



ISJAE

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

№ 17-18
(181-182)
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 ISJAE

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 («Южгтеопло», Краснодар, Россия)

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

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 ISJAE

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 ISJAE

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.В. Куршева, канд. хим. наук (НТЦ «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. Лунина, 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 (РНЦ «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 ISJAE

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 ISJAE

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. Трутнев, акад. РАН (РФЯЦ – ВНИИЭФ, Саров, Россия), зам. главного редактора ISJAE

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

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

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 ISJAE

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

Импакт-фактор РИНЦ с учетом переводной версии (2014) – 0,577; двухлетний импакт-фактор РИНЦ (2014) – 0,555.

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 - 835. Индекс Хирша за 10 лет - 10; индекс Херфиндала по организациям авторов - 261

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 ВИНИТИ.

Журнал включен в каталог: "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 № ФС77-21881) 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.



ISJAE

№ 17-18
(181-182)
2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»
© Научно-технический центр «ТАТА», 2015



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

B.N. Kuzik, 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)

Impact Factor of Russian Science Citation Index (2014) together the translated version is 0,577. Two-year Impact Factor of Russian Science Citation Index (2014) - 0,555. h-index for 10 years - 10. Herfindahl index of the authors' organizations - 261.

The journal is registered in UNESCO in ISSN International Centre in 2000 (key title: "Al'ternativnaâ energetika i ekologîâ", abbreviated key title: "Al'tern. energ. ecol."), 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. Vernadskyi 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 reverence 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 into 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. 251-264 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. 251-264 по закрепленным тематическим направлениям и тематическим секциям

СОВЕТ ЭКСПЕРТОВ

Председатель: А.Л.Гусев

Сопредседатели:

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмагилов

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)

М Е М О Р И А Л

Я.Б. Данилевич
А.В. Елютин
С.П. Капица
В.И. Куприянов
А.А. Макаров
С.П. Малышенко
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 251-264

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 251-264

EXPERTS BOARD

Chairman: A.L.Gusev

Co-Chairmans:

Б.П.Тарасов, З.Р.Исмагилов
Р.А.Амерханов (Russia, Krasnodar)
Л.Ф.Беловодский (Russia, Sarov)
А.М.Домашенко (Russia, Balashikha)
А.Г.Галеев (Russia, Sergiev Posad)
Е.А.Гудилин (Russia, Moscow)
В.А.Хуснутдинов (Russia, Moscow)
О.С.Попель (Russia, Moscow)

М Е М О Р И А Л

Ya.B. Danilevich
A.V. Elyutin
S.P. Kapitza
V.I. Kupriyanov
A.A. Makarov
S.P. Malysenko
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, Черногловка)
Г.И.Исаков (Азербайджан, Баку)
З.Р.Исмагилов (Россия, Новосибирск)
Ф.Караосманоглу (Турция, Стамбул)
Я.Клеперис (Латвия, Рига)
Ю.С.Нечаев (Россия, Москва)
А.Т.Пономаренко (Россия, Москва)
О.С.Попель (Россия, Москва)
Л.В.Спивак (Россия, Пермь)
Б.В.Спицын (Россия, Москва)
А.Я.Столяревский (Россия, Москва)
Е.М.Тарараева (Россия, Москва)
Б.П.Тарасов (Россия, Черногловка)
Г.Л.Хорасанов (Россия, Обнинск)
М.Д.Хэмптон (США, Орlando)
Ю.М.Шульга (Россия, Черногловка)
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)
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



Borkov 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



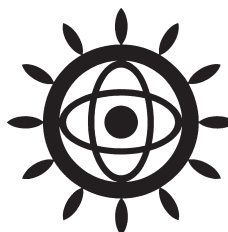
Scientific
Electronic Library

Научно-
технический
центр «ТАТА»

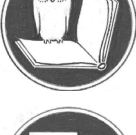


Scientific Technical
Centre "TATA"

В ЭТОМ НОМЕРЕ

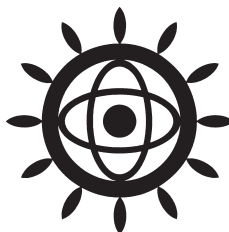


IN THIS ISSUE

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

Вступительное слово Главного редактора Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» <i>А.Л. Гусева</i>	14
---	----

Поздравления

<i>Фоменко В.В.</i> , управляющего директора ОАО «Волжский азотно-кислородный завод»	15
<i>Кушнерова А.В.</i> , зам. гендиректора – директора филиала ПАО «МРСК Юга» – «Волгоградэнерго»	16
<i>Бологова С.Н.</i> , директора филиала ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»	17
<i>Зимина М.Ю.</i> , генерального директора ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»	17
<i>Гольцова В.А.</i> , зав. кафедрой физики, научного руководителя лаборатории Донецкого НТУ ..	18
<i>Елистратова В.В.</i> , директора НОЦ «Возобновляемые источники энергии» СПбГПУ	19
Предисловие директора Волжского филиала НИУ «МЭИ» <i>М.М. Султанова</i>	20

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Солнечная энергия

<i>Капля Е.В.</i> Энергоэффективное терминальное управление сервоприводами солнечных модулей	24
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.001	

Ветроэнергетика

<i>Капля Е.В.</i> Результаты экспериментальных исследований частоты вращения двойного горизонтально-осевого ветроколеса	30
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.002	
<i>Лятхер В.М.</i> Крупнейшие ветроагрегаты на земле или в море	34
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.003	
<i>Ерохин Ф.А.</i> Исследование горизонтально-осевой трехлопастной ветроэнергетической установки	38
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.004	
<i>Капля Е.В.</i> Параметрическое обобщение логистического закона распределения в статистическом анализе динамики направления ветра	42
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.005	

Геотермальная энергетика

<i>Шамигулов П.В., Дорошенко Е.В.</i> Определение оптимальной глубины закладки горизонтального теплообменника теплового насоса	48
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.006	
<i>Ерохин Ф.А., Болдырев И.А.</i> Эксплуатация и управление теплонасосной установкой типа «грунт-вода» филиала МЭИ в г. Волжском	54
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.007	

ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА

<i>Терентьев Г.Ф., Курьянова Е.В., Курьянов В.Н., Султанов М.М.</i> Результаты экспериментальных исследований получения водорода в системе «алюминий + щелочь»	59
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.008	

<i>Терещук В.С.</i> Неравновесные процессы в гидридах металлов	64
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.009	
<i>Терентьев Г.Ф., Курьянова Е.В., Курьянов В.Н., Султанов М.М.</i> Экспериментальные исследования получения устойчивых суспензий алюминия в воде на основе загустителя агар-агар	70
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.010	
<i>Жиров Г.И., Гольцова М.В.</i> Особенности развития прямых $\alpha \rightarrow \beta$ гидридных превращений в районе купола двухфазной области системы Pd-H	74
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.011	
<i>Гольцова М.В.</i> Об особой роли внутренних напряжений, индуцированных водородом в металлах: экспериментальные подтверждения	82
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.012	

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Гарелина С.А., Гусев А.Л., Захарян Р.А., Казарян М.А., Лукин Б.С., Феофанов И.Н.</i> Опыт применения данных дифференциально-термического анализа для снижения внутренних напряжений при полимеризации клеев, пригодных для сборки электронно-механических приборов	93
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.013	
<i>Кульков В.Г., Кулькова В.В.</i> Зернограничное внутреннее трение в пористом ультрамелкозернистом материале	100
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.014	

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭЭ

<i>Шевчук В.П., Шаровина С.О.</i> Исследование эффективности адаптивного управления температурным профилем ректификационной колонны	105
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.015	
<i>Машков А.В.</i> К вопросу приближенного расчета поля температур в стенке эллиптического цилиндра постоянной толщины вариационным методом	112
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.016	
<i>Ершов Н.В., Машков А.В.</i> Исследование возможности прогнозирования удельных расходов условного топлива на тепловых электрических станциях с использованием статистических методов	119
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.017	
<i>Иваницкий М.С., Грига А.Д., Благодичнов А.В.</i> Новая схема эффективной газопаровой установки	123
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.018	
<i>Кузеванов В.С., Султанов М.М.</i> О распределении нагрузки между энергоблоками с разными видами органического топлива	128
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.019	

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Энергетика и экология

<i>Трохимчук М.В., Трохимчук К.А.</i> О загрязнении воздушной среды городских территорий при земляных работах	133
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.020	
<i>Иваницкий М.С.</i> Корреляционный анализ взаимного влияния оксидов азота, углерода и бенз(а)пирена на суммарную токсичность уходящих газов котлов ТЭЦ: Часть 1. Энергетические котлы большой мощности	138
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.021	



<i>Иваницкий М.С.</i> Корреляционный анализ взаимного влияния оксидов азота, углерода и бенз(а)пирена на суммарную токсичность уходящих газов котлов ТЭЦ: Часть 2. Котлы малой тепловой мощности	143
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.022	
<i>Грига А.Д., Иваницкий М.С.</i> Суммарная токсичность продуктов сгорания при работе пылеугольных котлов ТЭЦ	148
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.023	
<i>Иваницкий М.С.</i> Образование бенз(а)пирена при горении мазута в топке котла	153
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.024	
<i>Одоевцева М.В., Чекунов С.С., Громова И.В.</i> Оценка эффективности применения комбинированной схемы переработки засолённых стоков.	158
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.025	

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Иваницкий М.С., Грига С.А., Грига А.Д.</i> Перспективное бизнес-направление – получение товарных продуктов из золошлаков	162
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.026	
<i>Терентьев Г.Ф., Папуша А.И.</i> Концепция экоэнергетических региональных и межрегиональных проектов на базе отечественной конверсионной разработки	167
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.027	
<i>Иванникова Е.М., Систер В.Г., Василенко А.П., Кольцова Е.С., Иванникова Ю.М.</i> Возобновляемые источники энергии в Российской Федерации и поддержка государства ...	172
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.028	

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ

Информационные технологии

<i>Шестопалова Т.А., Болдырев И.А., Смирнов А.А.</i> Система управления комплексом альтернативных источников энергии с прогнозированием состояния	176
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.029	

ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Проблемы нефтегазовой и угольной промышленности

<i>Терентьев Г.Ф., Иваницкий М.С., Султанов М.М., Курьянова Е.В.</i> Результаты экспериментальных исследований водонефтекоксового топлива	181
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.030	

ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ

Акция «Архивные номера журнала - РАСПРОДАЖА»	185
--	-----

Биографии ученых

Ассоциация профессоров ВФ МЭИ	186
-------------------------------------	-----



Международные научные конференции

4-я Международная школа-конференция по катализу для молодых ученых «Проектирование катализаторов: от молекулярного до промышленного уровня»	194
HYPOTHESIS-2015	199
XXIII международная конференция «Релаксационные явления в твердых телах», посвященная 100-летию со дня рождения В.С. Постникова	200
8-й международный семинар по физике сегнетоэластиков	201
8-я Российская конференция «Радиохимия-2015»	202

Рекламные материалы

Научно-технический центр «ТАТА» поставяет заказчикам ГРАФЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO) в виде порошка, водной суспензии, пасты	204
--	-----

Интеллектуальная собственность

Патенты Волжского филиала НИУ «МЭИ»	212
<i>Зорина Ю.Г., Фокин Г.В.</i> Дворцовые тайны ноу-хау	216

Энциклопедия альтернативной энергетики. Термины и определения

<i>Якимович Е.В.</i> Английские неологизмы в немецкой терминологии альтернативной энергетики	221
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.031	
<i>Опара А.А.</i> Динамика функционирования концепта «солнечная энергетика» в русской лингвокультуре... ..	228
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.032	
Тематика журнала	251

На 1-й стр. обложки: Специальный выпуск, посвященный 20-летию Волжского филиала МЭИ.

Импакт-фактор РИНЦ с учетом переводной версии (2014) – 0,577; двухлетний импакт-фактор РИНЦ (2014) – 0,555.
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 ВИНИТИ, 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

Gusev A.L.

Opening remarks by the Chief Editor of the International Scientific Journal «Alternative Energy and Ecology»	14
---	----

Congratulations

<i>Fomenko V. V.</i> , Managing Director of JSC «Volzhsky nitrogen-oxygen plant»	15
<i>Kushnerov A. V.</i> , Deputy General Director - Director of the branch of PJSC «IDGC of South» - «Volgogradenergo»	16
<i>Bologov S.N.</i> , Director of the branch of PJSC «RusHydro» - «Volzhskaya GES»	17
<i>Zimin M.U.</i> , Director General of LLC «LUKOIL-Volgogradenergo»	17
<i>Goltsov V.A.</i> , Chairman of Physics Department and Head of Laboratory of the Donetsk NTU	18
<i>Elistratov V.V.</i> , Director SEC «Renewables» SPbSPU	19
<i>Sultanov M.M.</i> Preface Director of the Volzhsky branch of NRU «MPEI»	20

RENEWABLE ENERGY

Solar energy

<i>Kaplya E.V.</i> Energy efficient terminal control by the solar servo module	24
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.001	

Wind energy

<i>Kaplya E.V.</i> The results of experimental research on the rotation frequency of dual horizontal-axis wind rotors	30
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.002	
<i>Lyatkher V.M.</i> The largest open windmills on the ground or sea	34
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.003	
<i>Erokhin F.A.</i> Researches of horizontal axes three-blades wind turbine	38
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.004	
<i>Kaplya E.V.</i> The parametric generalization of the logistic distribution in the statistical analysis of the dynamics of wind direction	42
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.005	

Geothermal energy

<i>Shamigulov P.V., Doroshenko E.V.</i> Determining of the optimal placement depth for a horizontal heat exchanger of a heat pump ...	48
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.006	
<i>Erokhin F.A., Boldyrev I.A.</i> Operating and control of «ground-water» heat pump in Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»	54
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.007	

HYDROGEN ECONOMY

<i>Terentyev G.F., Kuryanova E.V., Kuryanov V.N., Sultanov M.M.</i> Results of experimental studies production of hydrogen in the system of «aluminum + alkaline» ..	59
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.008	



<i>Tereshchuk V.S.</i> Non-equilibrium processes in metal hydride.	64
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.009	
<i>Terentyev G.F., Kuryanova E.V., Kuryanov V.N., Sultanov M.M.</i> Experimental studies for producing stable suspension aluminum in water based on thickener agar-agar	70
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.010	
<i>Zhirov G.I., Goltsova M.V.</i> Peculiarities of direct $\alpha \rightarrow \beta$ hydride transformations evolution near cupola of two-phase region of Pd-H system	74
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.011	
<i>Goltsova M.V.</i> On the special role of internal stresses, induced with hydrogen in metals: experimental evidences	82
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.012	

STRUCTURAL MATERIALS

<i>Garelina S.A., Gysev A.L., Zakharyan R.A., Kazaryan M.A., Lunin B.S., Feofanov I.N.</i> Experience of application of data differential thermal analysis to reduce internal stresses during polymerization of adhesives, suitable for the assembly of electro-mechanical devices	93
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.013	
<i>Kul'kov V.G., Kul'kova V.V.</i> The grain boundary internal friction in a porous ultra-fine grained material	100
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.014	

THERMODYNAMIC BASICS OF AEE

<i>Shevchuk V.P., Sharovina S.O.</i> Researching of the effectiveness of the adaptive control of the temperature profile of the distillation column	105
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.015	
<i>Mashkov A.V.</i> To a question of approximate calculations of a stationary field of temperatures in a wall of the elliptic cylinder of equal thickness by a variations method	112
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.016	
<i>Yershov N.V., Mashkov A.V.</i> Study the possibility of predicting specific consumption of conditional fuel in thermal power plants using statistical methods	119
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.017	
<i>Ivanitskii M.S., Griga A.D., Blagochinnov A.V.</i> The new scheme effective gas-steam installation	123
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.018	
<i>Kuzevanov V.S., Sultanov M.M.</i> About distribution of loads between power units with different types of organic fuel	128
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.019	

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY

Energy and ecology

<i>Trokhimchuk M.V., Trokhimchuk K.A.</i> About air environment pollution of urban territory during excavation	133
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.020	
<i>Ivanitskii M.S.</i> Correlation analysis of the mutual influence of oxides of nitrogen, carbon and benz(a)pyrene in the total toxicity of exhaust gases of boilers CHP: Part 1. Energy great power boilers	138
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.021	

Ivanitskii M.S.

Correlation analysis of the mutual influence of oxides of nitrogen, carbon and benz(a)pyrene in the total toxicity of exhaust gases of boilers CHP: Part 2. Boilers of small thermal power 143
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.022

Griga A.D., Ivanitskii M.S.

The total toxicity of products of combustion during operation of coal-fired boilers CHP 148
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.023

Ivanitskii M.S.

The formation of benz(a)pyrene in the combustion of fuel oil in the boiler furnace 153
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.024

Odoevtseva M.V., Chekunov S.S., Gromova I.V.

Assessment of efficiency of application of the combined scheme of treatment of salted drains ... 158
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.025

ECONOMIC ASPECTS OF AEE

Ivanitskii M.S., Griga S.A., Griga A.D.

Promising business direction is the marketable product of ash and slag 162
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.026

Terentyev G.F., Papusha A.I.

Concept ecoenergy regional and interregional projects based on domestic conversion development 167
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.027

Ivannikova E.M., Sister V.G., Vasilenko A.P., Koltsova E.S., Ivannikova Yu.M.

Renewables in the Russian Federation and support of the state 172
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.028

INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION

Information technologies (IT)

Shestopalova T.A., Boldyrev I.A., Smirnov A.A.

Control system of alternative energy sources with prediction of a condition 176
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.029

PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX

Problems of oil, gas, and coal industry

Terentyev G.A., Ivanitskii M.S., Sultanov M.M., Kuryanova E.V.

The results of experimental studies petroleum coke fuel 181
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.030

INFORMATION FOR AEE

Action «Archive issues of the journal - SALE» 185

Prominent scientists' biographies

The Association of professors Volzhsky Branch of the National Research University

«Moscow Power Engineering Institute» 186



International scientific conference

4 th International School-Conference on Catalysis for young Scientists «Catalyst design: from molecular to industrial level»	194
HYPOTHESIS-2015	199
XXIII International Conference «Relaxation phenomena in solids», dedicated to the 100th anniversary of V.S. Postnikov	200
International seminar on Ferroelastics Physics	201
8 th Russian conference «Radiochemistry-2015»	202

Advertising matters

Scientific Technical Centre «TATA» (Russia) delivers GRAPHENE MATERIALS: graphene oxid, reduced graphene oxid (RGO) in the powder, aqueous suspension, and paste forms	204
--	-----

Intellectual property

Patents Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»	212
Zorina Yu.G., Fokin G.V. Palace mysteries of know-how	216

Encyclopedia of renewable energy. Terms and definitions

Yakimovich E.V. English neologisms in German terminology of alternative energy	221
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.031	
Opava A.A. Dynamics of functioning of the concept “solar power engineering” in Russian language and culture	228
doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.032	
Topics	251

1st page of cover: Special issue devoted to the 20th anniversary of Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»

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 Zelyulina (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)



**ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО
К СПЕЦИАЛЬНОМУ ВЫПУСКУ,
ПОСВЯЩЕННОМУ 20-ЛЕТИЮ ВФ МЭИ**

*Уважаемые авторы и читатели
Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»!*



Рад представить вашему вниманию Спецвыпуск Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», посвященный Филиалу МЭИ в г. Волжском, который является лидирующим вузом региона по подготовке инженеров-энергетиков.

Волжский филиал МЭИ свою историю ведет с 1995 г. и в этом году отмечает 20-летие.

В филиале МЭИ в г. Волжском под руководством профессора В.С. Кузванова создан уникальный полигон для исследования эффективности функционирования комбинации нетрадиционных и возобновляемых источников электрической и тепловой энер-

гии, который также называют зеленым исследовательским полигоном (ЗИП). Данный проект был осуществлен при финансовой поддержке Минобрнауки РФ и по степени интеграции не имеет аналогов в Волгоградской области.

Высокое качество образования, получаемое студентами ВФ МЭИ, достигается за счет использования ресурсов головного вуза, наличия развитой материально-технической базы (собственные лаборатории, библиотека), сотрудничества вуза с ведущими компаниями региона, собственной научной школы, высокой квалификации профессорско-преподавательского состава.

В этом Спецвыпуске представлены работы ведущих ученых и преподавателей ВФ МЭИ.

От имени Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» поздравляю Волжский Филиал МЭИ с юбилеем – 20-летием со дня образования и желаю дальнейших успехов на научном и образовательном поприще во благо России.

С наилучшими пожеланиями,
Главный редактор Международного научного журнала
«Альтернативная энергетика и экология»
А.Л. Гусев



ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Уважаемый Махсуд Мансурович!



От всего коллектива ОАО «Волжский азотно-кислородный завод» поздравляю Вас и весь профессорско-преподавательский состав, сотрудников, студентов, аспирантов Вашего университета с 20-летним юбилеем!

За прошедшие годы Ваш университет добился очень многого.

В стенах Вашего учебного заведения постоянно ведется напряженный научный поиск. Верность традициям, стремление к инновационному развитию и умение откликаться на веяния времени позволяют Вам оставаться одним из лучших вузов страны.

Сегодня профессорско-преподавательский состав, обладающий богатым опытом, интеллектуальным потенциалом и огромной созидательной энергией, свои знания, силы и богатый жизненный опыт направляет на обучение специалистов, способных умело и эффективно решать поставленные задачи в интересах дальнейшего процветания новой России, ведет целенаправленную работу по внедрению в образовательный процесс передовых научных технологий.

