “International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology”, ISSN 1608-8298 (_____ issues, 20__ year, _____ \$ (please, see Table 1), postage included)

Payments options

Our Bank details:

Beneficiary Name:	STC "Tata" LC INN5254022656
Beneficiary Address:	SAROV, RUSSIA
Beneficiary Tel:	+7 8313063107
Beneficiary Account Number:	ACC 40702840600000001680
Bank name	SAROVBUSINESSBANK
Bank Address:	SAROV, RUSSIA
Bank ABA:	SWIFT: SARORU2SXXX
Intermediary Bank Name:	DEUTSCHE BANK TRUST COMPANY AMERICAS SWIFT: BKTRUS33 METALLINVESTBANK SWIFT: SCBMRUMM
Intermediary Bank Address:	NEW YORK, USA,
Intermediary Bank ABA:	04457374

Details of payment: «International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology»

Name _____

Organization _____

Mailing Address _____

Number Building _____ Street _____

City _____ State _____

Postal code _____ Country _____

E-mail _____ Phone _____

Fax _____

Signed _____ Date _____





SUBSCRIPTION TO

Golden Collection of Hydrogen Energy

ISJAEE

Dear Colleagues! Subscription to **Golden Collection of Hydrogen Energy** is now available! The **Golden Collection of Hydrogen Energy** consists of 175 volumes of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)

ISSN 1608-8298

Number of volumes: 175

Official site: <http://isjaee.hydrogen.ru>

Distribution: Address

Subscription: via editorial board and catalogue Table 4

Order	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAEE
Golden Collection of Hydrogen Energy	800 USD	1000 USD	900 USD	900 USD

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to gusev@hydrogen.ru or by fax (83130) 6-31-07 mentioning the institution address.



ORDER FORM



Please, send me Golden Collection of Hydrogen Energy of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, ISSN 1608-8298 (160 volumes, _____ USD (please, see Table 4), postage included)

Payments options

I've arranged a bank transfer to:

STC «TATA» Limited

ACC: 40702840200001001681

BEN. BANK: SAROVBUSINESSBANK
SAROV, RUSSIA

CORR. ACC USD: 30109840300000000142

CORRESP. BANK: ALFA-BANK,

MOSCOW, RUSSIA, SWIFT: ALFARUMM

CORR. ACC USD: 400927098 with «CHASE MANHATTAN BANK», NEW YORK, N.Y.10004, USA. SWIFT: CHASUS33

Details of payment: «Golden Collection of Hydrogen Energy»

Name _____

Organization _____

Mailing Address _____

Number Building _____ Street _____

City _____ State _____

Postal code _____ Country _____

E-mail _____ Phone _____

Fax _____

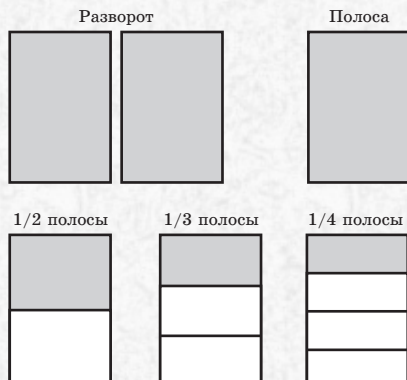
Signed _____ Date _____



РЕКЛАМА В МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ»

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» приглашает научные институты, организации и промышленные предприятия разместить информацию о конференциях, выставках, разрабатываемой и выпускаемой продукции в области альтернативной энергетики и экологии.

Площади рекламного модуля



Требования к макетам рекламных модулей, изготовленных заказчиком

Макет рекламного модуля должен иметь размер, соответствующий размеру печатного оттиска. Форматы макетов: растровый — TIFF (см. требования), векторный — Corel Draw (см. требования). Использование редактора Microsoft Word для проектирования макетов рекламных модулей не допускается.

Допускается предоставление макета модуля (кроме обложки) в формате Adobe PageMaker версий 6.0, 6.5, 7.0. В этом случае должны предоставляться все связанные элементы, а также все используемые шрифты.

Требования к исходным рекламным материалам

Все элементы рекламного модуля (иллюстрации, логотипы, текст и др.) предоставляются в отдельных файлах.

1. Текст

Текст набирается гарнитурой Times New Roman, кегль 14, интервал полутонный. Допускается выделение важной информации полужирным начертанием. Формат Microsoft Word for Windows.

Использование OLE-объектов (графики, слайды презентаций, диаграммы в формате Microsoft Excel, результаты вычислений в математических и иных, в том числе собственных программах) в документах не допускается. Такие объекты присылаются в формате исходной программы и дублируются изображением (см. требования к иллюстрациям).

Использование дополнительных шрифтов (например, логотип выполнен специфической гарнитурой) оговаривается дополнительно. В этом случае предоставляется файл, содержащий начертание букв в формате TTF. Использование PS-шрифтов не допускается.

2. Иллюстрации

Все иллюстрации, находящиеся в рекламном модуле, должны предоставляться в отдельных файлах в форматах TIFF или BMP. Не допускается использование многослойных изображений. Черно-белые изображения должны быть в модели Grayscale. Цветные (обложка) — в модели CMYK. Все ч/б растровые изображения должны иметь разрешение 200 dpi, цветные — 250–400 dpi.

Для векторных изображений предпочтительным является использование формата Corel Draw (*.cdr) до версии 12.0 включительно.

Все встроенные эффекты (линзы, текстурные заливки, тени и т.д.) должны быть переведены в растровое изображение (bitmap). Векторные эффекты (Extrude, Envelope, Contour, Add Perspective, Blend, Distortion, Artistic media) должны быть преобразованы в кривые. Все текстовые объекты должны быть переведены в кривые. Размещение растровых рисунков в документе Corel Draw не допускается.