Университет подготовил немало авторитетных и высококвалифицированных специалистов, обладающих ценными практическими навыками. Его выпускники являются специалистами международного уровня и в современных условиях вносят значимый вклад в динамичное социально-экономическое развитие страны!

От всей души желаем Вам и Вашим коллегам крепкого здоровья, дальнейшего процветания, высоких профессиональных достижений, успехов в педагогической и научной деятельности, новых открытий, смелых проектов и свершения творческих замыслов!

Управляющий директор
ОАО «Волжский азотно-кислородный завод»
В.В. Фоменко



**Уважаемые преподаватели, сотрудники, студенты и аспиранты
филиала Московского энергетического института в г. Волжском!**



Примите искренние поздравления от имени многотысячного коллектива «Волгоградэнерго» с 20-летием филиала!

С одной стороны, 20 лет для учебного заведения высшей школы – возраст юности. С другой, становление вашего вуза пришлось на непростые 90 годы, ставшие серьезным испытанием для страны и суровым экзаменом для ее вузов, сдали который далеко не все. Не просто выстояв, но и продемонстрировав уверенный рост и развитие на протяжении этих десятилетий, ваш филиал стал уважаемым членом сообщества, организовав систему высшего профессионального образования на уровне мировых стандартов.

И сегодня, несмотря на относительно молодой возраст, Волжский филиал МЭИ демонстрирует уверенные успехи в научной и преподавательской деятельности. За эти годы вы вместе со страной прошли трудный путь становления, создавая надежную кадровую опору для основы экономической отрасли страны – энергетики. Выпускники филиала МЭИ сегодня востребованы в Волжском, Волгограде, в Ленинградской области, Краснодарском крае, Москве и во многих других регионах России!

Сотрудничество Волгоградского филиала крупнейшей распределительной электросетевой компании юга России и Волжского филиала МЭИ строится на принципах взаимопонимания, глубоком уважении к деятельности друг друга. Мы, энергетики распределительного комплекса, как никто другой видим и ценим те усилия, которые ваш коллектив направляет на подготовку молодых специалистов, то неравнодушное отношение, с которым вы готовите специалистов, создаете практическую базу для изучения отрасли юными инженерными талантами, тот искренний энтузиазм, которым вы заражаете своих абитуриентов!

Сегодня на базе нашего предприятия в составе стройотрядов работают десятки ваших студентов – пытливых, заинтересованных, обладающих глубокими знаниями в отрасли – будущих профессионалов своего дела! И это лучше любых слов подтверждает, что ваш вклад в развитие энергетики и в подготовку высококвалифицированных кадров поистине неоценим.

Убежден, наше сотрудничество будет только укрепляться и вместе мы обеспечим все условия для развития нашей отрасли и экономики региона и страны!

Заместитель гендиректора – директор филиала
ПАО «МРСК Юга» – «Волгоградэнерго»
А.В. Кушнеров



Уважаемый Махсуд Мансурович!

Сердечно поздравляю коллектив, выпускников и студентов Волжского филиала ведущего энергетического вуза страны – Московского энергетического института с 20-летием со дня образования!

Все эти годы мы ведем плодотворное сотрудничество в сфере подготовки специалистов-энергетиков. С открытием профильного обучения по специальности «Гидроэлектростанции» институт стал настоящей кузницей кадров для предприятия. Сегодня на Волжской ГЭС трудятся 27 выпускников МЭИ. А это почти 10% численности персонала. Причем важно отметить, что подготовка специалистов начинается буквально со школьной скамьи по Концепции опережающего развития кадрового потенциала ПАО «РусГидро» «От Новой школы к рабочему месту».

Благодаря инициативе Волжского филиала МЭИ с 2014 года мы реализуем двухсторонний проект по повышению квалификации работников Волжской ГЭС «Качественное управление персоналом – стратегический ресурс развития». Это замечательная площадка для обсуждения текущих и перспективных проблем, связанных с управлением персоналом и организации активного диалога по вопросам управления человеческим капиталом на предприятии.

Желаю коллективу филиала МЭИ в городе Волжском творческих успехов в педагогической, научной и инженерной деятельности, а студентам хороших и прочных знаний!

Директор филиала
ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»
С.Н. Бологов

**Уважаемый Махсуд Мансурович!**

От имени коллектива ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» поздравляю Вас и сотрудников филиала МЭИ с 20-летием.

На протяжении 20 лет Волжский филиал является кузницей кадров для энергетики региона, для всей отрасли. Выпускники ВУЗа успешно работают в Волгоградской области, в России и за рубежом.

Качественная и эффективная подготовка филиала позволяет выпускать специалистов высокого уровня, готовых работать с высокотехнологичным оборудованием любой сложности.

Закономерно, что именно Ваш ВУЗ выбран как основное учебное заведение по подготовке и повышению квалификации персонала энергетического сегмента бизнеса Компании.

Уверен в дальнейшем развитии системы подготовки квалифицированных кадров для отрасли. Сегодня, когда государственная энергетическая политика направлена на обновление энерго мощностей, строительство новых энергоэффективных объектов, специалисты отрасли максимально востребованы.

Желаю процветания ВУЗу, новых творческих побед! Здоровья и благополучия преподавателям и студентам! Высокой энергии!

Генеральный директор
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»
М.Ю. Зимин





Внимательно изучив информацию о ВФ МЭИ и ознакомившись с содержанием специального выпуска Международного журнала «Альтернативная энергетика и экология», я считаю своим долгом, как член Научного совета журнала «АЭЭ», откликнуться на спецвыпуск широко известного энергетического журнала и на мини-юбилей ВФ МЭИ.

Прежде всего, я поздравляю коллектив ВФ МЭИ со знаменательной датой и осмелюсь высказать некие общие оценки и пожелания развивающемуся, еще очень молодому коллективу. При этом хочется подчеркнуть весьма хорошие современные результаты научной и педагогической деятельности этого вуза (читатели оценят этот момент по содержанию выпуска журнала), а также, и, может быть, главное – это молодость коллектива. Вот эти два важнейших момента хочется донести до читателей в первую очередь, поздравляя ВФ МЭИ.

Важно еще отметить, что ВФ МЭИ был рожден и находится под покровительством выдающегося вуза России: Московский энергетический институт – это замечательный российский научно-педагогический коллектив, пат-

риархии которого закладывали основы российской энергетической науки во всех практически значимых направлениях. Это хорошо известно и можно не повторять: у такого выдающегося «отца» должен со временем вырасти выдающийся «сын».

И хотя в поздравлениях не принято упоминать теневые стороны процесса развития науки, я все-таки не удержусь (ведь в науке я работаю более 50 лет) и посоветую коллективу ВФ МЭИ терпеливо и с достоинством укреплять свое место в науке и педагогике. Полезно всегда помнить показательный научно-исторический пример: Ньютон и Гук (несмотря на личные склоки) оказались оба правы в главном о природе света: это и волна, и поток частиц (теперь их называют фотонами).

Заканчивая свое мини-поздравление, еще раз повторю: ВЫ МОЛОДЫ! У ВАС ВСЕ ВПЕРЕДИ! УСПЕХОВ ВАМ!

Д-р техн. наук, зав. кафедрой физики,
научный руководитель Проблемной НИЛ
взаимодействия водорода с металлами и водородных технологий Донецкого НТУ,
академик МИА (Москва), почетный член Совета директоров МАВЭ (США),
профессор В.А. Гольцов



**Уважаемые авторы и читатели
Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»!**

Вашему вниманию представляется Специальный выпуск Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», посвященный 20-летию образования Филиала МЭИ в г. Волжском – городе энергетиков и строителей крупнейшей гидроэлектростанции в европейской части нашей страны – Волжской ГЭС.

На протяжении своей истории филиал активно занимался и занимается подготовкой и переподготовкой специалистов-энергетиков для региона Нижнего Поволжья.

Важнейшее значение для обеспечения высокого уровня выпускников имеет участие студентов в научно-исследовательской работе, участие студентов в конкурсах, олимпиадах, конференциях с результатами своих НИРС. В ВФ МЭИ на профильных кафедрах активно развивается научная работа по актуальным направлениям энергетики, среди которых можно выделить:

1. Исследование ресурсоэнергосберегающих технологий на основе возобновляемых источников энергии.
2. Теория и методы моделирования комплексной оценки эффективности инвестиций в развитие отраслей ресурсообеспечения.
3. Оптимизация режимов работы оборудования, в том числе с учетом экологических проблем (выбросы NO_x , CO , CH_x , бенз(а)пирена), применительно к котлам ТЭС, городским котельным.
4. Газотурбопаровая установка на базе дубль-блока ПГУ-ПУ.
5. Моделирование процессов управления автономной системой объектов нетрадиционной и возобновляемой энергетики
6. Разработка математических моделей, методов и алгоритмов управления группой объектов нетрадиционной и возобновляемой энергетики.
7. Разработка энергоэффективных технологий и методик локального энергоснабжения потребителей, разработка математических моделей построения оценок качества энергетических объектов.

Для развития ряда этих направлений в филиале под руководством профессора В.С. Кузеванова создан полигон для исследования эффективности работы энергокомплексов на базе ВИЭ, производящих электрическую и тепловую энергию. Данный проект был осуществлен при финансовой поддержке Минобрнауки РФ и не имеет аналогов в Волгоградской области. Хочу пожелать, чтобы результаты исследований, полученные на этом полигоне, более активно использовались в статьях и докладах студентов и аспирантов.

Большую роль в деле повышения квалификации преподавателей и специалистов играет Образовательный центр, который создан в филиале МЭИ в г. Волжском в 1999 г. Образовательный центр проводит обучение в соответствии с программами профессиональной переподготовки и повышения квалификации в интересах организаций-заказчиков и физических лиц. К участию в учебном процессе привлекаются высококвалифицированные специалисты промышленных предприятий и других организаций с учетом предложений заказчиков. Важное значение центра для региона можно подтвердить теми направлениями, по которым ведется переподготовка:

- подготовка специалистов промышленных предприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- проведение энергетических обследований с целью повышения энергетической эффективности и энергосбережения;
- оперативное управление основным оборудованием котельных и турбинных и электроцехов тепловых электрических станций;
- парогазовые и газотурбинные установки тепловых электрических станций;
- повышение эффективности, экономичности и безопасности тепломеханического оборудования в стационарных и переходных режимах эксплуатации ТЭС;
- повышение эффективности, экономичности и надежности эксплуатации энергетического оборудования промышленных предприятий;
- энергосбережение в системах электроснабжения.

В предлагаемом Вашему вниманию Специальном выпуске представлены статьи по актуальным направлениям развития тепло- и электроэнергетики, отражающие современный уровень научных исследований в ВФ МЭИ, которые, я уверен, будут востребованы студентами, аспирантами и научными сотрудниками, занимающимися в рассматриваемых сферах энергетики, и будут способствовать повышению авторитета журнала «Альтернативная энергетика и экология».

Председатель Совета по проблемам ВИЭ СПбЦентра РАН,
директор Центра «ВИЭ» СПбПУ Петра Великого,
д-р техн. наук, профессор, Заслуженный энергетик РФ
В.В. Елистратов



ПРЕДИСЛОВИЕ
К СПЕЦИАЛЬНОМУ ВЫПУСКУ,
ПОСВЯЩЕННОМУ 20-ЛЕТИЮ ВОЛЖСКОГО ФИЛИАЛА
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
"МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"

Уважаемые коллеги, друзья!



В 2015 г. филиал МЭИ в г. Волжском отмечает 20-летие со дня своего основания. Для меня, выпускника МЭИ, возглавлять филиал – огромная честь.

Филиал МЭИ в г. Волжском был образован в 1995 г. Необходимость создания филиала была вызвана нехваткой профессионально подготовленных кадров в энергетике Волгоградской области. Активную помощь в процессе становления филиала МЭИ оказали: мэр г. Волжского Григорий Григорьевич Кононов, ректор МЭИ Евгений Викторович Аметистов, проректор, ответственный за работу филиалов Валерий Витальевич Галактионов, генеральный директор ОАО «Волгоградэнерго» Валерий Сергеевич Жирков и директор Волжской ТЭЦ-1 Павел Петрович Раменский. Для руководства филиалом МЭИ в г. Волжском был приглашен профессионал своего дела Вячеслав Семенович Кузеванов.

Сегодня филиал МЭИ в г. Волжском – единственное высшее учебное заведение Южного региона, которое специализируется только на подготовке инженеров-энергетиков и является надежным поставщиком кадров энергетической отрасли не только для Волгоградской области, но и для других регионов РФ. Филиал МЭИ гордится своими выпускниками. За годы своей работы филиал МЭИ в г. Волжском выпустил около 2000 инженеров, 250 из которых получили дипломы с отличием. Обладая фундаментальными знаниями,

многие дипломированные специалисты МЭИ успешно продвигаются по карьерной лестнице и занимают руководящие должности.

В настоящий момент в филиале получают образование более 500 студентов. Учебный процесс обеспечивают 67 преподавателей, из них 9 докторов и 39 кандидатов наук. Многие преподаватели имеют почетные государственные звания.

Обучение в институте ведется по двум профильным направлениям – по программам бакалавриата: «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника». Студенты имеют возможность продолжить обучение в магистратуре филиала МЭИ в г. Волжском. В вузе открыта заочная форма обучения по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

Филиал МЭИ в г. Волжском активно взаимодействует с профильными предприятиями и компаниями региона: ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго», ОАО «РусГидро», ОАО «Российские сети». Студенты проходят профориентацию на предприятиях: ОАО «Волжский азотно-кислородный завод», ОАО «Волжский трубный завод», ОАО «Волжский абразивный завод», а также на предприятиях ФСК и МРСК Юга и в других организациях.

Наши партнеры:

- Администрация Волгоградской области;
- Администрация городского округа – город Волжский;
- ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»;
- ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»;
- ПАО «МРСК Юга» – «Волгоградэнерго»;
- ПАО «ФСК ЕЭС» – Магистральные электрические сети Центр;
- ПАО «МРСК Северного Кавказа»;



- ПАО «ИНТЕР РАО»;
- ПАО «РАО Энергетические системы Востока»;
- ПАО «МОЭСК»;
- ЗАО «Спецэнергомонтаж»;
- ПАО «Гидроремонт-ВКК»;
- Филиал ОАО «СО ЕЭС» ОДУ Юга;
- Филиал ПАО «СО ЕЭС» РДУ Энергосистемы Волгоградской области»;
- ОАО «Волжский азотно-кислородный завод»;
- АО «Волжский Трубный Завод»;
- МКП «Волжские межрайонные электросети»;
- Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета;
- Южно – Уральский государственный университет;
- Ивановский Энергетический университет;
- «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова» в г. Пятигорске Ставропольского края;
- «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»;
- ООО «СИБУР»;
- ПАО «ЦКБ Титан»;
- Клуб директоров по науке и инновациям (г. Москва);
- ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»;
- Координационный центр некоммерческого партнерства «Совет директоров предприятий и организаций Волгоградской области»;
- ООО «Центр Молекулярных технологий»;
- ООО «Энергосервис»;
- ООО «Волгоградский Выставочный центр»;
- ООО НПО «ВЭСТ»;
- ПАО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева»;
- ООО «Димрус»;
- ООО «Научно-производственное предприятие "СпецТек"»;
- ООО «Спецэнерго»;
- ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка»;
- ООО «Ассоциация ВАСТ»;
- ПТП «Поршень»;
- Филиал «ЭНЕКС» (ПАО) «Волгоградэнергосетьпроект»;
- Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология»;
- Редколлегия Международного научного журнала «Энергетик»;
- Редколлегия Международного научного журнала «Вести в электроэнергетике».

В филиале развивается дуальное образование: совмещение теоретической подготовки студентов с трудовой деятельностью на объектах энергетики и промышленности.

С 2013 г. совместно с ОАО «РусГидро» функционирует образовательная программа, включающая в себя энергоклассы для учащихся 10-11 классов, работает Клуб технического творчества школьников.

Особое место в филиале занимает активное развитие научной деятельности. В институте действует Научно-исследовательский отдел (НИО), организующий, контролирующий и учитывающий результаты научно-исследовательской деятельности филиала. В 2014-2015 учебном году создана ассоциация профессоров и студенческое научное общество.

Ежегодно на базе филиала проводятся научные конференции различного уровня, в том числе международные, посвященные проблемам и перспективам развития энергетики.

Головной институт – Московский энергетический институт, один из крупнейших технических университетов России в области энергетики, электротехники, электроники, информатики – также отметил в этом году свой юбилей – 85 лет со дня образования.

Связь МЭИ и филиала МЭИ в г. Волжском – генетическая, поскольку фундаментом для становления профильного института в Южном регионе в момент кадрового дефицита в инженерах-энергетиках послужили научно-учебная база и профессорско-преподавательский опыт головного вуза.

В институте осуществляется система высшего образования, соответствующая мировым стандартам.

Одним из показателей высокого уровня подготовки студентов является назначение им высоких стипендий Президента и Правительства РФ.

В филиале МЭИ три года подряд наблюдается рост количества студентов, номинирующихся на повышенные стипендии.

В этом учебном году высоких наград удостоены 9 человек, обучающихся по направлениям подготовки, соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики.

Большую роль в деле повышения квалификации преподавателей и специалистов играет Образовательный Центр, организующий обучение в соответствии с программами профессиональной переподготовки и повышения квалификации в интересах организаций-заказчиков и физических лиц. Учебный процесс проводит профессорско-преподавательский персонал с высоким уровнем теоретической и практической подготовки, обеспечивает учебный процесс учебно-вспомогательный персонал кафедр и учебных тренажерных центров.

В институте действуют 6 кафедр:

1. Автоматизация технологических процессов и производств (АТП).
2. Теплоэнергетика и теплотехника (ТЭ и ТТ).
3. Электроэнергетика и электротехника (ЭиЭ).
4. Высшая математика (ВМ).
5. Общая физика (ОФ).
6. Социально-гуманитарные науки (СГН).

Научная работа на кафедрах организована следующим образом:

Кафедра АТП

- Моделирование процессов управления автономной системой объектов нетрадиционной и возобновляемой энергетики по критериям эффективности.
- Разработка математических моделей, методов и алгоритмов управления группой объектов нетрадиционной и возобновляемой энергетики.
- Разработка интеллектуальных информационно-измерительных систем.
- Разработка математических моделей информационно-измерительных каналов обработки информации.
- Моделирование и оптимизация систем управления технологическими процессами.

Кафедра ТЭиТТ

- Исследование ресурсо-энергосберегающих технологий на основе возобновляемых источников энергии.
- Разработка базы данных вибропараметров оборудования автономных энергокомплексов.
- Теория и методы моделирования комплексной оценки эффективности инвестиций в развитие отраслей ресурсообеспечения.
- Классификация методов оценки эффективности инвестиций в развитие отраслей энергетического обеспечения.
- Проблемы экологии NO_x , CO , CH_x , бенз(а)-пирена, применительно к котлам ТЭС, городским котельным.
- Оптимизация режимов работы оборудования ТЭС.
- Газотурбопаровая установка на базе дубль-блока ПГУ-ПУ.

Кафедра ЭиЭ

- Проектирование электроэнергетических объектов сетевых комплексов и промышленных предприятий.
- Расчет потерь электрической энергии в границах балансовой принадлежности субъектов электроэнергетической системы.
- Оценка показателей качества электрической энергии.
- Оптимизация режимов работы оборудования электрических сетей.
- Разработка энергоэффективных технологий и методик локального энергоснабжения потребителей, разработка математических моделей построения оценок качества энергетических объектов.
- Диагностика объектов электросетевого комплекса.
- Моделирование и оптимизация систем релейной защиты и автоматики

Кафедра ВМ

- Исследования по распределению значений аддитивных функций вероятностными методами.
- Моделирование процессов потери устойчивости и критического равновесия, моделирование процессов разрушения в твердом теле.
- Научно-методическое обеспечение процесса реализации компетентностного подхода в техническом вузе.



Кафедра ОФ

- Математическое моделирование структурных релаксационных процессов на межзеренных границах в поликристаллических материалах.
- Атомные механизмы миграции границ зерен общего типа в металлах.
- Релаксационные свойства границ раздела в ультрамелкозернистых материалах.

Кафедра СГН

- Динамические процессы в современном социокультурном пространстве России.
- Способы оптимизации учебного процесса по дисциплинам социально-экономического цикла.
- Кафедра ИнЯз.
- Современная молодежная лингвокультура: концепты, дискурсивные жанры, коммуникативные стратегии и тактики.
- Исследование дискурсивно-концептологических характеристик русской, немецкой и английской лингвокультур.
- Терминологическая номинация и языки профессиональной коммуникации. Соотношение терминологических систем русского, немецкого и английского языков в области энергетики.

Ключевым вопросом в подготовке кадров для энергетики в филиале МЭИ в г. Волжском является трудоустройство выпускников.

Согласно статистике МЭИ, 90 процентов выпускников работают по специальности и востребованы на крупнейших энергетических и промышленных предприятиях региона и за его пределами.

Успешно складываются отношения филиала МЭИ с компаниями-партнерами в сфере профориентационной практики и трудоустройства для студентов. Недавно МЭИ и Филиал ОАО «Системный оператор ЕЭС» Объединенного диспетчерского управления Юга подписали соглашение об утверждении Астраханского регионального диспетчерского управления базой прохождения практик для студентов направления «Электроэнергетика». На Волжском трубном заводе рассматривался вопрос об использовании образовательного и научного потенциалов и опыта головного вуза – НИУ «МЭИ» и филиала в подготовке, переподготовке и повышении квалификации руководящих работников и специалистов ВТЗ.

Кроме этого, были обсуждены темы организации профориентационной практики для студентов на заводе, а также создания совместных проектов по вопросам энергосбережения и энергоэффективности.

Филиал МЭИ в г. Волжском входит в состав некоммерческого партнерства «Совет директоров предприятий и организаций Волгоградской области».

На базе филиала НИУ «МЭИ» в Волжском создан Единый центр инновационных технологий и образования в энергетике, т.н. энергетический кластер. Центр создан при содействии предприятий топливно-энергетического комплекса региона – ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго», ОАО «РусГидро», ОАО «МРСК Юга», – в которых уже действуют учебные центры института.

Единый Центр инновационных технологий и образования предполагает централизацию обучения и практики, максимальную модернизацию имеющегося технического парка института, расширение круга специализаций и дисциплин, с привлечением высококвалифицированных преподавателей, работу по конкретной для каждого предприятия программе подготовки специалистов.

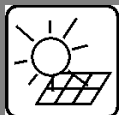
Филиал МЭИ в г. Волжском активно проводит конференции международного и российского уровня.

В сентябре 2014 г. в филиале МЭИ в г. Волжском проведена Пятая Всероссийская научно-практическая конференция: Ресурсоэнергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов. В 2015 г. была проведена XX Межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов г. Волжского. Планируется проведение Международной конференции в сентябре 2015 г.

Пользуясь случаем, приглашаю российские и зарубежные научные и образовательные учреждения к всестороннему сотрудничеству.

С уважением и наилучшими пожеланиями,
директор ВФ МЭИ
М.М. Султанов





СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

SOLAR ENERGY

СОЛНЕЧНЫЕ ГОРОДА

SOLAR CITIES

Статья поступила в редакцию 31.08.15. Ред. рег. № 2331

The article has entered in publishing office 31.08.15. Ed. reg. No. 2331

УДК 62-523.2

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕРМИНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
СЕРВОПРИВОДАМИ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ**

Е.В. Капля

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Получена новая формула, позволяющая вычислить оптимальную продолжительность поворота солнечного модуля. Установлена зависимость оптимальной по расходу энергии продолжительности поворота солнечного модуля от величины углового перемещения и параметров сервопривода. Увеличение углового перемещения приводит к увеличению оптимальной продолжительности поворота. Представлена новая структурная схема автоматизированного сервопривода модуля с блоком терминального управления. Для поворота солнечного модуля использован сервопривод с двигателем постоянного тока, червячной передачей и датчиком углового положения. Построены графики зависимости расхода энергии при терминальном управлении серводвигателем модуля от продолжительности поворота модуля. Оптимальная продолжительность поворота модуля соответствует минимуму энергетических затрат на процесс поворота.

Ключевые слова: солнечный модуль, солнечная электростанция, оптимальное потребление энергии, терминальное управление, оптимальная продолжительность, сервопривод, серводвигатель, двигатель постоянного тока.

ENERGY EFFICIENT TERMINAL CONTROL BY THE SOLAR SERVO MODULES

E.V. Kaplya

Volzhsky Branch of the National Research University
«Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The new formula that allows to compute the optimal duration of rotation of the solar module. The dependence of optimal consumption duration of rotation of the solar module on the magnitude of angular displacement and servo parameters. The increase in the angular displacement increases, the optimal duration of the rotation. Presents a new structural scheme of an automated servo module with the terminal control unit. To rotate the solar module used a servo with a DC motor, worm gear and a sensor of angular position. Plots of power consumption at terminal servo motor control module on the duration of rotation of the module. The optimal duration of rotation of the module corresponds to the minimum energy consumption for the turning process.

Keywords: solar module, solar power plant, optimal consumption energy, terminal control, fixed-time control, optimal termination time, optimal duration, servo-driver, servo motor, DC motor.



Егор Викторович
Капля
Egor V. Kaplya

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» ВФ МЭИ, ведущий научный сотрудник лаборатории диагностики и прогнозирования.

Образование: Волгоградский государственный технический университет (2000).

Область научных интересов: энергетика, автоматизация.

Публикации: 62.

Information about the author: candidate of physical and mathematical sciences, docent faculty «Automation of technological processes and productions» of the Volgzhky branch of Moscow power institute, leading researcher in laboratory of diagnostics and prediction of the Volgzhky branch of Moscow power institute.

Education: Volgograd State Technical University (2000).

Research area: power engineering, automation.

Publications: 62.

Введение

Современные солнечные электростанции (СЭС) – сложные автоматизированные объекты энергетики. Повышение энергоэффективности СЭС достигается совершенствованием фотоприемных устройств, использованием автоматических систем позиционирования и оптимизацией процессов управления системами позиционирования модулей [1-4]. Создание устойчивых, надежных и энергетически экономичных автоматизированных систем позиционирования солнечных модулей является перспективной задачей.

Автоматическое позиционирование фотоэлектрических модулей, гелиостатов и параболоцилиндрических концентраторов обычно осуществляют с помощью электродвигателей. В современных СЭС каждый модуль имеет индивидуальный сервопривод с контроллером (управляющим устройством).

Редуктор с червячной передачей позволяет исключить возможность прокручивания солнечного модуля под действием воздушного потока и собственного веса модуля. Для поворота солнечных модулей можно использовать сервопривод с двигателем постоянного тока (ДПТ), червячной передачей и датчиком углового положения. При угловом позиционировании солнечных модулей с помощью ДПТ целесообразно использовать систему терминального управления. Терминальное управление сервоприводом реализуется на конечном отрезке времени [5-7]. При заданных энергетических ресурсах исполнительных элементов системы минимально допустимое значение T продолжительности поворота солнечного модуля зависит от начальных и конечных условий. От продолжительности поворота зависят требуемые значения сил, осуществляющих движение, и количество затраченной энергии. Поиск аналитических выражений, позволяющих определить оптимальное значение T , – актуальная задача, которую целесообразно решить для оптимизации систем позиционирования.

Цели исследования:

1. Анализ зависимости энергии, затраченной сервоприводом на заданное угловое перемещение солнечного модуля, от продолжительности поворота модуля.

2. Формулировка выражения, определяющего оптимальную (по расходу электроэнергии) продолжительность поворота солнечного модуля.

Геометрия задачи поворота солнечного модуля

Поворот солнечного модуля вокруг горизонтальной и вертикальной осей (рис. 1) предполагает использование двух серводвигателей. Алгоритмы управления двигателями аналогичны, поэтому рассмотрим систему позиционирования фотоэлектрического модуля при повороте вокруг одной горизонтальной оси OX .

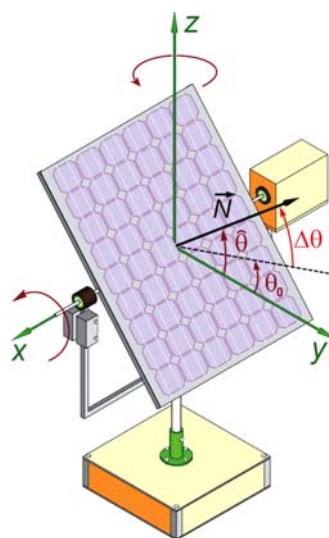


Рис. 1. Система позиционирования фотоэлектрического солнечного модуля
Fig. 1. The positioning system photovoltaic solar module

Начальное положение модуля характеризуется углом θ_0 между вектором нормали к поверхности модуля и горизонтальной плоскостью. Необходимо повернуть модуль на угол $\Delta\theta$ с минимальными затратами энергии и остановить его в положении с вектором нормали $\vec{N}$, направленным под углом $\hat{\theta}$ относительно горизонтальной плоскости (рис. 1).

Структурная схема сервопривода солнечного модуля

Структурная схема автоматизированного сервопривода с ДПТ и блоком терминального управления (БТУ) представлена на рис. 2.

На схеме использованы следующие обозначения: $\theta(t)$ – угол поворота солнечного модуля; $\alpha(t)$ – угол поворота якоря ДПТ; $\omega(t)$ – угловая скорость

вала ДПТ; $\psi(t)$ – угловая скорость солнечного модуля; $\xi(t)$ – угловое ускорение солнечного модуля; $\epsilon(t)$ – угловое ускорение вала ДПТ; $u(t)$ – управляющее напряжение; $i(t)$ – ток в цепи якоря ДПТ; L – индуктивность цепи якоря; R – активное сопротивление цепи якоря; $E(t) = k_\omega \omega(t)$ – противодействующая ЭДС якоря; k_ω – коэффициент противоЭДС, связывающий $E(t)$ с угловой скоростью; $M_{вр}(t) = k_m i(t)$ – вращающий момент, создаваемый ДПТ; k_m – коэффициент пропорциональности, связывающий ток в цепи якоря и развиваемый двигателем вращающий момент; $M_c(t)$ – момент сопротивления нагрузки, приведенный к валу двигателя; J – суммарный осевой момент инерции якоря ДПТ, колес редуктора и солнечного модуля; n – передаточное число редуктора сервопривода.

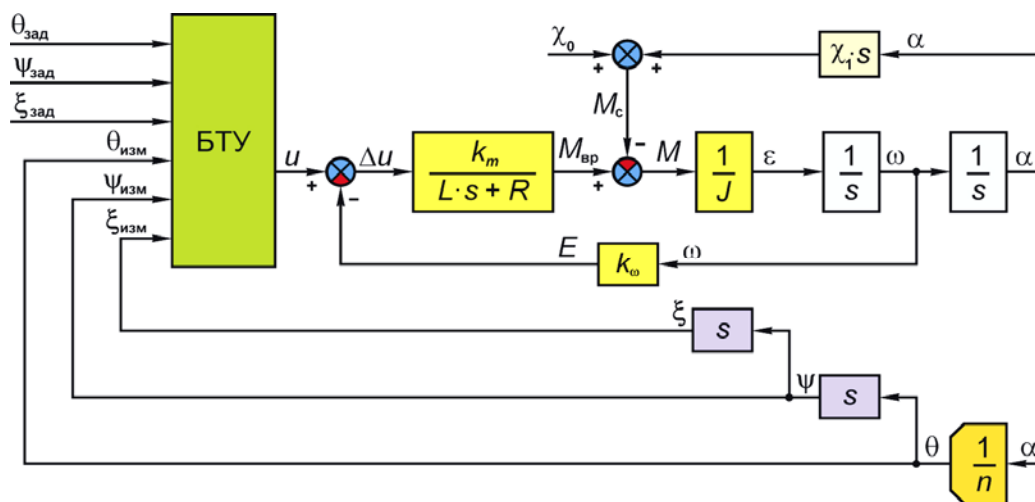


Рис. 2. Структурная схема автоматизированного сервопривода с блоком терминального управления
Fig. 2. The structural diagram of automated servomotor with the terminal control unit

Жесткая механическая связь вала двигателя и ведомого вала нагрузки посредством зубчатых колес редуктора позволяет связать фазовые координаты вала двигателя и вала модуля:

$$\theta(t) = \alpha(t)/n; \quad \psi(t) = \omega(t)/n; \quad \xi(t) = \epsilon(t)/n.$$

Измерение угла $\theta(t)$ ориентации солнечного модуля осуществляется с помощью энкодера (датчика углового положения). Мгновенная угловая скорость $\psi(t)$ и угловое ускорение $\xi(t)$ солнечного модуля вычисляются контроллером в результате дифференцирования функции $\theta(t)$ по времени. Численное дифференцирование по двум узлам может привести к некорректным результатам. Поэтому для вычисления производных целесообразно использовать многоузловую разностную схему, которая выполняет функцию сглаживающего фильтра низких частот для измеренных значений $\theta_{изм}(t)$.

На вход БТУ подаются заданные конечные значения фазовых координат вала солнечного модуля: $\theta_{зад}(T_0 + T) = \hat{\theta}$, $\psi_{зад}(T_0 + T) = \hat{\psi}$, $\xi_{зад}(T_0 + T) = \hat{\xi}$, где T_0 – момент времени начала поворота; T – продолжительность поворота. Модуль переводится из одного неподвижного состояния в другое неподвижное состояние, поэтому начальную и конечную угловую скорость солнечного модуля примем равными нулю: $\psi(T_0) = \hat{\psi} = 0$. Текущие значения фазовых координат сравниваются с заданными. БТУ вычисляет и формирует управляющий сигнал $u(t)$ на основе выбранного закона терминального управления.

Терминальное управление сервоприводом

Известный [5, 6] закон терминального управления при трех конечных условиях применительно к сервоприводу представим в следующем виде:

$$u(t, T) = \begin{cases} k_u n \left(\frac{12(\hat{\theta} - \theta(t))}{(\hat{T} - t)^2} - \frac{6(\hat{\psi} + \psi(t))}{\hat{T} - t} + \hat{\xi} \right) & (1) \\ \text{при } t \in [T_0; T_0 + T]; \\ 0 & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

где $\hat{T} = T_0 + T + \Delta T$ – момент времени окончания переходного процесса; ΔT – жесткость управления (временной интервал между ведущей и ведомой фазовыми точками); $\Delta T = T$; k_u – коэффициент пропорциональности между напряжением на обмотке ДПТ и угловым ускорением ротора; $k_u = JR / k_m$.

Математическая модель сервопривода постоянного тока

В основе известной [8] математической модели сервопривода постоянного тока – система дифференциальных уравнений:

$$J \frac{d^2 \alpha(t)}{dt^2} = k_m i(t) - M_c(t); \quad (2)$$

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = u(t) - k_w \frac{d\alpha(t)}{dt}. \quad (3)$$

Момент сил сопротивления будем считать линейно зависящим от угловой скорости вращения ротора ДПТ:

$$M_c(t) = \begin{cases} \chi_1 \omega(t) + \chi_0, & \omega(t) > 0; \\ \chi_1 \omega(t) - \chi_0, & \omega(t) < 0; \\ M_{вр}(t), & \text{если } \omega(t) = 0 \wedge |M_{вр}(t)| \leq \chi_0; \\ \chi_0, & \omega(t) = 0 \wedge M_{вр}(t) > \chi_0; \\ -\chi_0, & \omega(t) = 0 \wedge M_{вр}(t) < -\chi_0, \end{cases} \quad (4)$$

где χ_0 – момент трогания ротора двигателя и механической нагрузки сервопривода, приведенный к валу двигателя; χ_1 – коэффициент сопротивления движению.

Уравнения (2)–(4) соответствуют структурной схеме на рис. 2.

Расход энергии при терминальном управлении

Основной энергетической характеристикой процесса управления сервоприводом является величина электрической энергии Q , затраченной на питание двигателя в процессе управления (от момента T_0 до момента $T_0 + T$ конца процесса управления).

Энергия, потребляемая якорем ДПТ от источника электрической энергии в процессе терминального управления сервоприводом, выражается интегралом

$$Q(T) = \int_{T_0}^{T_0+T} u(t, T) i(t, T) dt. \quad (5)$$

Ток в цепи якоря ДПТ представим решением (3) относительно $i(t, T)$ для $t \geq T_0$:

$$i(t, T) = \exp\left(-\frac{R}{L}(t - T_0)\right) \times \times \frac{1}{L} \int_{T_0}^t \exp\left(\frac{R}{L}(t' - T_0)\right) \left[u(t', T) - k_w \frac{d\alpha(t', T)}{dt'} \right] dt' + + \exp\left(-\frac{R}{L}(t - T_0)\right) i(T_0, T), \quad (6)$$

где $i(T_0, T)$ – ток в цепи якоря в момент времени T_0 . При пуске двигателя можно принять $i(T_0, T) = 0$, т.к. ток через индуктивный элемент не может измениться мгновенно.

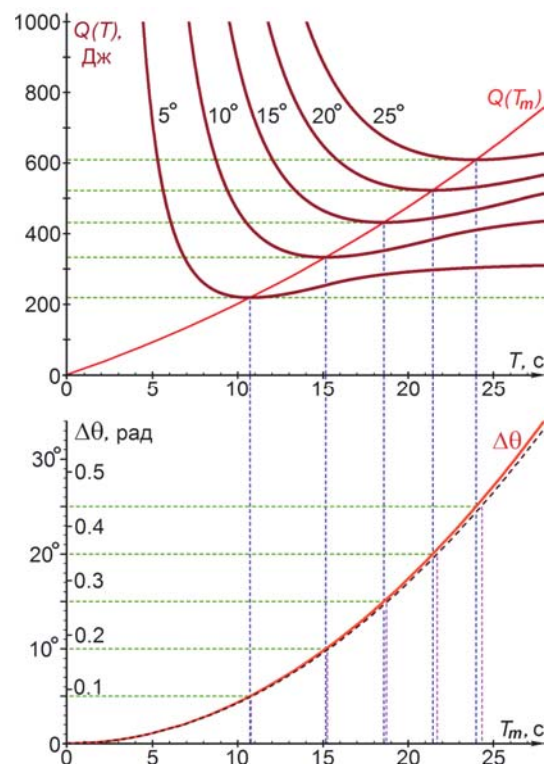


Рис. 3. Графики зависимостей $Q(T)$ и $T_m(\Delta\theta)$
Fig. 3. Dependency graphs $Q(T)$ and $T_m(\Delta\theta)$

Функция $Q(T)$ имеет минимум (рис. 3). Оптимальная продолжительность T_m поворота модуля соответствует минимуму целевой функции $Q(T)$: $Q(T_m) = \min_{0 < T < \infty} Q(T)$, где $Q(T_m)$ – минимальная энергия, которую необходимо затратить на питание двигателя в процессе поворота модуля.

Убывание функции $Q(T)$ в области $0 < T \leq T_m$ связано с уменьшением максимума напряжения

$\max_{T_0 \leq t \leq T_0 + T} |u(t, T)|$ при увеличении T . Возрастание функции $Q(T)$ при $T > T_m$ обусловлено ростом продолжительности простоя ротора и увеличением энергии, затраченной за время простоя [7]. Величина T_m зависит от заданных начальных и конечных условий, а также от характеристик сервопривода.

Оптимальная продолжительность поворота

В начале процесса терминального управления при $T = T_m$ управляющее напряжение примерно равно $|u(T_0, T_m)| \approx 2U_p$, где $U_p = R\chi_0/k_m$ – пусковое напряжение ДПТ. Полярность напряжения в момент пуска ДПТ определяется знаком углового перемещения: $\text{sign}[u(T_0, T)] = \text{sign}(\Delta\theta)$, где $\Delta\theta = \bar{\theta} - \theta(T_0)$, следовательно

$$\text{sign}(\Delta\theta) \cdot u(T_0, T_m) = 2U_p. \quad (7)$$

Уравнение (7) для $(\psi(T_0) = \bar{\psi} = 0) \cap (\xi = 0)$ с учетом (1) принимает вид

$$\text{sign}(\Delta\theta) \cdot k_u n \frac{6\Delta\theta}{(T_m + \Delta T)^2} = U_p. \quad (8)$$

Решив (8) относительно T_m , получаем формулу

$$T_m = \sqrt{6 \frac{k_u n}{U_p} |\Delta\theta|} - \Delta T = \sqrt{6 \frac{Jn}{\chi_0} |\Delta\theta|} - \Delta T. \quad (9)$$

Формула (9) позволяет вычислить приближенное значение T_m оптимальной продолжительности поворота модуля для заданного угла поворота $\Delta\theta$, представленного в радианах. Увеличение углового перемещения приводит к увеличению оптимальной продолжительности процесса терминального управления.

Список литературы

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
2. Капля Е.В., Кузеванов В.С., Шевчук В.П. Моделирование процессов управления в интеллектуальных измерительных системах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.
3. Camacho E.F., Berenguel M., Rubio F.R., Martínez D. Advances in industrial control: Control of solar energy systems. Springer-Verlag London Limited, 2012.

Результаты моделирования

Численные эксперименты проведены с моделью сервопривода, обладающего характеристиками: $L = 0,01$ Гн; $R = 2$ Ом; $k_m = 0,08$ Н·м/А; $k_\omega = 0,2$ В·с/рад; $J = 1,5$ кг·м²; $n = 10$; $\chi_1 = 0,1$ Н·м·с/рад; $\chi_0 = 0,2$ Н·м при следующих начальных и конечных условиях: $\psi(T_0) = \omega(T_0) = 0$; $\theta(T_0) = 20^\circ$; $\bar{\theta} = \theta(T_0) + \Delta\theta$; $\bar{\psi} = \bar{\omega} = 0$; $\bar{\xi} = \bar{\varepsilon} = 0$.

При моделировании были приняты: $t_0 = 0$; $T_0 = 1$ с; $\Delta T = 0,01$ с; $\Delta t = 10^{-3}$ с.

Угловое перемещение солнечного модуля варьровалось в диапазоне $0^\circ \leq \Delta\theta \leq 34^\circ$.

Графики зависимости энергии $Q(T)$, затраченной в процессе поворота, от продолжительности T поворота построены с помощью (1)–(6) при $\Delta\theta = 5, 10, 15, 20, 25^\circ$ и показаны на рис. 3.

В результате минимизации функции $Q(T)$ для $0^\circ \leq \Delta\theta \leq 34^\circ$ построен график зависимости $T_m(\Delta\theta)$, представленный в нижней части рис. 3 сплошной линией. Результаты расчета $T_m(\Delta\theta)$ по (9) представлены на рис. 3 наклонной пунктирной кривой. Близость сплошной и пунктирной расчетных кривых $T_m(\Delta\theta)$ подтверждает корректность расчета оптимальной продолжительности поворота модуля с помощью (9).