Стоимость размещения рекламных модулей

Объем рекламного модуля	Технические параметры	Цена публикации в одном номере (руб.)
Обложка (полноцветная)	285x205 мм	300 000
2-я или 3-я страницы обложки (полноцветная)	285x205 мм	25 000
Полный разворот на две полосы*	257x336 мм	10 000
Полная полоса 1/1*	257x168 мм	5 000
1/2 Полосы*	128x168 мм	5 000
1/3 Полосы*	85x168 мм	2 000
1/4 Полосы*	64x168 мм	1 000
СИСТЕМА СКИДОК		
При публикации в 2-3 номерах		10%
При публикации в 4-6 номерах		15%
При публикации в 7-9 номерах		20%
При публикации в 10-12 номерах		50%

Для заказа рекламной площади и получения счета необходимо заполнить форму заявки и отправить ее по адресу gusev@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07.

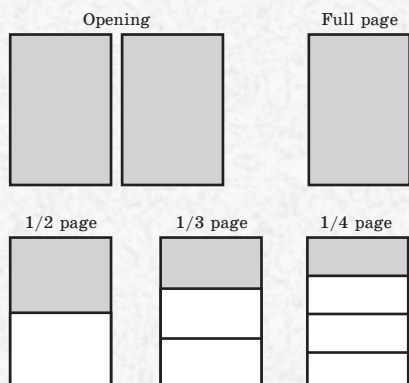
Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных объявлений.



ADVERTISEMENT IN INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

The International scientific journal "Alternative energy and economy" invites scientific institutes, organizations and industrial enterprises to place advertisements on conferences, exhibitions, designed and production products in the field of alternative energy and ecology.

Spaces for advertisement module



General information on lay-outs of advertisement modules fabricated by a customer

The lay-out of an advertisement module is to have the dimension in accordance with that of a print. Lay-out formats: raster — TIFF (see General information), vector — Corel Draw (see General information). The use of Microsoft Word editor to design lay-outs of advertisement modules is not allowed.

The module lay-out (except the cover) in the format of 6.0, 6.5, 7.0 Adobe Pagemaker versions is allowed to be provided. In this case, all combined elements, and also all available fonts that are not included in the Microsoft Windows structure are to be provided.

Information on original advertisements

All elements of the advertisement module (illustrations, symbols, text, etc.) have to be put in individual files.

1. Text

Text is has to be composed by Times New Roman types, font 14, print interval: one and a half. Important information can be printed in italics. Format — Microsoft Word for Windows.

OLE-objects (graphs, presentation slides, diagrams in Microsoft Excel format, results of computations in mathematical and others including own programmes) are not allowed in documents. The objects as such are required to be sent in original programme format, and are copied by illustrations (see General information on illustrations).

The use of additional fonts (for example, a symbol is given by a specific type) is additionally specified. In this case, a file containing letter design in TTF format. PS-fonts is not allowed.

2. Illustrations

All illustrations available in the advertisement module are to be displayed in TIFF or BMP formats. Multilayer displays are not allowed. Black-and white displays are to be used in Grayscale model. Coloured displays (cover) are in CMYK model. All black-and-white raster displays are to be of resolution of 200 dpi, colour — of 250–400 dpi.

The use of Corel Draw (*.cdr) format to 12 version inclusive is considered to be advantageous for vector display.

All incorporated effects (lenses, texture fillings, shadows, etc.) are to be converted to raster display (bitmap). Vector effects (Extrude, Envelope, Contour, Add Perspective, Blend, Distortion, Artistic media) are to be transformed to curves. All text objects are to be converted to curves. Raster figures are not allowed to be placed in Corel Draw document.

Advertisement space price

Advertisement module space	Technical parameters	Publication price in one issue (\$US)
1 st page of the cover (full-coloured)	160x145 mm	10000
Full opening in two pages	257x336 mm	1000
2 nd or 3 ^d pages of the cover (full-coloured)	257x168 mm	300
Full page	128x168 mm	200
1/2 page	85x168 mm	200
1/3 page	64x168 mm	60
1/4 page	64x168 mm	30
Price rebate		
When published in 2-3 issues		5%
When published in 4-6 issues		7%
When published in 7-9 issues		10%
When published in 10-12 issues		15%

To order an advertisement space and make up a bill, please fill in an order form and send it using the following address: gusev@hydrogen.ru or by fax +7 (83130) 6-31-07.

The editorial board reserves the right to choose advertisements entered.





607183, Россия, Нижегородская обл., Саров, а/я 683, 687, НТЦ «ТАТА»
Главному редактору Гусеву Александру Леонидовичу
Тел.: 8 (83130) 63107, 94472, 90708, 91846; факс: 8 (83130) 63107; 90708
E-mail: gusev@hydrogen.ru, <http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>
Для справок E-mail: info@hydrogen.ru

To Alexander L. Gusev, Editor-in-Chief
Scientific Technical Centre "TATA", P.O.B. 683 or 687, Sarov, Nizhni Novgorod region, 607183, Russia
Phone: +7 (83130) 63107, 94472; fax: +7 (83130) 63107; 90708
E-mail: gusev@hydrogen.ru, <http://isjaee.hydrogen.ru>, <http://www.hydrogen.ru>
Information: E-mail: info@hydrogen.ru

*Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»*
Подписано в печать 03.07.2015 г.
Формат 60×84/8 Тираж 5000 экз.
Цена договорная

*Журнал включен в каталог «Роспечать» (индекс 10337 «Альтернативная энергетика и экология») и
Объединенный каталог «Пресса России. Российские
и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935
«Альтернативная энергетика и экология»).*