Заключение

Получена новая формула для расчета оптимальной (по расходу энергии) продолжительности поворота солнечного модуля: $T_m = \sqrt{6(Jn/\chi_0)|\Delta\theta|} - \Delta T$, где $\Delta\theta$ – заданное угловое перемещение солнечного модуля (в радианах); n – передаточное число редуктора сервопривода; J – суммарный осевой момент инерции вращающихся деталей сервопривода и солнечного модуля; χ_0 – момент трогания сервопривода; ΔT – жесткость управления. Предлагаемая формула позволяет вычислить оптимальную продолжительность T_m процесса поворота солнечного модуля из одного неподвижного состояния в другое.

References

1. Vissarionov V.I., Derûgina G.V., Kuznecova V.A., Malinin N.K. Solnečnââ energetika. M.: Izdatel'skij dom MĖI, 2008.
2. Kaplâ E.V., Kuzevanov V.S., Ševčuk V.P. Modelirovanie processov upravleniâ v intellektual'nyh izmeritel'nyh sistemah. M.: FIZMATLIT, 2009.
3. Camacho E.F., Berenguel M., Rubio F.R., Martínez D. Advances in industrial control: Control of solar energy systems. Springer-Verlag London Limited, 2012.

4. Ochieng R.M. Solar collectors and panels, theory and applications. Croatia, Rijeka: Sciyo, 2010.
5. Батенко А.П. Системы терминального управления. М.: Радио и связь, 1984.
6. Батенко А.П. Управление конечным состоянием движущихся объектов. М.: Советское радио, 1977.
7. Капля Е.В. Энергоэффективное терминальное управление серводвигателем постоянного тока // Автоматизация процессов управления. 2015. № 1 (39). С. 27-33.
8. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Теория электропривода. Минск: ЗАО «Техноперспектива», 2004.
4. Ochieng R.M. Solar collectors and panels, theory and applications. Croatia, Rijeka: Sciyo, 2010.
5. Batenko A.P. Sistemy terminal'nogo upravleniâ. M.: Radio i svâz', 1984.
6. Batenko A.P. Upravlenie konečnym sostoâniem dvižušihsâ ob"ektov. M.: Sovetskoe radio, 1977.
7. Kaplâ E.V. Ènergoèffektivnoe terminal'noe upravlenie servodvigatелем postoiânogo toka // Avtomatizaciâ processov upravleniâ. 2015. № 1 (39). S. 27-33.
8. Firago B.I., Pavlâčik L.B. Teoriâ èlektroprivoda. Minsk: ZAO «Tehnoperspektiva», 2004.

Транслитерация по ISO 9:1995





РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВОЙНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВОГО ВЕТРОКОЛЕСА

Е.В. Капля

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Представлены результаты экспериментальных исследований вращения двойного горизонтально-осевого ветроколеса. Исследована зависимость частоты вращения двойного ветроколеса от осевого расстояния между геометрическими центрами ветроколес и относительного углового смещения ветроколес.

Ключевые слова: ветроколесо, вращение, двойное ветроколесо, соосные ветроколеса.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES ON THE ROTATION FREQUENCY OF DUAL HORIZONTAL-AXIS WIND ROTORS

E.V. Kaplya

Volzhsky Branch of the National Research University
«Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

Presents the results of experimental researches on the rotation of dual horizontal-axis wind turbine (HAWT). The dependence of the rotation frequency dual HAWT from the axial distance between the geometric centers of the HAWTs and relative angular displacement of the HAWTs is investigated.

Keywords: wind rotor, wind turbine, rotation, dual wind rotor, coaxial wind rotors, HAWT.





Егор Викторович
Капля
Egor V. Kaplya

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» Волжского филиала Московского энергетического института, ведущий научный сотрудник лаборатории диагностики и прогнозирования.

Образование: Волгоградский гос. технический университет (2000).

Область научных интересов: энергетика, автоматизация.

Публикации: 62.

Information about the author: candidate of physical and mathematical sciences, docent faculty «Automation of technological processes and productions» of the branch Moscow power institute in the Volgsky city, leading researcher in laboratory of diagnostics and prediction the branch Moscow power institute in the Volgsky city.

Education: Volgograd State Technical University (2000).

Research area: power engineering, automation.

Publications: 62.

Введение

Повышение эффективности ветроэнергетических установок (ВЭУ) обычно осуществляется путем совершенствования конструкции ветроколес (ВК), что приводит к изменению аэродинамических характеристик ВК [1-3]. Аэродинамический вращающий момент и коэффициент мощности одиночного ВК вычисляются на основе измеренных значений частоты вращения ВК и скорости воздушного потока по известным формулам [1-5]. Использование нескольких ВК на одном валу позволяет получить больший вращающий момент, но требует более сложных креплений и дополнительных материальных затрат по сравнению с одиночным ВК.

Цели исследования:

1. Экспериментальные исследования вращения двойного горизонтально-осевого ВК в установившемся режиме.
2. Получение и анализ экспериментальной зависимости установившейся частоты вращения двойного ВК от осевого расстояния между геометрическими центрами ВК и относительного углового смещения ВК.
3. Сравнительный анализ установившейся частоты вращения двойного и одиночного ВК.

Экспериментальная установка

Экспериментальные исследования и оптимизацию характеристик ВЭУ целесообразно выполнять с использованием регулируемых и видоизменяемых элементов. Разработанная экспериментальная установка (рис. 1) предназначена для исследований аэродинамических и электромеханических характеристик различных макетов ВЭУ. Рассмотрим систему из двух соосных трехлопастных ВК одинакового типа и диаметра, закрепленных на общем валу (рис. 1) и вращающихся совместно с одной и той же угловой скоростью.



Рис. 1. Фотография экспериментальной установки
Fig. 1. A photograph of the experimental plant

В качестве ВК использованы два трехлопастных пропеллера GWS1060 типа CW радиусом $R = 125$ мм. Вал разработанного ВК представляет собой стальной стержень с резьбой М6. Подшипники вала ВК закреплены на двух вертикальных стойках из стальных труб диаметром 16 мм и высотой 300 мм (рис. 2).

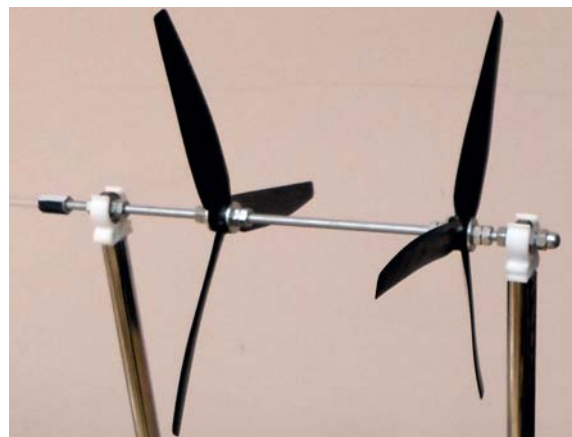


Рис. 2. Фотография двойного горизонтально-осевого ВК
Fig. 2. A photograph of the dual horizontal-axis wind turbine

Ступицы ВК можно перемещать вдоль вала и закреплять на различном расстоянии друг от друга и от опор. Осевое расстояние между геометрическими центрами ступиц обозначим L . Каждую ступицу можно поворачивать относительно другой ступицы на угол α и фиксировать в заданном положении (рис. 3). Конструкция макета ВЭУ позволяет выбирать величину L в пределах $L \in [11; 180]$ мм и задавать произвольные α . В случае трехлопастных ВК имеет смысл варьировать величину α в пределах $\alpha \in [0; 120]^\circ$.

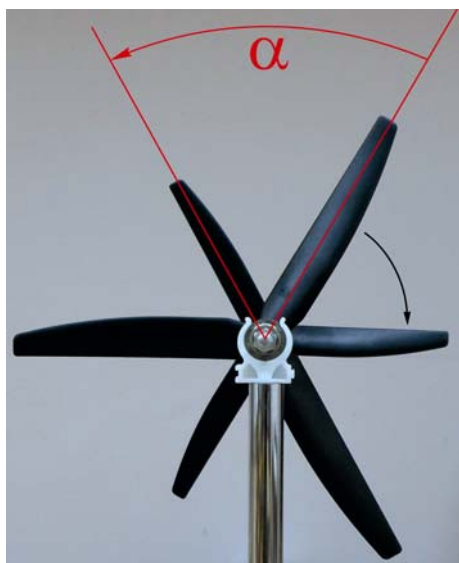


Рис. 3. Фотография двойного горизонтально-осевого ВК (вид спереди)
Fig. 3. Photo double HAWT (front view)

Параметр α – угол между передней кромкой лопасти фронтального ВК и передней кромкой лопасти (ближайшей по направлению вращения) второго ВК.

Описание экспериментов

В процессе эксперимента расстояние L между ВК и относительный угол α поворота ВК варьировались в указанных пределах. Угол α измерялся по снимку высокого разрешения. Оптическая ось объектива фотоаппарата, закрепленного на штативе, совмещалась с осью вала ВК. Угол α вычислялся на ЭВМ по трем точкам: центральной точке на торце вала и точкам на концах передних кромок соответствующих лопастей ветроколес.

Измерения частоты вращения ВК выполнены с помощью бесконтактного лазерного цифрового тахометра DT-2234C+. Частота f вращения вала ВК измерялась в установившемся режиме вращения ВК.

Скорость воздушного потока измерена анемометром АН507 в отсутствие ВК в окрестности мест последующего расположения ступиц фронтального ВК

и второго ВК. Скорость воздушного потока в обоих местах почти одинакова (с точностью до 0,1 м/с) и равна $\approx 3,2$ м/с. Фронтальный ВК во всех опытах находился на постоянном удалении от нагнетателя воздушного потока. В процессе эксперимента выполнялось смещение заднего ВК. Все измерения частоты вращения ВК выполнены в одном и том же режиме работы вентилятора, создающего воздушный поток.

Результаты экспериментов

Результаты измерений частоты вращения двойного ВК при различных значениях параметров L и α представлены на рис. 4. Величины L и α существенно влияют на установившуюся частоту вращения двойного ВК.

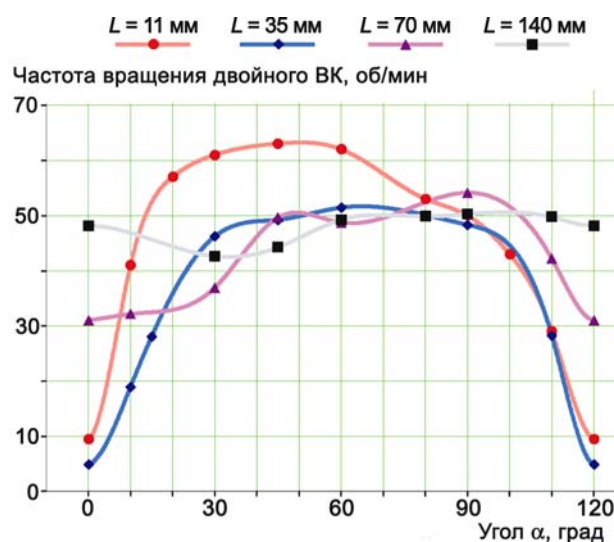


Рис. 4. Зависимость $f(\alpha, L)$ при $L = 11; 35; 70; 140$ мм
Fig. 4. Dependence $f(\alpha, L)$ when $L = 11; 35; 70; 140$ mm

Качественный анализ графиков (рис. 4) позволил установить, что зависимость установившейся частоты вращения двойного ВК от углового смещения ВК выравнивается и стремится к горизонтальному уровню ≈ 49 об/мин при увеличении осевого расстояния между геометрическими центрами ВК до 140 мм. Выравнивание угловой зависимости частоты вращения двойного ВК при увеличении L вызвано затуханием турбулентных завихрений, созданных вращающимся фронтальным ВК, и уменьшением влияния затенения второго ВК фронтальным ВК. Равенство ометаемых площадей одиночного и двойного ВК позволяет сравнить их эффективность. С целью сравнения энергоэффективности двойного ВК с эффективностью одиночного ВК проведен эксперимент с фронтальным ВК при отсутствии второго ВК. Установившаяся частота вращения одиночного ВК равна $\approx 16,8$ об/мин.

Частота вращения двойного ВК при $L = 140$ мм примерно в три раза превосходит частоту вращения одиночного ВК в установившемся режиме. Когда $L = 11$ мм и $\alpha = 45^\circ$, наблюдается четырехкратное отношение частоты вращения двойного ВК к частоте вращения одиночного ВК. Эффективная площадь лопастей двойного ВК превышает эффективную площадь лопастей одиночного ВК не более чем в 2 раза. Высокое экспериментальное отношение частоты вращения двойного ВК к частоте вращения одиночного ВК (при определенных значениях L и α) объясняется действием на ВК аэродинамических и механических сил. Механический тормозящий момент создается подшипниками. Момент трогания двойного ВК незначительно превышает момент трогания одиночного ВК. Аэродинамический вращающий момент и динамический момент сопротивления зависят от частоты вращения ВК.

Заключение

Двойное ВК способно разгоняться до частоты вращения, превышающей в 4 раза частоту вращения однотипного одиночного трехлопастного ВК, при равной средней скорости воздушного потока.

Максимальная частота вращения двойного ВК достигается при $L \rightarrow 0$ и $45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$.

Зависимость установившейся частоты вращения двойного ВК от углового смещения ВК выравнивается при увеличении осевого расстояния между геометрическими центрами ВК.

Список литературы

1. Hansen M.O.L. Aerodynamics of wind turbines, 2nd edition, Earthscan, 2008.
2. Moriarty P.J., Hansen A.C. Aerodyn theory manual // National Renewable Energy Laboratory / TP-500-36881. January, 2005.
3. Burton T., Sharpe D. Wind energy handbook. John Wiley & Sons Ltd, 2001.
4. Ackermann T. Wind power in power systems. John Wiley & Sons Ltd, 2005.
5. Mathew S., Philip G.S. Advances in wind energy conversion technology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.



КРУПНЕЙШИЕ ВЕТРОАГРЕГАТЫ НА ЗЕМЛЕ ИЛИ В МОРЕ

В.М. Лятхер

ООО «Новая Энергетика»
125363 Москва, ул. Штурвальная, д. 5, корп. 1, кв. 129
Тел./факс: 7(499)492-53-84
New Energetics Inc.
563 Bartow La., Richmond Hts., OH 44143 USA
Тел.: 1(216)272-6765; e-mail: vlyatkher@sbcglobal.net; lyatkhervm@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Предлагается конструкция ветроагрегатов большой мощности с высокой энергетической эффективностью, обеспечиваемой за счет использования вертикального турбулентного переноса энергии воздушного потока и современной конструкции опорного и энергетического узлов с применением магнитного подвеса и линейных генераторов. Представлены результаты численного и физического моделирования.

Ключевые слова: ветроагрегаты, магнитный подвес, линейные генераторы.

THE LARGEST OPEN WINDMILLS ON THE GROUND OR SEA

V.M. Lyatkher

New Energetics
129 Shturvalnaya str., 5, corp.1, Moscow, 123363, Russia
Tel./fax: 7(499)492-53-84
New Energetics Inc.
563 Bartow La., Richmond Hts., OH 44143 USA
Tel.: 1(216)272-67-65; e-mail: vlyatkher@sbcglobal.net; lyatkhervm@yandex.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

In article propose a new type of wind turbines of the big capacity with high energy efficiency achieved through the use of energy streams of wind, not passing directly through the turbine. The design included the modern technologies of transport on the magnetic suspension. The results of physical and numerical modeling are presented.

Keywords: windmills, maglev, linear generators.

Виктор Михайлович Лятхер

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, генеральный директор компании New Energetics Ltd (Москва) и президент компании New Energetics Inc. (США). Лауреат премии Совета Министров СССР.

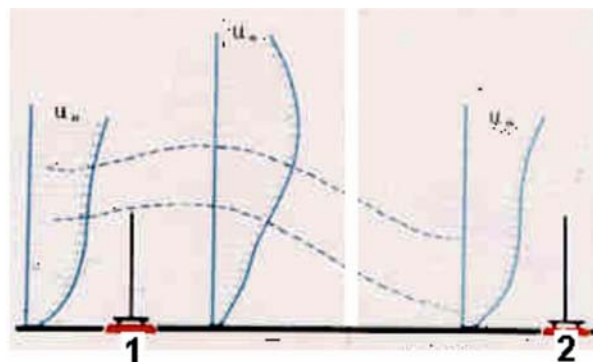
Образование: Московский энергетический институт (МЭИ), мех.-мат. МГУ.

Область научных интересов: научные исследования и разработки в области гидравлического моделирования; гидравлики рек, озер и потоков океана; гидрологии, управления водными ресурсами, сейсмологии и сейсмостойкого строительства; гидроэнергетики, энергии приливов и отливов и строительства ветроэнергетического оборудования.

The idea of offered wind turbines of big power consists in use of effect of turbulent vertical hashing of the streams providing restoration of energy of a stream on the way to a back system of blades (fig. 1). This idea may be used in constructions of the largest windmills [1] or tidal watermills [2].

Рис. 1. Вертикальный турбулентный перенос обеспечивает восстановление энергии ветра перед тыльным строем лопастей

Fig. 1. The vertical turbulence mixing go up the power of wind before the rear order of blades



Certainly, and in this case strict equality of speeds of a stream on all route of blades and outside the unit in the presence of selection of wind power is impossible. However, considering that the local potential capacity of a stream is proportional to the third degree of its speed, even small increase in local speed of a current at the expense of turbulent transfer of energy from the layers of a stream which aren't passing through cross section of the turbine, can give noticeable effect. Working blades of an aerodynamic profile in these installations settle down vertically (or obliquely) and move on the ring route of big diameter. For compensation of a torque and cross forces of the turbine can be placed one over another with the counter direction of movement.

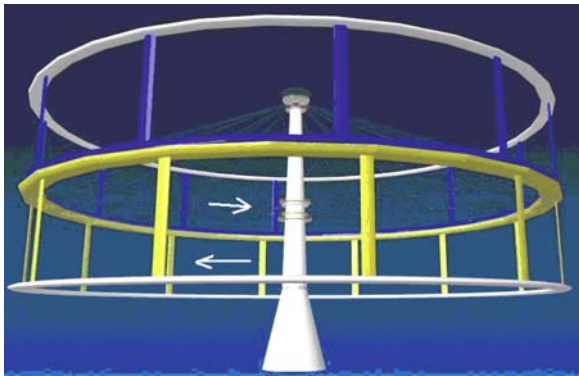


Рис. 2. Идея агрегата, в котором ярусы вращаются в противоположном направлении, состоит в компенсации крутящих моментов и поперечных сил, действующих на роторы, а также в удвоении скорости пересечения магнитных полей в генераторе, что повышает его электрическую эффективность и снижает материалоемкость

Fig. 2. The idea of the unit consists in the use of the effect of mutual compensation of torques and transverse forces, acting on the blades, which move in opposite directions; the effect of increase of efficiency of electric generator at doubling of speed of crossing the magnetic fields of inductor and armature of induction generator*)

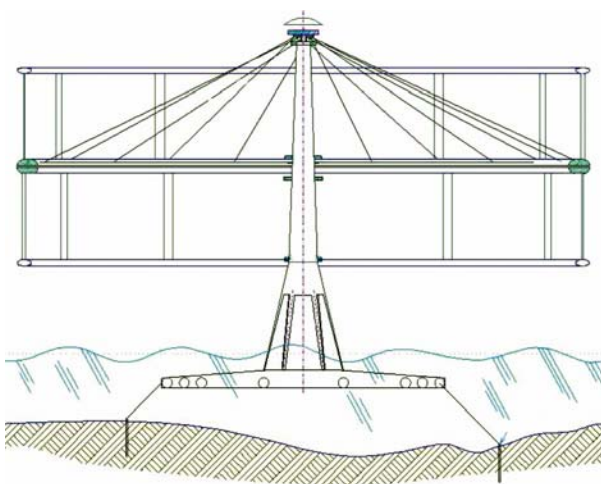


Рис. 3. Ветроагрегат на воде монтируется в сухом доке и на плавучем основании доставляется к месту эксплуатации, где фиксируется якорями или сваями

Fig. 3. Wind power unit on the water. The windmills are complicated in the dry dock and go to the power plant area by floating

In this case presence of a smooth surface of the earth (fig. 2) or a water surface (fig. 3) can carry out positive function of the concentrator of a wind.

Quantitative effect of restoration of energy behind a frontal system of blades for real conditions of a three-dimensional non-stationary task it was estimated on the example of numerical model of the turbine reproducing the main features of the two-level multi-blade unit with oncoming traffic of circles of the turbine (fig. 4).

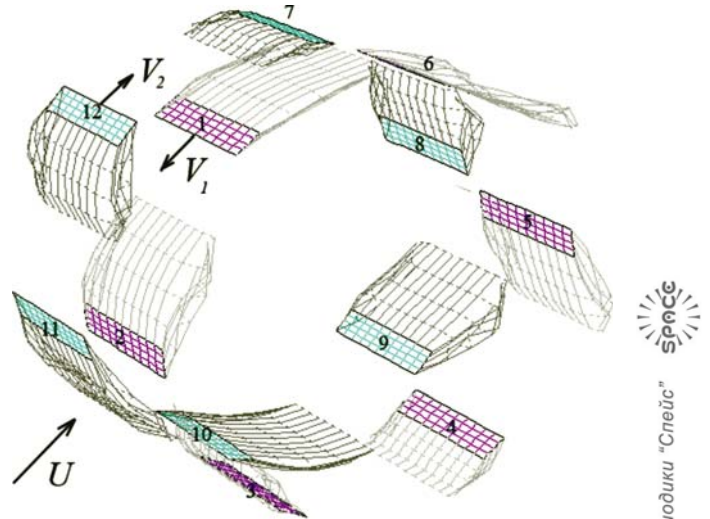


Рис. 4. Схема численного моделирования пространственного обтекания роторов, вращающихся в противоположном направлении

Fig. 4. Scheme of spatial calculation of turbines of counter rotation

For calculations the simple model developing known ideas of "discrete whirlwinds" which doesn't contain empirical coefficients was used and approved on a big material of classical experiments. In fig. 5 results of calculations of the unit with a diameter of $D = 2.4$ m for three options of length of blades – 0.3 m, 0.6 m and 0.9 m are presented. Calculations are carried out for the same speed of a wind of $U = 10$ m/s and the speed of blades of $V = 20$ m/s. Loading (radial force), operating on one of 6 blades decided on a chord of $b = 160$ mm (solidity $\sigma = ib/D = 0.4$). The turbine (top) rotates counterclockwise, bottom – clockwise. The beginning of coordinates answers the moment when the blade moves towards a wind. Apparently, while the blade is at the front loading negative (force is directed to the center) and the maximum effort to the short blade (0.3 m) is 3 times less, than on the longest blade (0.9 m) and points of maxima don't coincide. The maximum loads of blades of 0.6 m and 0.9 m are observed almost in one place and differ approximately at 1.6-1.7 time that approximately corresponds to a ratio of lengths of blades. The most interesting is observed on a back site of a course first maximum ($240-275^\circ$) load of the short blade almost same, as well as on long. Stream speeds on the back party of the route of blades at short blades are much

higher, than at long (fig. 6). The maximum load of the blade towards a rotation axis in this case doesn't exceed 23N, and from an axis of rotation 13N. The total longitudinal loading operating on one turbine with 6 blades 900 mm high and a chord 160 mm, doesn't exceed 12N on the blade. Loading on the back party of the route, naturally, is directed from the rotation center

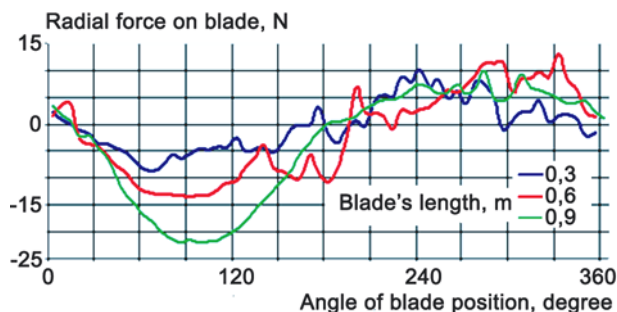


Рис. 5. Аэродинамические нагрузки на лопасть разной длины (длина лопастей 0,3, 0,6 и 0,9 м) в 6-лопастном агрегате в зависимости от положения лопасти на трассе.

Скорость ветра 10 м/с, скорость лопастей 20 м/с.

Диаметр ротора 2,4 м, хорда лопастей 0,16 м

Fig. 5. Load of one blade of the 6-blades two-story unit at a speed of $U = 10$ m/s and the speed of blades of $V = 20$ m/s.

Diameter of the route is $D = 2.4$ m, a chord of $b = 0.16$ m

(positive), it pulses (the whirlwinds running from blades at the front) affect, but, the most important, is in a zone of the first maximum (240-275 degree) – load of the short blade almost same, as well as on long. Stream speeds on the back party of the route of blades at short blades are much higher, than at long (fig. 6).

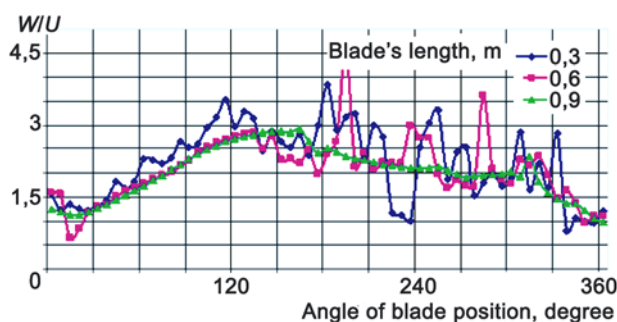


Рис. 6. Относительная величина модуля скорости потока перед носком лопасти в долях скорости потока на подходе к агрегату

Fig. 6. The module of local relative speed of a stream in points of the route of blades at distance of one chord before a blade sock. Speed is measured in shares of speed of a stream in front of the turbine

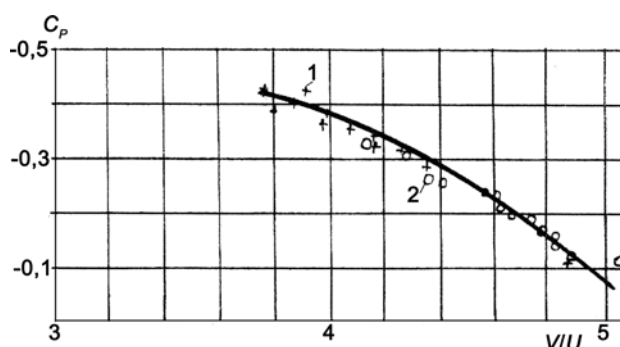
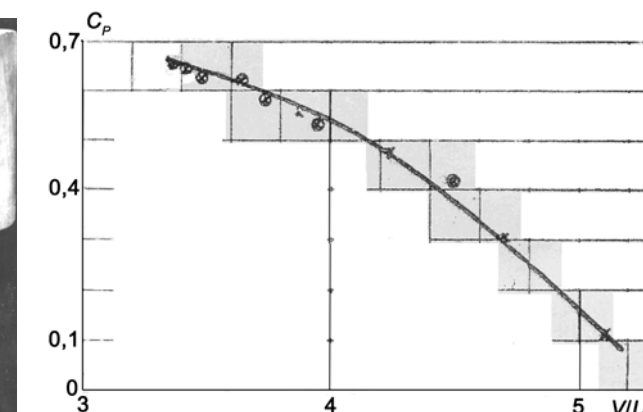
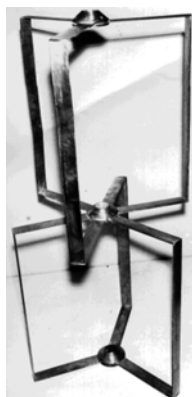
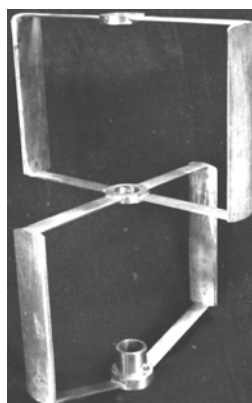


Рис. 7. Верх. Оптимизированная двухлопастная ортогональная турбина. Результаты испытаний в канале шириной 1 м.

$D = 200$ мм, $b = 30$ мм, $L/b = 4,16$, $b/b = 0,5$, затенение 0,3, $\max C_p = 0,661$, $V/U = 3,35$

Низ. Трехлопастная модель ортогональной турбины. Испытания в канале шириной 2 м, глубиной 1,5 м, $D = 400$ мм, $b = 30$ мм, затенение 0,225. $b_t = 30$ мм, $H = 800$ мм, $L = 400$ мм. 1 – $U = 0,84$ м/с, 2 – $U = 0,68$ м/с

Fig. 7. Top. Optimized two-blades model of conventional orthogonal turbine.

Test in the channel width 1 m. $D = 200$ mm, $b = 30$ mm, $L/b = 4.16$, $b_t/b = 0.5$, solidity 0.3, $\max C_p = 0.661$, $V/U = 3.35$

Low. Three-blades model of orthogonal turbine. Test in the channel width 2 m, depth 1.5 m. $D = 400$ mm, $b = 30$ mm, solidity 0.225, $b_t = 30$ mm, $H = 800$ mm, $L = 400$ mm. 1 – $U = 0.84$ m/s, 2 – $U = 0.68$ m/s

The results show that if the diameter of the turbine is only 4 times larger length of the blades, the effect of transverse turbulent transfer of momentum is significant and the energy efficiency of the rear part of the track of the blades is almost the same as the front section. Without this effect, the back part of the track gives energy to 4 times less than the front. Thus, the energy effectiveness of the system is expected to grow at $2/1.25 = 1.6$ times. For accepted overall sizes the power of wind power unit rotor depending on the wind speed of U before the windmill is determined from the formula $P = C_p \rho U^3 D(L/2)$, where C_p is the power factor (efficiency). Efficiency of the best modern traditional windmills (HAWT) is not more 0.38 only. Optimized conventional orthogonal units with solidity $0.3 \div 0.4$ power factor (efficiency) up to $C_p = 0.45 \div 0.6$ (fig.7).

Thus, the use of the turbulent transverse momentum transfer will increase the efficiency of the best units to $C_p = 0.72 \div 0.96$.

The aerodynamic characteristic of wind power unit rotor was obtained also as a result of the model tests of one half of the unit (upper or lower) in the hydraulic head channel with cross-section of $6 \times 2.5 \text{ m}^2$ at flow water speed up to 2.2 m/s. The diameter of the blades route of the model was 2.7, 3.34 and 3.98 m; the length of blades was 0.72 m or 0.485 m at the chord of 0.12 m and GAW-1 profile. The quantity of blades varied from 3 to 12. The inductors of linear generator were reproduced on the model. The diameter of the ring with the short-circuited rotor was accepted as 2333 mm, the diameter of the blades route was larger due to the traverses rigidly fixed on the rotor ring. The blades were located cantilevery (fig. 8). In the proposed optimized construction the blade tips are united by ring that must decrease tip eddy losses and increase the effectiveness of wind power unit.

In the experiments was measuring the velocity distribution along the walls of the channel and in the axial cross sections, before and behind the model. The velocity along the walls changed not more 2%. The water flowing around the turbine in model with diameter 2.7 m and in prototype are considerably accelerated the same and test results were not invalid. The good efficiency of the turbine explained by the transverse turbulent power transition to the back row of blades.

The efficiency of turbine in prototype will change for difference conditions of atmosphere turbulence and stratified degree. This problem must be researched in future.

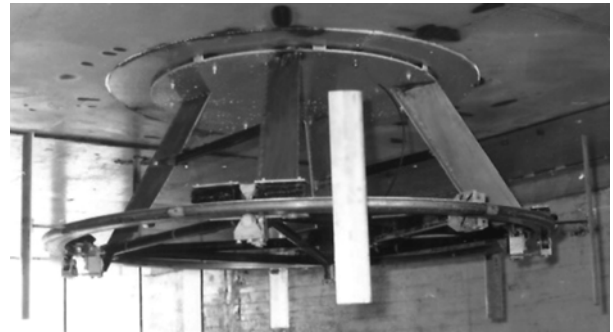


Рис. 8. Модель многолопастного ротора в гидравлическом напорном канале
Fig. 8. Model of multiblade rotor in hydraulic channel

The experiences showed that even in the tested, not optimized scheme with 6 blades (solidity was $0.22 \div 0.26$) the efficiency of rotor can exceed $C_p = 0.4 \div 0.58$ at blades speed exceeding wind speed by a factor of $2.9 \div 3.2$ [3, p.240].

In this basis we propose the project with ring rotor, which carries the inductors of linear generator, is connected by the stretching with the radial thrust bearing, located at the top of the central pylon. The mark of the bearing at the top of the pylon is 60-100 m. Diameter of the rings 160 m. The size of blades $25 \times 6 \text{ m}^2$ for power of unit **10 MW** (fig. 2, 3).

Reference

1. Lyatkher V. "Power Unit", Patent US 7586209 B1, Sep.8, 2009.
2. Lyatkher V. "Counterbalanced Orthogonal Hydro-power System", Patent US 8047785 B2, Nov.1, 2011.
3. Lyatkher V. Wind Power: Turbine Design, Selection, and Optimization, ISBN: 978-1-118-72092-9, 328 pages, December 2013.



ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВОЙ ТРЕХЛОПАСТНОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Ф.А. Ерохин

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

На основе экспериментальных исследований определены показатели эффективности работы горизонтально-осевой трехлопастной ветроэнергетической установки. Получена зависимость коэффициента использования энергии ветра от быстроходности. Данная характеристика является наиболее важной для ветроэнергетической установки, поскольку показывает связь между двумя основными безразмерными параметрами для ветроэнергетической установки.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, коэффициент использования энергии ветра, быстроходность.

RESEARCHES OF HORIZONTAL AXES THREE-BLADES WIND TURBINE

F.A. Erokhin

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

On the basis of experimental studies determined the performance of horizontal axis three-bladed wind turbines. The dependence of the coefficient of utilization of wind energy from speed factor determined. This characteristic is most important for wind turbines, because it shows the relationship between the two main dimensionless parameters for the wind power plant.

Keywords: wind turbine, power efficiency, specific speed.



Федор Андреевич
Ерохин
Fedor A. Erokhin

Сведения об авторе: зав. лабораторией ВФ МЭИ.
Образование: ВФ МЭИ (2015).
Область научных интересов: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.
Публикации: 15.

Information about author: head of laboratory, Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2015).

Research area: alternative and renewable energy sources.

Publications: 15.

Современная ветроэнергетическая установка (ВЭУ) представляет собой сложную систему, которая состоит из ветродвигателя, преобразующего кинетическую энергию ветрового потока в механическую, электрического генератора, приемников электрической энергии, системы автоматического управления и защиты. Важно, чтобы были условия, обеспечивающие наиболее эффективное использование возможной выработки энергии при всех режимах работы.

Для оценки эффективности работы ветроколеса (ВК) экспериментальным путем необходимо знать его радиус, скорость ветра, частоту вращения и мощность. Прямое измерение механической мощности ВК представляет собой довольно непростую задачу. На практике для определения мощности ветроэнергетической установки измеряют электрическую мощность на клеммах генератора, напряжение U и силу тока I на электрогенераторе, а мощность P вычисляют по формулам.

Полученное значение характеризует мощность всей ветровой установки, т.е. учитывает КПД генератора, коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ) ветроколеса или коэффициент мощности, потери, связанные с неравномерностью (турбулентными пульсациями) потока воздуха, потери на трение в подшипниках и т.д.

Были проведены эксперименты с горизонтально-осевой трехлопастной ветроэнергетической установкой мощностью 2 кВт, расположенной на полигоне по исследованию альтернативных источников энергии филиала МЭИ в г. Волжском [1]. Паспортные характеристики данной установки представлены в табл. 1.

Таблица 1
Паспортные характеристики ВЭУ 2 кВт

Table 1
Passport specifications of the 2 kW wind turbine

Параметр	Значение
Количество лопастей, шт.	3
Номинальная мощность, Вт	2000
Максимальная мощность, Вт	2800
Радиус ветроколеса, м	1,8
Номинальная частота вращения ротора, об/мин	400
Высота мачты, м	12
Номинальное напряжение, В	48
Оптимальная скорость ветра, м/с	10
Диапазон ветра генерации, м/с	3-35
Минимальная скорость ветра, при которой стартует ветроколесо, м/с	2,5

Полигон обладает всеми необходимыми средствами измерений для проведения экспериментов. Информационно-измерительная система полигона позволяет обрабатывать экспериментальные данные на ЭВМ. Эксперименты проводились с учетом данных метеорологической станции, расположенной на полигоне филиала. Для проведения экспериментов была использована информационно-измерительная и управляющая система полигона, запущенная в 2013 г. [2]. Целью экспериментов было определение коэффициента использования энергии ветра, быстроходности и построение экспериментально полученной зависимости коэффициента мощности от скорости ветра и быстроходности. Диапазон скоростей ветра для экспериментов выбран от 3 до 12 м/с, поскольку именно в этом диапазоне происходит выработка электроэнергии большую часть времени работы ВЭУ.

Для обработки результатов экспериментов и расчетов потребуются следующие зависимости. Мощность ВЭУ определяется по формуле [3]

$$P = \pi R^2 \xi \frac{\rho v^3}{2}, \quad (1)$$

где P – мощность ВЭУ, Вт; R – радиус ветроколеса, м; ρ – плотность воздуха, кг/м³; v – скорость ветра, м/с; ξ – коэффициент использования энергии ветра.

Быстроходность найдем по следующему выражению [4]:

$$Z = \frac{\omega R}{v} = \frac{2\pi f R}{60v}, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость вращения, Гц; f – частота вращения, об/мин.

Для сравнения теоретически и экспериментально полученных значений мощности рассчитаем коэффициент использования энергии ветра как отношение энергии, воспринятой ветроколесом и преобразованной в работу, к полной энергии потока. Для исследуемой ВЭУ можно найти коэффициент использования энергии ветра по формуле [2]

$$\xi = \frac{2P}{A\rho v^3} = \frac{8P}{\pi d^2 \rho v^3} = \frac{8 \cdot 2000}{3,14 \cdot 3,6^2 \cdot 1,27 \cdot 10^3} = 0,309, \quad (3)$$

где A – ометаемая ветроколесом площадь, м²; d – диаметр ветроколеса, м.

Применяя полученный по (3) коэффициент использования энергии ветра, рассчитаем мощность для диапазона скоростей ветра от 3 до 12 м/с. Используя данные, полученные в экспериментах, рассчитаем экспериментальные значения коэффициента мощности по (3), а также значения быстроходности по (2). Данные, полученные в ходе экспериментов, и результаты их обработки сведены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты обработки экспериментальных данных
Table 2
Results of experimental data processing

Скорость ветра v , м/с	Электрическая мощность P , Вт	Частота вращения f , об/мин	Быстроходность Z	Коэффициент использования энергии ветра, ξ
3	33	221	13,886	0,200
4	90	293	13,807	0,233
5	220	327	12,328	0,292
6	398	356	11,184	0,307
7	621	367	9,883	0,296
8	960	379	8,930	0,308
9	1333	388	8,126	0,299
10	1859	394	7,427	0,304
11	2338	397	6,803	0,288
12	2740	402	6,315	0,260

На рис. 1 отображена зависимость мощности от скорости ветра.

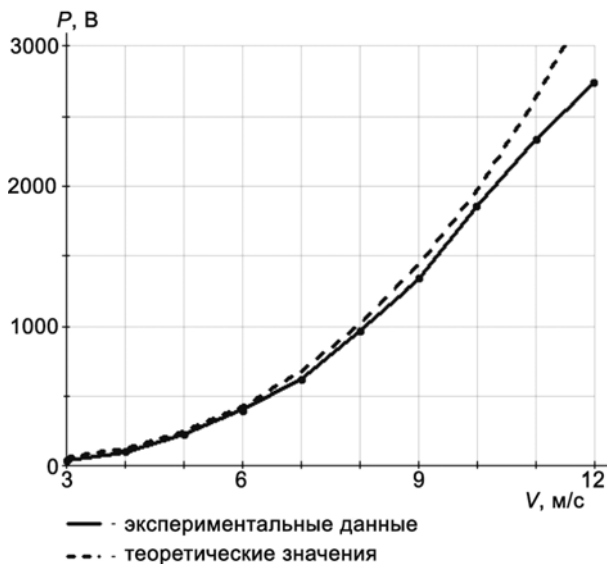


Рис. 1. Зависимость мощности ВЭУ от скорости ветра
Fig. 1. The dependence of the capacity of wind turbines on the wind speed

Из графика видно, что экспериментальные данные с достаточной точностью совпадают с теоретически полученной зависимостью мощности ВЭУ от скорости ветра. Спад выработки энергии при боль-

ших скоростях ветра может быть связан со срабатыванием системы защиты от сильного ветра, которая выводит ветроколесо из положения, перпендикулярного ветровому потоку.

На рис. 2 приведен график зависимости коэффициента мощности от скорости ветра.

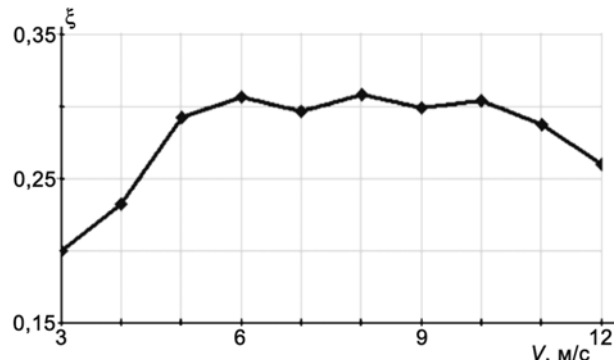


Рис. 2. Зависимость коэффициента мощности от скорости ветра
Fig. 2. The dependence of power efficiency on wind speed

Из графика видно, что ветроколесо выходит на значения, близкие к теоретическим, начиная со скоростей 5,5 м/с и в диапазоне от 6 до 10 м/с колеблется вблизи от теоретически рассчитанного значения. Дальнейшее уменьшение значения коэффициента мощности при скорости более 10 м/с может быть связано с началом срабатывания системы защиты от сильного ветра.

Наибольший интерес представляет зависимость двух безразмерных величин, характеризующих эффективность работы ветроэнергетической установки, а именно, зависимость коэффициента использования энергии ветра от быстроходности ветроколеса (рис. 3).

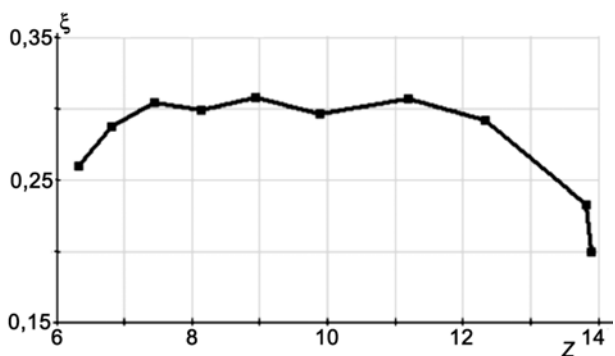


Рис. 3. Зависимость коэффициента мощности от быстроходности ветроколеса
Fig. 3. The dependence of the power efficiency on specific speed

Кривая на рис. 3 представляет собой зависимость двух основных безразмерных показателей работы ветроэнергетической установки. Коэффициент мощности показывает долю полезно используемой энер-

гии воздушного потока, а быстроходность характеризует безразмерную скорость вращения ветроколеса. Таким образом, имея такую экспериментально определенную зависимость для конкретной ветроэнергетической установки, можно определить частоту вращения для каждой скорости ветра, при которой коэффициент использования энергии ветра будет наибольшим. Данная задача актуальна для крупных ветроэнергетических установок, а также для малых и средних ветроэнергетических установок с регулируемой частотой вращения. Изменяя угол поворота лопасти в зависимости от скорости ветрового потока, можно добиться максимально возможной выработки электрической энергии. Для крупных ветроэнергетических установок это особенно актуально, поскольку при большой мощности даже небольшое снижение коэффициента мощности приводит к существенной недопроизводке энергии.

Для исследуемой ветроэнергетической установки наибольший коэффициент использования энергии ветра наблюдается при значении быстроходности 9. Это значит, что наиболее эффективна данная ветроэнергетическая установка при соотношении скорости движения конца лопасти к скорости ветра, равном 9. При испытании новых спроектированных ветроколес

следует провести подобные эксперименты и на основании их скорректировать профиль лопасти и вновь провести испытания. Данную ветроэнергетическую установку можно считать достаточно эффективной, поскольку кривая, характеризующая зависимость КИЭВ от быстроходности, не имеет ярко выраженного максимума и работает с близким к максимальному КИЭВ для данной ветроустановки при быстроходности от 7 до 12.

Выводы

Экспериментально получена зависимость коэффициента использования энергии ветра от величины быстроходности ветроколеса для трехлопастной горизонтально-осевой ветроэнергетической установки мощностью 2 кВт полигона по исследованию альтернативных источников энергии. Зависимость двух основных безразмерных показателей эффективности работы для конкретной ветроэнергетической установки позволяет определить оптимальную частоту вращения ветроколеса для каждой скорости ветра, при которой коэффициент использования энергии ветра будет наибольшим.

Список литературы

1. Кузеванов В.С., Болдырев И.А. Исследование эффективности функционирования комбинации нетрадиционных и возобновляемых источников электрической и тепловой энергии // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. №14. С. 49-51.
2. Курьянов В.Н., Курьянова Е.В. Планирование ремонтов ветрогенераторов по показаниям измерительной системы контроля выработки и потерь электроэнергии // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14. С. 36-40.
3. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. М.: ОГИЗ, 1948.

References

1. Kuzevanov V.S., Boldyrev I.A. Issledovanie effektivnosti funkcionirovaniâ kombinacii netracionnyh i vozobnovlâemyh istočnikov êlektričeskoj i teplovoj ênergii // Al'ternativnaâ ênergetika i êkologiâ – ISJAE. 2013. №14. S. 49-51.
2. Kur'ânov V.N., Kur'ânova E.V. Planirovanie remontov vetrogeneratorov po pokazaniâmi izmeritel'noj sistemy kontrolâ vyrabotki i poter' êlektroênergii // Al'ternativnaâ ênergetika i êkologiâ – ISJAE. 2013. № 14. S. 36-40.
3. Šefter Â.I. Ispol'zovanie ênergii vetra. M.: Ènergoatomizdat, 1983.
4. Fateev E.M. Vetrodvigateli i vetroustanovki. M.: OGIZ, 1948.

Транслитерация по ISO 9:1995



УДК 551.551

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОБОБЩЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДИНАМИКИ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

Е.В. Капля

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Установлена статистическая закономерность в хаотической динамике направления ветра. Выполнена аппроксимация плотности распределения приращения угла направления ветра путем обобщения логистического закона. Параметры аппроксимационной функции вычислены по экспериментальным данным на основе метода наименьших квадратов. Согласие предложенной функции с метеорологическими данными проверено с помощью критериев согласия Пирсона и Колмогорова.

Ключевые слова: направление ветра, приращение угла направления ветра, плотность вероятности, логистическое распределение, аппроксимационная функция, ветроэнергетическая установка.

THE PARAMETRIC GENERALIZATION OF THE LOGISTIC DISTRIBUTION IN THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF WIND DIRECTION

E.V. Kaplya

Volzhsy Branch of the National Research University
«Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

Found the statistical regularity in the chaotic dynamics of the wind direction. Made approximation of the density distribution of the increment of the angle of wind direction by generalization of the logistic distribution. The parameters of the approximating function is computed from the experimental data based on the method of least squares. The proposed consent of the approximating function with meteorological data tested using the goodness-of-fit Pearson and Kolmogorov tests.

Keywords: wind direction, increment angle wind direction, probability density, logistic distribution, approximation function, wind power plant.



Егор Викторович
Капля
Egor V. Kaplya

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» ВФ МЭИ, ведущий научный сотрудник лаборатории диагностики и прогнозирования.

Образование: Волгоградский государственный технический университет (2000).

Область научных интересов: энергетика, автоматизация.

Публикации: 62.

Information about the author: candidate of physical and mathematical sciences, docent faculty «Automation of technological processes and productions» of the Volzhsky branch of Moscow power institute, leading researcher in laboratory of diagnostics and prediction of the Volzhsky branch of Moscow power institute.

Education: Volgograd State Technical University (2000).

Research area: power engineering, automation.

Publications: 62.

Введение

Порывистость и завихренность воздушных потоков влияет на стабильность производительности ветроэнергетических установок (ВЭУ). Современные промышленные ВЭУ имеют автоматическую систему ориентации ветроколеса [1, 2]. Система ориентации не должна реагировать на кратковременные изменения направления ветра. С целью оптимизации энергетических затрат на повороты ВЭУ необходима настройка чувствительности системы ориентации. Настройка системы ориентации возможна на основе измеренных и вычисленных динамических характеристик воздушных потоков в месте расположения ВЭУ.

При моделировании переходных процессов и процессов управления приводами ВЭУ целесообразно учитывать изменения направления воздушного потока [3]. Статистический анализ приращений угла направления ветра позволяет выявить закономерности в динамике направления ветра.

Цели исследования:

1. Аппроксимация плотности распределения приращения угла направления ветра.
2. Проверка согласия предложенного гипотетического закона распределения с экспериментальными данными.

Динамика направления воздушного потока

При имитационном моделировании переходных процессов ВЭУ целесообразно использовать дискретную математическую модель воздушного потока, которая содержит угол ориентации вектора усредненной мгновенной скорости воздушного потока γ_q в момент времени $t_q = q\Delta t + t_0$, где q – номер дискретного момента времени; t_0 – начальный момент времени; Δt – величина приращения времени.

Эволюция направления воздушного потока в заданной точке пространства задается рекуррентной формулой: $\gamma_{q+1} = \gamma_q + \Delta\gamma_q$. Величины приращений $\Delta\gamma_q$ образуют случайную временную последовательность. Вероятностные характеристики и свойства последовательности приращений угла $\Delta\gamma_q$ зависят от соответствующей выбранной величины Δt . Выявление свойств указанной последовательности возможно на основе статистического и корреляционного анализа экспериментальных данных.

Описание массива экспериментальных данных

Экспериментальные данные получены на метеостанции ВФ МЭИ в г. Волжском Волгоградской обл. Метеостанция содержит ультразвуковой анемометр WXT-520 фирмы Vaisala [4]. Ультразвуковые датчики направления и скорости ветра не обладают инерционными свойствами в отличие от электромеханических датчиков с пропеллером. Это преимущество

позволяет использовать ультразвуковые датчики для измерений быстроизменяющихся характеристик воздушного потока.

Результаты измерений угла γ направления ветра сохранены метеостанцией после округления до целых чисел в диапазоне $1^\circ, 2^\circ, \dots, 360^\circ$. Период опроса датчика равен $\Delta t = 3$ с. Каждому измерению угла γ и скорости ветра v сопоставим номер измерения S .

Нулевой угол γ имеет вектор скорости ветра, направленный с севера на юг. Положительное приращение угла $\Delta\gamma$ соответствует повороту вектора мгновенной скорости ветра $\vec{v}$ по часовой стрелке на угол, не превышающий 180° . Отрицательное приращение $\Delta\gamma$ соответствует повороту вектора $\vec{v}$ против часовой стрелки (рис. 1).

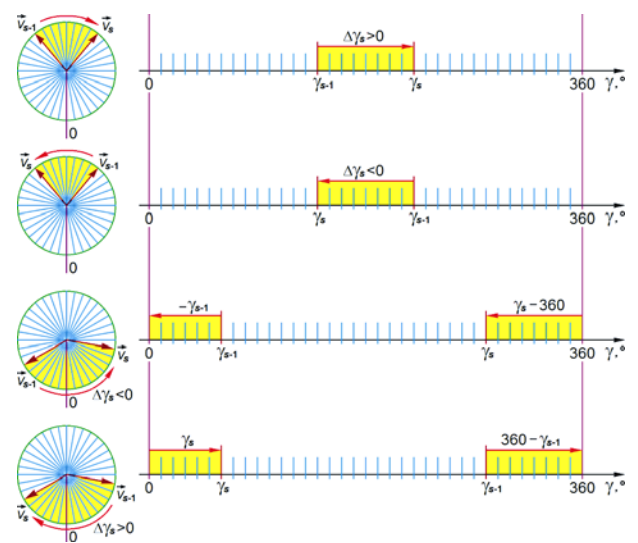


Рис. 1. Схема возможных изменений угла направления ветра: слева – направления векторов мгновенной скорости ветра; справа – развертка секторов, соответствующих приращениям угла направления ветра

Fig. 1. Scheme of possible changes in the angle of the wind direction: on the left – direction vectors of the instantaneous wind speed; right – scan sectors corresponding to the increments of the angle of wind direction

Величину приращения $\Delta\gamma$ угла направления ветра имеет смысл рассматривать в полуинтервале $\Delta\gamma \in (-180^\circ; +180^\circ]$. Границы области определения измеренного угла γ замкнуты, поэтому величина $\Delta\gamma$ определяется выражением

$$\Delta\gamma_s = \begin{cases} \gamma_s - \gamma_{s-1}, & \text{если } |\gamma_s - \gamma_{s-1}| \leq \vartheta, \\ \gamma_s - \gamma_{s-1} - 2\vartheta, & \text{при } -\vartheta < (\gamma_s - \gamma_{s-1} - 2\vartheta) < 0, \\ \gamma_s - \gamma_{s-1} + 2\vartheta, & \text{при } 0 < (\gamma_s - \gamma_{s-1} + 2\vartheta) < \vartheta, \end{cases}$$

где S – номер измерения угла; $\vartheta = 180^\circ$.

Величина $\Delta\gamma_s$ принимает целые значения в диапазоне $1 - \vartheta \leq \Delta\gamma_s \leq \vartheta$. Допустимые значения $\Delta\gamma$ пронумеруем: $\Delta\gamma_i = i - \vartheta$, где $i = 1, 2, \dots, M$; $M = 360$.

Эмпирическая функция плотности распределения $\Delta\gamma$ равна отношению $f_e(i, T) = n(i, T)/N(T)$, где T – продолжительность измерений; $N(T)$ – объем анализируемой экспериментальной выборки.

Величина $N(T)$ равна сумме $N(T) = \sum_{i=1}^M n(i, T)$, где $n(i, T)$ – количество экспериментальных значений $\Delta\gamma_i$, равных $\Delta\gamma_i$.

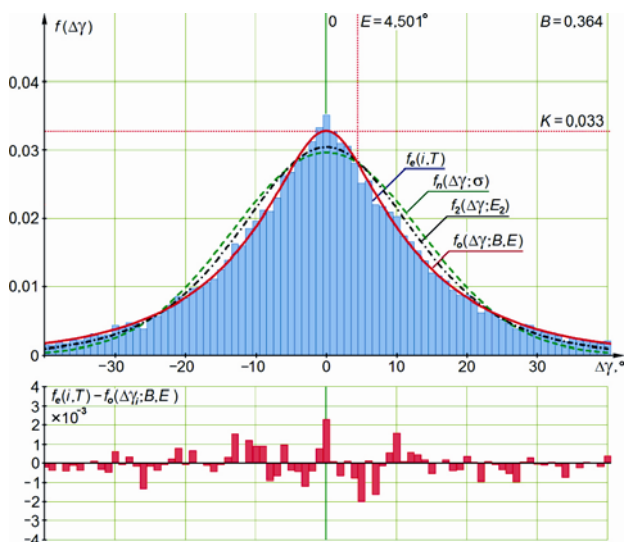


Рис. 2. Плотность распределения вероятности $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ приращения угла направления ветра и нормированная гистограмма $f_e(i, T)$, построенная по суточной выборке 10 марта 2014

Fig. 2. The density of the probability distribution $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ of the increment angle of wind direction and normalized histogram $f_e(i, T)$, constructed by daily sampling March 10, 2014

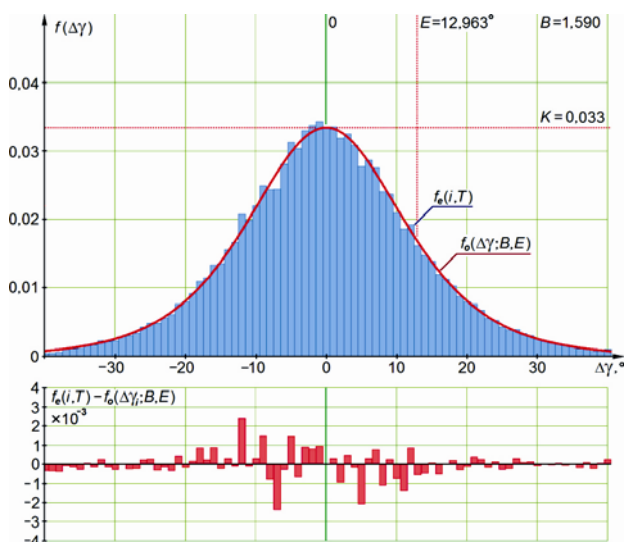


Рис. 3. Плотность распределения вероятности $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ приращения угла направления ветра и нормированная гистограмма $f_e(i, T)$, построенная по суточной выборке 18 марта 2014

Fig. 3. The density of the probability distribution $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ of the increment angle of wind direction and normalized histogram $f_e(i, T)$, constructed by daily sampling March 18, 2014

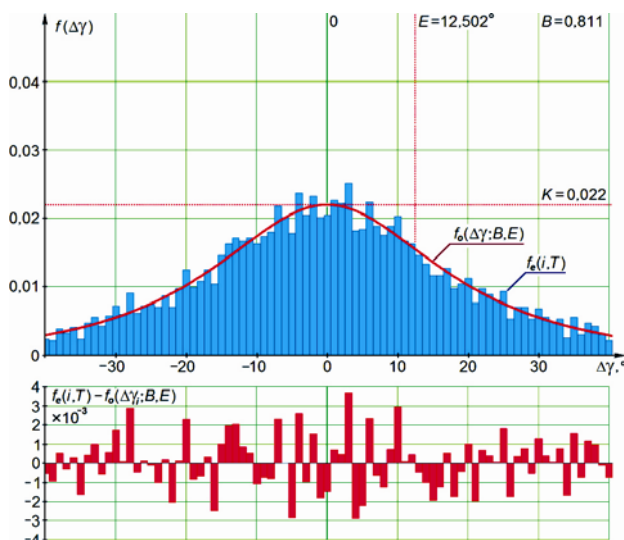


Рис. 4. Плотность распределения вероятности $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ приращения угла направления ветра и нормированная гистограмма $f_e(i, T)$, построенная по 4-часовой выборке 00-04 часа 10 марта 2014

Fig. 4. The density of the probability distribution $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ of the increment angle of wind direction and normalized histogram $f_e(i, T)$, constructed by the 4-hour sample 00-04 hours on March 10, 2014

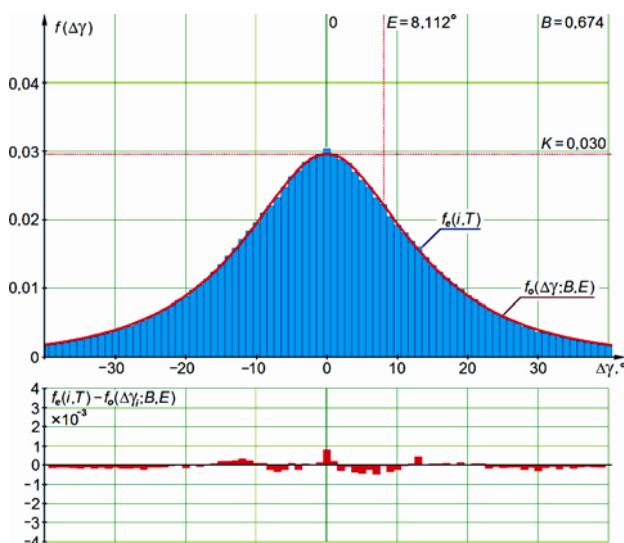


Рис. 5. Плотность распределения вероятности $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ приращения угла направления ветра и нормированная гистограмма $f_e(i, T)$, построенная по месячной выборке марта 2014

Fig. 5. The density of the probability distribution $f_0(\Delta\gamma; B, E)$ of the increment angle of wind direction and normalized histogram $f_e(i, T)$, constructed by monthly sampling March 2014

Результаты расчета эмпирической плотности распределения вероятности приращения угла направления ветра за интервал времени $\Delta t = 3$ с представлены на рис. 2-5 столбчатыми гистограммами. Форма экспериментальных гистограмм близка к симметричной. Аналогичные гистограммы получены иностранными исследователями [5] в других районах Земли.

Коэффициент эксцесса плотности распределения

Количественная характеристика островершинности эмпирической функции плотности распределения – выборочный коэффициент эксцесса (ВКЭ), который вычисляют по формуле [6]

$$\Lambda_x = \frac{\left[\frac{1}{N(T)} \sum_{k=1}^{N(T)} (x_k - \bar{x})^4 \right]}{\left[\frac{1}{N(T)} \sum_{k=1}^{N(T)} (x_k - \bar{x})^2 \right]^2} - 3.$$

Примем в качестве x приращение угла $\Delta\gamma$. ВКЭ, найденный по месячным выборкам приращения угла направления ветра, принадлежит отрезку от 10 до 13. ВКЭ, вычисленный на основе суточных выборок, варьируется в пределах от 4 до 22. ВКЭ, найденный по 4-часовым выборкам приращения угла направления ветра, принадлежит отрезку от 1 до 57. Значения ВКЭ не зависят от времени года и могут существенно меняться в течение суток.

Нормальное распределение имеет нулевой эксцесс, поэтому аппроксимация эмпирической плотности распределения приращения угла направления ветра нормальным законом некорректна. Аппроксимацию эмпирической плотности распределения приращения угла направления ветра целесообразно осуществлять на основе функции с варьируемым коэффициентом эксцесса.

Аппроксимация плотности распределения

Эмпирические плотности распределения приращения угла направления ветра аппроксимируем функцией

$$f(\Delta\gamma; B, E) = K \left[\operatorname{sech}(\Delta\gamma/E) \right]^B, \quad (1)$$

где K – нормировочный коэффициент; E – угловой параметр; B – безразмерный степенной параметр.

Параметр E имеет размерность угла (размерность величины $\Delta\gamma$); коэффициент K обладает обратной размерностью.

Из условия нормировки плотности распределения следует равенство

$$\int_{-\vartheta}^{+\vartheta} K \left[\operatorname{sech}(\Delta\gamma/E) \right]^B d(\Delta\gamma) = 1. \quad (2)$$

Выразив нормировочный коэффициент K из (2), можно привести (1) к двухпараметрическому виду:

$$f_o(\Delta\gamma; B, E) = \frac{\left[\operatorname{sech}(\Delta\gamma/E) \right]^B}{\int_{-\vartheta}^{+\vartheta} \left[\operatorname{sech}(\Delta\gamma/E) \right]^B d(\Delta\gamma)}. \quad (3)$$

Функции (1) и (3) обладают симметрией и нулевым математическим ожиданием. Коэффициент экс-

цесса функции (3) зависит от параметров B и E . Наличие двух независимых параметров обуславливает вариабельность формы плотности распределения (3). Диапазон значений коэффициента эксцесса, обеспечиваемый (3), достаточен для качественной аппроксимации экспериментальных данных.

Величины B и E целесообразно определять методом наименьших квадратов в результате минимизации целевой функции $R(B, E)$:

$$R(B, E) = \sum_{i=1}^M \left[f_e(i, T) - f_o(\Delta\gamma_i; B, E) \right]^2. \quad (4)$$

Значения параметров аппроксимационной функции (3) зависят от периода дискретизации времени Δt и продолжительности T измерений. Для выборок объемом $N = 4800$ (что соответствует $T = 4$ ч при $\Delta t = 3$ с) величины B и E характеризуются диапазонами: $0,010 \leq B \leq 1,920$, $0,088^\circ \leq E \leq 20,129^\circ$. Значения параметров, вычисленные по месячным выборкам, принадлежат более узким отрезкам: $0,53 \leq B \leq 0,67$, $6,16^\circ \leq E \leq 8,12^\circ$.

На основе (3) и найденных значений параметров B и E построены непрерывные статистические распределения плотности вероятности $\Delta\gamma$. Сплошными линиями на рис. 2-5 показаны теоретические плотности распределения $f_o(\Delta\gamma; B, E)$.

Абсолютные отклонения $f_o(\Delta\gamma; B, E)$ от $f_e(i, T)$ представлены на рис. 2-5 столбчатыми диаграммами в нижней части рисунков. Увеличение объема выборки приводит к уменьшению отклонений теоретических распределений от эмпирических, что подтверждает статистическую устойчивость аппроксимации.

На рис. 2 показаны три распределения вероятности: $f_o(\Delta\gamma; B, E)$ – предлагаемый закон распределения; $f_2(\Delta\gamma; E_2)$ – логистический закон распределения; $f_n(\Delta\gamma; \sigma)$ – нормальный закон распределения. Параметры этих распределений найдены методом наименьших квадратов в результате минимизации целевых функций, аналогичных (4). Предлагаемый закон распределения $f_o(\Delta\gamma; B, E)$ имеет минимальное отклонение от нормированной экспериментальной гистограммы $f_e(i, T)$.

Частные случаи аппроксимационной функции

Когда $B = 1$ и $\vartheta = \infty$, (3) приводится к виду

$$f_1(\Delta\gamma; E) = \frac{1}{\pi|E|} \operatorname{sech}(\Delta\gamma/E). \quad (5)$$

Когда $B = 2$ и $\vartheta = \infty$, (3) соответствует логистическому распределению [7] с нулевым математическим ожиданием:

$$f_2(\Delta\gamma; E) = \frac{1}{2|E|} \operatorname{sech}^2(\Delta\gamma/E). \quad (6)$$

Распределения, заданные (5) и (6), характеризуются постоянным коэффициентом эксцесса. В частности, коэффициент эксцесса логистического распределения равен 1,2. Следовательно, (5) и (6) не являются универсальным описанием распределения плотности вероятности приращения угла направления ветра.

Проверка согласия гипотетического закона распределения с экспериментальными данными

Проверка гипотез о согласии гипотетических законов распределения с экспериментальными данными выполнена на основе критерия Пирсона и критерия Колмогорова.

Статистика критерия Пирсона определяется формулой [8]:

$$G(T) = N(T) \sum_{i=1}^M \frac{[f_e(i, T) - P(i, T)]^2}{P(i, T)},$$

где $N(T)$ – количество учитываемых экспериментальных значений $\Delta\gamma$; $P(i, T)$ – теоретическая вероятность попадания в интервал с номером i .

Величина $P(i, T)$ определяется интегралом

$$P(i, T) = \int_{\Delta\gamma_i - \delta/2}^{\Delta\gamma_i + \delta/2} f_o[\Delta\gamma; B(T), E(T)] d(\Delta\gamma),$$

где δ – ширина каждого интервала; $\delta = 1^\circ$; $\Delta\gamma_i$ – середина i -го интервала градации величины $\Delta\gamma$.

Критическое значение $\tilde{G}$ статистики критерия Пирсона равно квантили $q\chi^2(\tilde{p}, \nu)$ распределения хи-квадрат с доверительной вероятностью $\tilde{p}$ и числом степеней свободы ν , где $\nu = M - r - 1$, $\tilde{p} = 1 - \alpha$; α – уровень значимости критерия; r – число оцениваемых параметров распределения.

Гипотеза о согласии аппроксимационной функции с экспериментальными данными считается подтвержденной, если выполняется условие

$$G(T) < \tilde{G}. \quad (7)$$

Статистика критерия Колмогорова определяется формулой [8]

$$G(T) = \sqrt{N(T)} \sup_{\Delta\gamma_i} |F_e(\Delta\gamma_i, T) - F_0(\Delta\gamma_i; B(T), E(T))|,$$

где $F_e(\cdot)$ – эмпирическая функция распределения $\Delta\gamma$, построенная по экспериментальным данным; $F_0(\cdot)$ – теоретическая функция распределения.

Критическое значение $\tilde{G}$ статистики критерия Колмогорова равно квантили распределения Стьюдента [8] с доверительной вероятностью $\tilde{p}$ и числом степеней свободы ν . Проверяемая гипотеза считается подтвержденной, если выполняется условие, аналогичное (7).

Уровень значимости критериев согласия задан равным $\alpha = 0,05$, что соответствует доверительной вероятности $\tilde{p} = 95\%$.

Гипотезы о согласии стандартных законов распределения (нормального и логистического) с экспериментальными гистограммами на основе критериев согласия Пирсона и Колмогорова не подтвердились.

Согласие экспериментальных 4-часовых выборок с предложенной формулой (3) подтверждается критериями согласия Пирсона и Колмогорова с указанной доверительной вероятностью при $T = 4$ ч и $\Delta t = 3$ с. Условие (7) выполняется для всех исследованных экспериментальных выборок продолжительностью не более 4 часов и для малой части суточных выборок при $\Delta t = 3$ с, что подтверждает гипотезу о согласии экспериментальных данных с предложенной статистической формулой (3) для выборок продолжительностью в несколько часов. Значения статистики для 4-часовой выборки (00-04 часа 10 марта 2014 г.) приведены в таблице.

Экспериментальные и критические значения
статистики
Experimental and critical values of statistics

Критерий согласия	$G(T = 4 \text{ ч})$	$\tilde{G}$
Пирсона	188,68	210,13
Колмогорова	1,334	1,653

Теоретические распределения плотности вероятности, полученные на основе (3), визуально соответствуют (рис. 5) экспериментальным гистограммам, построенным на основе месячных выборок, однако гипотеза о согласии (3) с месячными выборками не подтверждается на основе критериев согласия Пирсона и Колмогорова. Гипотеза о согласии не подтверждается на основе указанных критериев и для большинства суточных выборок.

Анализ результатов на основе теории турбулентности

Теория турбулентности Колмогорова [9, 10] предполагает наличие процесса каскадного дробления крупных вихрей. Энергетический спектр, построенный в [11] на основе экспериментальных наблюдений, имеет два максимума. В спектре пульсаций скорости воздушных потоков существует «провал», который разделяет мелкомасштабные и мезомасштабные движения воздушных потоков [11]. Частотный диапазон «провала» соответствует промежуткам времени порядка 1 часа.

Гипотеза о согласии плотности распределения экспериментальных данных с (3) подтверждается на основе критериев согласия для выборок продолжительностью до нескольких часов, т.е. для мелкомасштабных вихрей.

Дрейф значений параметров закона распределения (3) обусловлен мезомасштабными движениями воздушных потоков в атмосфере. Циклоны и другие мезомасштабные вихревые структуры вызывают изменение параметров функции (3) во времени.

Адаптивная система управления ВЭУ может периодически вычислять значения параметров B и E по часовым выборкам угла направления ветра и использовать найденные значения параметров в корректировке чувствительности системы ориентации ветроколеса.

Заключение

Идентифицирована формула, соответствующая закону распределения вероятности приращения угла направления ветра за равные промежутки времени. Идентификация формулы выполнена по экспериментальным выборкам углов направления ветра.

Плотность распределения вероятности приращения угла направления ветра можно аппроксимировать функцией

$$f_0(\Delta\gamma; B, E) = \frac{[\operatorname{sech}(\Delta\gamma/E)]^B}{\int_{-\theta}^{+\theta} [\operatorname{sech}(\Delta\gamma/E)]^B d(\Delta\gamma)}.$$

Предложенная формула получена в результате обобщения логистического закона распределения путем введения дополнительного степенного параметра B . Параметры аппроксимационной функции вычислены по экспериментальным данным на основе метода наименьших квадратов. Соответствие полученной аппроксимационной функции метеорологическим данным подтверждается с помощью критериев согласия Пирсона и Колмогорова для выборок продолжительностью до нескольких часов.

Список литературы

1. Gasch R., Twele J. Wind power plants: Fundamentals, design, construction and operation, 2 ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
2. Hansen M.O.L. Aerodynamics of wind turbines. 2nd ed., Earthscan, 2008.
3. Капля Е.В. Математическая модель переходных процессов поворотно-лопастной ветроэнергетической установки // Математическое моделирование. 2013. Т. 25, № 12. С. 33-43.
4. Vaisala weather transmitter WXT520. Helsinki: Vaisala, 2010.
5. Mahrt L. Surface wind direction variability // Journal of applied meteorology and climatology. 2011. Vol. 50. P. 144-152.
6. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справ. изд. М.: Финансы и статистика, 1983.
7. Balakrishnan N. Handbook of the logistic distribution. New York: Marcel Dekker, 1992.
8. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. М.: Высш. шк., 1984.
9. Birnir B. The Kolmogorov-Obukhov theory of turbulence. A mathematical theory of turbulence. Springer, 2013.
10. Durbin P.A., Pettersson-Reif B.A. Statistical theory and modeling for turbulent flows. 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
11. Simiu E., Scanlan R.H. Wind effects on structures: fundamentals and applications to design. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 1996.

References

1. Gasch R., Twele J. Wind power plants: Fundamentals, design, construction and operation, 2 ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
2. Hansen M.O.L. Aerodynamics of wind turbines. 2nd ed., Earthscan, 2008.
3. Kaplâ E.V. Matematičeskaâ model' perehodnyh processov povorotno-lopastnoj vetroënergetičeskoj ustanovki // Matematičeskoe modelirovanie. 2013. T. 25, № 12. S. 33-43.
4. Vaisala weather transmitter WXT520. Helsinki: Vaisala, 2010.
5. Mahrt L. Surface wind direction variability // Journal of applied meteorology and climatology. 2011. Vol. 50. P. 144-152.
6. Ajvazân S.A., Enûkov I.S., Mešalkin L.D. Prikladnaâ statistika: Osnovy modelirovaniâ i pervičnaâ obrabotka dannyh. Sprav. izd. M.: Finansy i statistika, 1983.
7. Balakrishnan N. Handbook of the logistic distribution. New York: Marcel Dekker, 1992.
8. Ivčenko G.I., Medvedev Ū.I. Matematičeskaâ statistika. M.: Vysš.šk., 1984.
9. Birnir B. The Kolmogorov-Obukhov theory of turbulence. A mathematical theory of turbulence. Springer, 2013.
10. Durbin P.A., Pettersson-Reif B.A. Statistical theory and modeling for turbulent flows. 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
11. Simiu E., Scanlan R.H. Wind effects on structures: fundamentals and applications to design. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 1996.

Транслитерация по ISO 9:1995





ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ЗАКЛАДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСА

П.В. Шамигулов, Е.В. Дорошенко

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском

404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69

Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 21-01-66, e-mail: vfmei@vfmei.ru, sheka90@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Статья относится к области нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Рассматривается задача повышения эффективности грунтового теплового насоса, снабженного горизонтальным теплообменником. Решение задачи осуществляется в рамках математической модели грунта как полубесконечного тела с равномерными теплофизическими свойствами. На основании дифференциального уравнения теплопроводности определены временные и частотные характеристики грунта как динамического объекта. Проведен анализ изменения температуры по глубине грунта вследствие годового цикла среднесуточной температуры окружающего воздуха. На основании этого анализа сделан вывод о наличии зоны, при расположении в которой теплообменник будет функционировать в условиях максимальной разности температуры грунта на глубине закладки и температуры воздуха. Определены математические соотношения, позволяющие определить оптимальную глубину закладки теплообменника в зависимости от коэффициента температуропроводности грунта. Результаты работы могут быть использованы при проектировании теплообменных контуров грунтовых тепловых насосов с горизонтальным расположением теплообменников.

Ключевые слова: тепловой насос, грунтовой тепловой насос, горизонтальный грунтовой теплообменник, температура грунта, температуропроводность грунта, температура воздуха.

DETERMINING OF THE OPTIMAL PLACEMENT DEPTH FOR A HORIZONTAL HEAT EXCHANGER OF A HEAT PUMP

P.V. Shamigulov, E.V. Doroshenko

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»

69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia

Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 21-01-66, e-mail: vfmei@vfmei.ru, sheka90@mail.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

The article relates to the field of alternative and renewable energy sources. The problem of increasing the efficiency of ground source heat pump equipped with a horizontal heat exchanger is considered. The problem is solved in the framework of the mathematical model of soil as a semi-infinite body with uniform thermal properties. Time and frequency characteristics of the soil as a dynamic object are defined by the heat differential equation. The analysis of the temperature change in the depth of soil due to the annual cycle average daily ambient temperature is considered. Based on this analysis, the conclusion of a zone existing where the heat exchanger will operate with a maximum temperature difference between the soil at the depth of laying and ambient temperature. The mathematical relations that allow to determine the optimum placement depth of the heat exchanger, depending on the thermal diffusivity of the soil, are obtained. The results can be used for the design of heat exchange circuit with soil source heat pumps with horizontal heat exchangers.

Keywords: heat pump, soil heat pump, horizontal soil heat exchanger, soil temperature, the thermal diffusivity of soil, soil temperature.



Петр Валерьевич
Шамигулов
Peter V. Shamigulov

Сведения об авторе: зав. кафедрой «Электроэнергетика и электротехника» филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

Образование: Волгоградский гос. технический университет (1996).

Область научных интересов: электротехника, электроника, автоматизация технологических процессов.

Публикации: более 20.

Information about the author: Volzhsky branch of National Research University «Moscow Power Engineering Institute», head of the chair “Power and Electrical Engineering”.

Education: Volgograd State Technical University (1996).

Research area: electrical engineering, electronics, automation of technological processes.

Publications: more then 20.



Евгения
Владимировна
Дорошенко
Evgenia V. Doroshenko

Сведения об авторе: инженер филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

Образование: НИУ «МЭИ» в г. Волжском (2014).

Область научных интересов: теплоэнергетика и электроэнергетика.

Information about the author: Volzhsky branch of National Research University «Moscow Power Engineering Institute», engineer.

Education: Volzhsky Branch of National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (2014).

Research area: heat and electricity.

Введение

В условиях постоянно растущих цен на углеводородное топливо все более востребованными становятся нетрадиционные источники энергии. Среди них достаточно востребованными и доступными являются источники, использующие тепловой потенциал окружающей среды, в частности – тепловые насосы с грунтовым теплообменом. Одним из основных преимуществ этих источников является возможность не только извлечения, но и утилизации тепловой энергии – кондиционирование. Однако их использование сопряжено с ключевой проблемой – низкой плотностью энергии, извлекаемой с единицы поверхности теплообмена. В связи с этим актуальной является задача определения оптимальных условий расположения теплообменных устройств, с тем чтобы получить максимальную энергоэффективность при ограниченных геометрических и энергетических параметрах теплового насоса.

В данной статье рассматривается решение задачи об оптимальной с точки зрения энергоэффективности глубине закладки грунтового теплообменника горизонтального расположения. Очевидно, что точное решение данной задачи требует точных исходных данных относительно теплофизических свойств грунта в месте закладки теплообменника и в некоторой области вокруг него, геометрии и теплофизиче-

ских свойств расположенных поблизости зданий, инженерных коммуникаций, климатических условий в данной местности и т.д. Также очевидно, что точное знание всех необходимых параметров и внешних условий на практике неосуществимо. Кроме того, математическая модель, учитывающая все эти факторы, вряд ли будет иметь общее аналитическое решение. Численные же решения обладают ограниченным потенциалом их анализа. В статье делается попытка получения сравнительно простой аналитической модели, позволяющей оценить разность температур наружного воздуха и грунта на заданной глубине и на основе этого решения определить рациональную глубину закладки горизонтального теплообменника.

Теоретический анализ

Объектом исследования являются грунтовые теплообменники горизонтального расположения. Критерием энергоэффективности такого теплообменника будем считать разность температуры грунта на глубине закладки теплообменника и среднесуточной температуры наружного воздуха. Положительное значение этой разности обеспечит эффективную работу теплового насоса в режиме отопления в холодное время года, а отрицательное – в режиме кондиционирования в теплое время года.

При построении математической модели примем следующие допущения и упрощения:

- грунт будем считать полубесконечным однородным анизотропным телом с постоянным коэффициентом температуропроводности a ;
- температура поверхности почвы $\Theta_s(t)$ как функция времени равна среднесуточной температуре наружного воздуха; на поверхности полубесконечного тела имеют место граничные условия первого рода;
- учитывая, что горизонтальные теплообменники закладываются на сравнительно небольшую глубину, влиянием геотермального тепла пренебрегаем; температуру грунта на значительном расстоянии от поверхности считаем равной среднегодовой температуре наружного воздуха для данной местности Θ_0 ;
- влиянием зданий и инженерных коммуникаций на температуру грунта пренебрегаем;
- высота теплообменника мала по сравнению с глубиной закладки, теплообменник располагается горизонтально на некоторой определенной глубине x ;
- будем считать, что энергетическая эффективность теплообменника определяется разностью температур наружного воздуха и температурой грунта на глубине x на таком горизонтальном удалении от теплообменника, что влиянием теплового потока от теплообменника на температуру грунта можно пренебречь.

При указанных допущениях математическая модель распределения температуры грунта представляет собой линейное дифференциальное уравнение в частных производных [1]:

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \Theta}{\partial t}, \quad (1)$$

где $\Theta = \Theta(t, x)$ – температура грунта на глубине x в момент времени t .

Для начальных условий $\Theta(0, x) = \Theta_0$ и граничных условий первого рода $\Theta(t, 0) = \Theta_{s0}$ для $t > 0$ аналитическое решение данного уравнения [1]:

$$\theta(t, x) = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right), \quad (2)$$

где $\theta(t, x)$ – относительная температура грунта:

$$\theta(t, x) = \frac{\Theta(t, x) - \Theta_0}{\Theta_{s0} - \Theta_0}.$$

При таких начальных и граничных условиях решение (2) представляет собой переходную характеристику динамического объекта, то есть реакцию объекта на единичное ступенчатое внешнее воздействие. Тогда импульсная переходная характеристика

$$w(t, x) = \frac{d\theta}{dt} = \frac{ax}{2\sqrt{\pi}(at)^{3/2}} \exp(-x^2/4at), \quad (3)$$

$$w(t, x) = 0 \text{ при } t < 0,$$

может быть использована для определения изменения температуры грунта при произвольном изменении температуры поверхности при помощи интеграла Дюамеля:

$$\theta(t, x) = \int_0^t \theta_s(\tau) w(t - \tau, x) d\tau, \quad (4)$$

где $\theta_s(t)$ – относительная температура поверхности.

Результаты численных расчетов по (4) для

$$\theta_s(t) = -\sin\left(\frac{2\pi}{365 \cdot 24 \cdot 3600} t\right) \quad (5)$$

приведены на рис. 1.

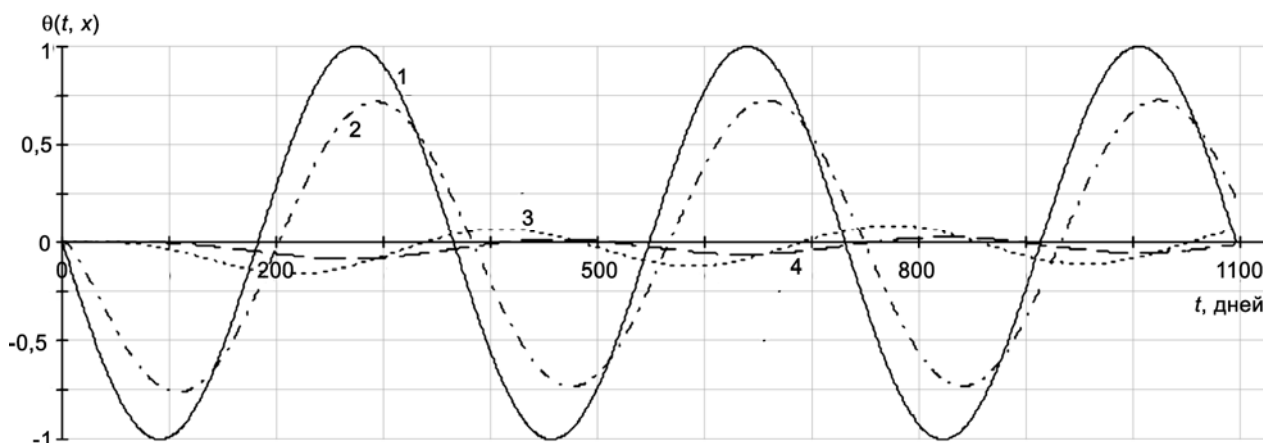


Рис. 1. Изменение температуры грунта на различной глубине ($a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$):
1 – на поверхности; 2 – на глубине 1 м; 3 – на глубине 7,24 м; 4 – на глубине 10 м

Fig. 1. Change in soil temperature at different depths ($a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$):
1 – on the ground surface; 2 – at a depth of 1 m; 3 – at a depth of 7.24 m; 4 – at a depth of 10 m

Выражение (5) соответствует идеализированному годовому циклу изменения среднесуточной относительной температуры. При этом относительный нуль температуры соответствует ее среднегодовому значению, а относительная единица – амплитуде изменения среднесуточной температуры в годовом цикле. Отклонения формы кривой изменения среднесуточной температуры в годовом цикле от идеализированной зависимости (5), а также суточные циклы изменения температуры могут быть представлены в виде гармонических составляющих более высоких порядков, влияние которых на глубинах порядка нескольких метров можно считать незначительным, как это будет показано ниже.

Как видно из рис. 1, на некоторой глубине, зависящей от a , колебания температуры грунта находятся в противофазе с изменениями среднесуточной температуры окружающей среды. Это обстоятельство можно использовать для увеличения энергетической эффективности теплового насоса, одной из составляющих которой является разность температур конечных сред теплообмена, в случае грунтового теплового насоса – температуры окружающей среды и температуры грунта. Здесь следует отметить, что глубина слоев, в которых температура находится в противофазе с температурой поверхностных слоев, составляет, в зависимости от величины a , от 5 до 10 м, что существенно превышает глубину закладки горизонтальных теплообменников в соответствии с существующей практикой – от 1,5 до 2 м. Закладка теплообменника на большую глубину вызовет существенное увеличение стоимости строительно-монтажных работ, что отрицательно скажется на экономической эффективности теплового насоса. Однако за счет более эффек-

тивного теплообмена общая эффективность теплового насоса с увеличенной глубиной закладки горизонтального теплообменника может оказаться положительной в условиях длительной интенсивной эксплуатации. Определение итоговой экономической эффективности выходит за рамки данной статьи, цель которой – определить оптимальную с точки зрения разности температур конечных сред глубину закладки теплообменника.

Зависимость разности температур поверхностного слоя и грунта на различной глубине, определенная по (4) для граничных условий (5), приведена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, на определенных глубинах разность между среднесуточной температурой окружающей среды и температурой грунта достигает значений, превышающих текущую относительную температуру.

Для аналитического определения зависимости разности температур от глубины закладки теплообменника определим частотные характеристики грунта – амплитудную и фазовую. В соответствии с методикой [2] дифференциальное уравнение (1) при граничных условиях первого рода может быть представлено передаточной функцией следующего вида:

$$W(p, x, a) = \exp(-x\sqrt{p/a}), \quad (6)$$

где p – комплексная переменная.

Тогда амплитудно-частотная характеристика (АЧХ):

$$A(\omega) = |W(i\omega, x, a)| = \exp(-x\sqrt{\omega/2a}), \quad (7)$$

где ω – циклическая частота; i – мнимая единица.

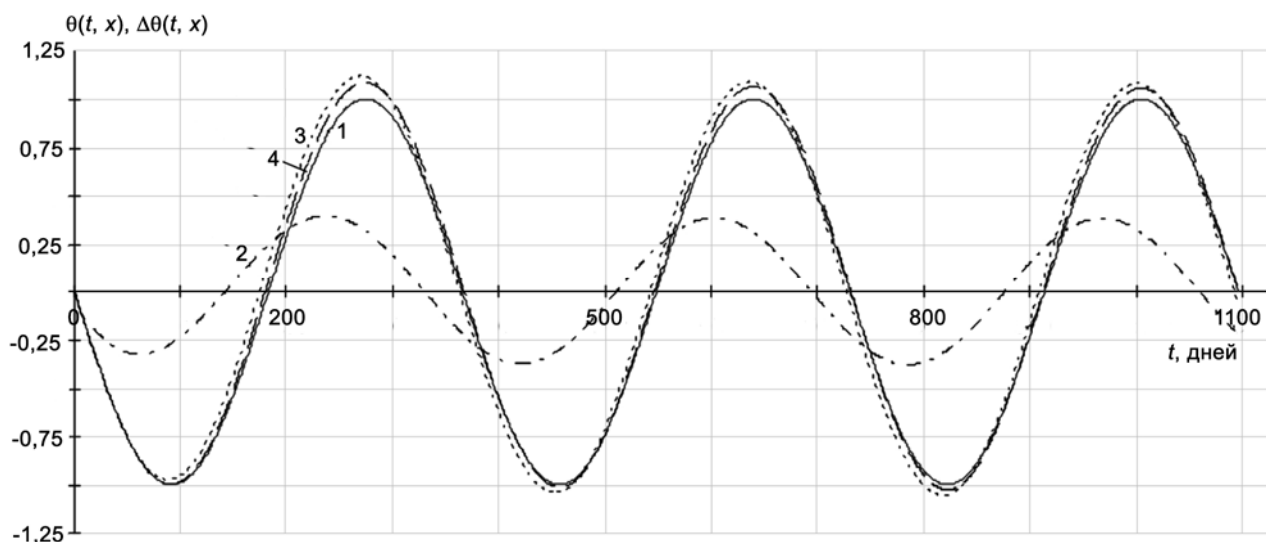


Рис. 2. Изменение разности температур поверхности и грунта на различной глубине ($a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$):

1 – температура поверхности (среднесуточная температура окружающей среды); 2 – разность температур для грунта на глубине 1 м; 3 – разность температур для грунта на глубине 7,24 м; 4 – разность температур для грунта на глубине 10 м

Fig. 2. Changing the temperature difference for the surface and the soil at various depths ($a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$):

1 – surface temperature (the average daily temperature of the environment); 2 – the temperature difference for the soil to a depth of 1 m; 3 – the temperature difference for the soil to a depth of 7.24 m; 4 – the temperature difference for the soil to a depth of 10 m

Фазочастотная характеристика (ФЧХ):

$$\varphi(\omega) = \arg(W(i\omega, x, a)) = -x\sqrt{\omega/2a}. \quad (8)$$

График АЧХ приведен на рис. 3. Здесь и далее все частотные характеристики определены для $a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

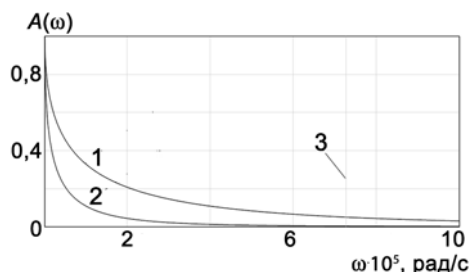


Рис. 3. АЧХ грунта как динамического объекта:
1 – на глубине 0,5 м; 2 – на глубине 1 м;
3 – отметка частоты, соответствующая дневному циклу изменения температуры

Fig. 3. Frequency response of soil as a dynamic object:
1 – at a depth of 0.5 m; 2 – at a depth of 1 m;
3 – the mark of the frequency corresponding to the daily cycle of temperature change

Как видно из рис. 3, уже на глубине 0,5 м гармоническая составляющая суточных колебаний температур составляет величину порядка 5% от амплитуды колебаний температуры на поверхности. Остальные гармонические составляющие, соответствующие случайным изменениям температуры, могут иметь как большие, так и меньшие частоты, но в силу незначительной по сравнению с годовой или суточной амплитудой не будут оказывать существенного влияния на распределение температуры по глубине грунта. На глубинах же более 1 м влияние других составляющих, кроме годовой, тем более незначительно.

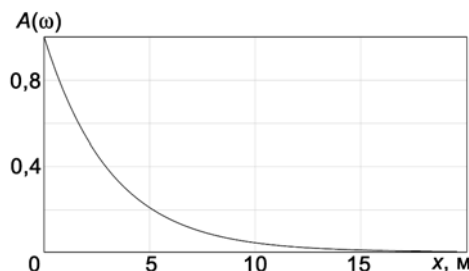


Рис. 4. Изменение значения АЧХ грунта как динамического объекта для частоты годового цикла на различных глубинах
Fig. 4. Change the value of the frequency response of soil as a dynamic object for the frequency of the annual cycle at different depths

Изменение амплитуды колебаний температуры вследствие воздействия годовой составляющей по глубине представлено на рис. 4.

Как видно из рис. 4, на глубине порядка 15 м при $a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ температура грунта практически не изменяется, оставаясь равной среднегодовой. Разность температур окружающей среды и грунта для этих глубин будет примерно равна текущей температуре окружающей среды.

Далее, из выражения (8) можно получить соотношение, позволяющее определить глубину, на которой температура грунта находится в противофазе со среднесуточной сезонной температурой:

$$\varphi(\omega_0) = -x_a\sqrt{\omega_0/2a} = -\pi, \quad (9)$$

где $\omega_0 = 2\pi/(365 \cdot 24 \cdot 3600)$ – угловая частота, соответствующая годовому циклу температуры, рад/с; x_a – глубина, на которой температура грунта будет в противофазе.

Из (9) следует

$$x_a = \pi\sqrt{2a/\omega_0}. \quad (10)$$

Для $a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ $x_a = 9,95 \text{ м}$, то есть почти 10 м.

Это означает, что на глубине 10 м разность температур окружающей среды и грунта будет превышать текущее среднесуточное значение температуры окружающей среды. Аналогичный вывод был сделан по рис. 2. Однако возможно получение еще большей разности температур. Если переписать (5) в виде

$$\theta_s(t) = \sin(\omega_0 t), \quad (11)$$

а установившееся изменение температуры на глубине x представить с учетом (7) и (8) в виде

$$\begin{aligned} \theta(t, x) &= A(\omega_0, x) \sin(\omega_0 t + \varphi(\omega_0, x)) = \\ &= \exp(-x\sqrt{\omega_0/2a}) \sin(\omega_0 t - x\sqrt{\omega_0/2a}) \end{aligned}$$

или

$$\theta(t, \eta) = \exp(-\eta) \sin(\omega_0 t - \eta), \quad (12)$$

где

$$\eta = x\sqrt{\omega_0/2a}, \quad (13)$$

то разность (11) и (12):

$$\begin{aligned} \Delta\theta(t, \eta) &= \theta_s(t) - \theta(t, \eta) = \\ &= \sin(\omega_0 t) - \exp(-\eta) \sin(\omega_0 t - \eta) = \\ &= \sin(\omega_0 t) [1 - \exp(-\eta) \cos(\eta)] - \\ &\quad - \exp(-\eta) \cos(\omega_0 t) \sin(\eta) = \\ &= \sqrt{1 + e^{-2\eta} - 2e^{-\eta} \cos(\eta)} \times \\ &\quad \times \sin\left[\omega_0 t - \arctg\left(\frac{\exp(-\eta) \sin(\eta)}{1 - \exp(-\eta) \cos(\eta)}\right)\right]. \end{aligned} \quad (14)$$

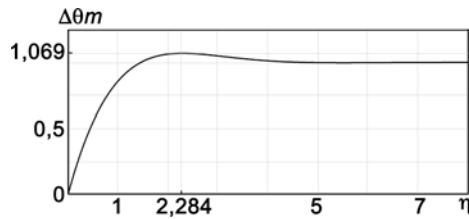


Рис. 5. Зависимость амплитуды разности температур от η
Fig. 5. The amplitude of the temperature difference from η

Зависимость амплитуды $\Delta\theta m$ периодической функции, определяемой по (14), от η приведена на рис. 5.

Наибольшего значения амплитуда последнего выражения достигает при удовлетворении уравнения

$$\frac{d}{d\eta} \sqrt{1 + e^{-2\eta} - 2e^{-\eta} \cos(-\eta)} = \frac{2e^{-\eta} \cos(\eta) - 2e^{-2\eta} + 2e^{-\eta} \sin(\eta)}{2\sqrt{e^{-2\eta} - 2e^{-\eta} \cos(\eta) + 1}} = 0,$$

которое равносильно

$$\cos(\eta) + \sin(\eta) - e^{-\eta} = 0. \quad (15)$$

Решение данного уравнения, отличное от $\eta = 0$: $\eta_0 \approx 2,294$, позволяет из (13) определить оптимальную с точки зрения разности температур глубину закладки теплообменника:

$$x_0 = \eta_0 \sqrt{2a/\omega_0}. \quad (16)$$

Или, с учетом численных значений η_0 и ω_0 :

$$x_0 = 7237 \text{ c}^{1/2} \cdot \sqrt{a}. \quad (17)$$

Для $a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ $x_0 = 7,237 \text{ м}$.

Результаты и их обсуждение

Полученное значение $x_0 = 7,237 \text{ м}$ существенно превосходит традиционную глубину закладки горизонтальных теплообменников. Однако, если считать эффективной закладку теплообменника на глубину, для которой $\Delta\theta m > 1$, то для $\eta = 1,454$ и $a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ получим $x_1 = 4,61 \text{ м}$. Кроме того, значение $a = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ соответствует промерзшему увлажненному песку [3], что является крайним случаем. В большинстве реальных случаев коэффициент температуропроводности может быть в полтора-два раза меньше, соответственно, требуемая глубина закладки теплообменника также уменьшится. Однако в любом случае рекомендуемая с точки зрения температурной эффективности глубина закладки горизонтального теплообменника составляет не менее трех метров.

Выводы

На основе анализа установившегося изменения температуры грунта под воздействием годовых колебаний среднесуточной температуры определены условия, при которых будет обеспечиваться максимальная разность температур конечных сред – среднесуточной температуры окружающего воздуха и грунта. Обеспечение максимальной разности температур можно рассматривать как составляющую мероприятий по повышению эффективности горизонтальных грунтовых теплообменников тепловых насосов. Показано, что оптимальная глубина закладки теплообменника определяется коэффициентом температуропроводности грунта и в зависимости от его значения может составлять от 3 до 8 м.

Список литературы

1. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. М.: Мир, 1983.
2. Пикина Г.А. Математические модели тепло-энергетических систематических объектов / под. ред. Э.К. Аракеляна. М.: Изд-во МЭИ, 1997.
3. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия в 4 кн. / под ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

References

1. Krejt F., Blæk U. Osnovy teploperedaci: Per. s angl. M.: Mir, 1983.
2. Pikina G.A. Matematičeskie modeli teploènergetičeskih sistematičeskih ob"ektov / pod. red. È.K. Arakelâna. M.: Izd-vo MÈI, 1997.
3. Teploènergetika i teplotexnika: Spravočnââ seriâ v 4 kn. / pod red. A.V. Klimenko, V.M. Zorina. M.: Izdatel'skij dom MÈI, 2007.

Транслитерация по ISO 9:1995

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ ТИПА «ГРУНТ-ВОДА» ФИЛИАЛА МЭИ В Г. ВОЛЖСКОМ

Ф.А. Ерохин, И.А. Болдырев

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В данной работе теоретически рассчитаны основные показатели эффективности работы теплового насоса. Выявлены значения температуры грунта, при которой тепловой насос работает в максимально эффективном режиме. Экспериментально определен коэффициент трансформации теплового насоса. Рассмотрены особенности управления тепловым насосом для повышения энергоэффективности.

Ключевые слова: тепловой насос, коэффициент трансформации, температура, управление.

OPERATING AND CONTROL OF «GROUND-WATER» HEAT PUMP IN VOLZHISKY BRANCH OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY «MOSCOW POWER ENGINEERING INSTITUTE»

F.A. Erokhin, I.A. Boldyrev

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The main indicators of the efficiency of the heat pump were theoretically calculated. The values of soil temperature at which the heat pump operates in the effectively were identified. The ratio of the heat pump experimentally determined. The features of the heat pump control for energy efficiency reviewed.

Keywords: heat pump, split coefficient of transformation, temperature, control.



Федор Андреевич
Ерохин
Fedor A. Erokhin

Сведения об авторе: зав. лабораторией ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2015).

Область научных интересов: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Публикации: 15.

Information about author: head of laboratory, Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2015).

Research area: alternative and renewable energy sources.

Publications: 15.



Илья Анатольевич
Болдырев
Ilya A. Boldyrev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» ВФ МЭИ.

Образование: МЭИ (ТУ) (2007).

Область научных интересов: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, автоматизация и управление.

Публикации: 30.

Information about author: Ph.D., Associate Professor of the Department "Automation of technological processes and production" Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute.

Education: Moscow Power Engineering Institute (2007).

Research area: alternative and renewable energy, automation and control.

Publications: 30.

Применение тепловых насосов для систем отопления в нашей стране не является повсеместным, в том числе ввиду того, что в России развита система централизованного теплоснабжения. Однако централизованное теплоснабжение неприемлемо для отопления индивидуальных домов в сельской местности по ряду причин, в том числе из-за значительной удаленности потребителя от ТЭЦ. В силу этого наиболее рациональными системами для множества частных жилых строений при отсутствии централизованного газоснабжения следует считать местные системы отопления на основе тепловых насосов. В отличие, например, от электрической системы отопления, которая на 1 кВт затраченной электроэнергии дает 1 кВт тепла, тепловой насос на 1 кВт электроэнергии может давать от 3 до 5 кВт и более тепловой энергии за счет использования низкопотенциального тепла, отбираемого у воздуха, грунта или другого источника. Тепловые насосы (ТН), осуществляя обратный термодинамический цикл на низкокипящем рабочем веществе, черпают возобновляемую низкопотенциальную тепловую энергию из окружающей среды (воздух, грунт, вода) и повышают ее потенциал до уровня, необходимого для теплоснабжения.

Проведено теоретическое исследование работы теплового насоса. На полигоне по исследованию эффективности комбинаций альтернативных и возобновляемых источников энергии филиала МЭИ в г. Волжском [1] имеется тепловой насос типа «грунт-вода», ставший объектом исследования. Для определения эффективности работы рассчитан цикл его работы. На основании методик из работ [2-4] определены эксергетические КПД как отдельных его узлов, так и всей установки. Методика расчета включает в себя определение параметров рабочего агента во всех характерных точках цикла, расчет удельных параметров и определение основных показателей эффективности цикла теплового насоса, в том числе и эксергетические КПД.

Основные характеристики рассматриваемого теплового насоса приведены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристики теплового насоса
Mammoth MSR J036WH(L)E

Table 1
Specifications of heat pump
Mammoth MSR J036WH(L)E

Параметр	Значение
Тепловая мощность, кВт	13,2
Потребляемая мощность на обогрев, кВт	3,68
Мощность охлаждения, кВт	12,2
Потребляемая мощность на охлаждение, кВт	2,71
Напряжение питания	380 В/3 ф – 50 Гц
Хладагент	R410a (1,4 кг)

Получены основные параметры эффективности работы ТН: коэффициент трансформации тепла $\mu = 5,301$, коэффициент трансформации обратного цикла Карно $\mu_{\text{Карно}} = 7,78$, эксергетический КПД теплового насоса $\eta_{\text{е.ТН}} = 0,2837$. Для более глубокого анализа аналогично рассчитаны приведенные выше показатели в широком диапазоне температур низкопотенциального источника теплоты $t_{\text{гр}}$, выходящем за рабочие режимы – от минус 50 до + 35 градусов. Такой диапазон необходим для анализа работы ТН в самых различных, в том числе внережимных, условиях работы и определения наиболее оптимального температурного режима, а также для анализа способов повышения эффективности работы теплового насоса. Результаты расчетов приведены на рис. 1 и 2. Полученные значения рассчитаны теоретически и будут отличаться от величин, полученных экспериментально. Однако теоретические расчеты реального цикла позволят дать оценку характера зависимостей основных параметров эффективности.

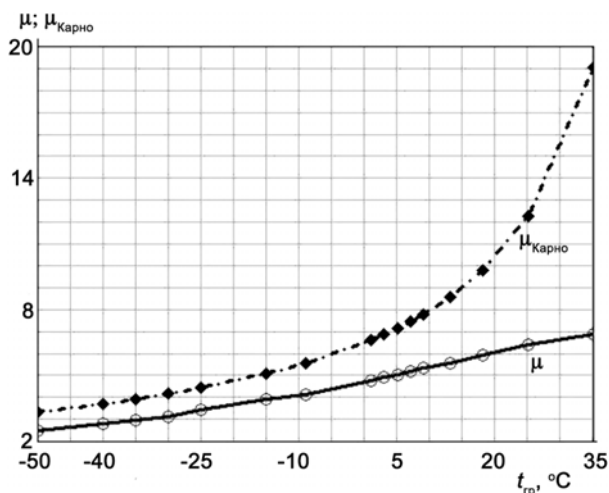


Рис. 1. Зависимость показателей μ и $\mu_{\text{Карно}}$ от $t_{\text{гр}}$
Fig. 1. Dependence of μ and $\mu_{\text{Карно}}$ from $t_{\text{гр}}$

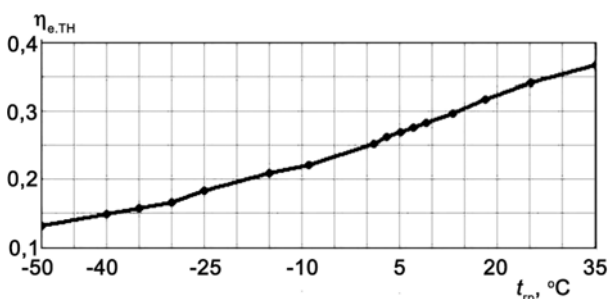


Рис. 2. Зависимость $\eta_{\text{е.ТН}}$ от $t_{\text{гр}}$
Fig. 2. Dependence of $\eta_{\text{е.ТН}}$ from $t_{\text{гр}}$

Из рис. 1 и 2 видно, что зависимость коэффициента трансформации μ и эксергетического КПД от температуры является линейной, а коэффициент трансформации обратного цикла Карно зависит от температуры нелинейно и возрастает тем сильнее, чем выше температура низкопотенциального источника теплоты. Степень термодинамического совершенства цикла, т.е. приближение к обратному циклу Карно, происходит при понижении температуры источника низкопотенциального тепла, а при сильном повышении температуры разность между коэффициентом трансформации реального цикла и цикла Карно растет нелинейно.

В нормальном режиме работы ТН температура $t_{\text{гр}}$ должна быть в пределах от 0 до + 15 °С, что соответствует значениям коэффициента трансформации от 4,6 до 5,6. Дальнейшее повышение температуры низкопотенциального источника тепла дает линейное увеличение коэффициента трансформации, однако степень термодинамического совершенства, в сравнении с обратным циклом Карно, падает. Так, при температуре низкопотенциального источника 1 °С коэффициент трансформации реального цикла меньше коэффициента трансформации цикла Карно в 1,397 раза, а при температуре 25 °С – в 1,914 раза.

Таким образом, увеличение температуры низкопотенциального источника тепла выше 15 градусов нецелесообразно для использования рассматриваемым тепловым насосом. Такое тепло с более высокой температурой можно эффективнее использовать в других циклах трансформации теплоты, которые рассчитаны на более высокие температуры. Однако стоит поддерживать температуру на уровне 10-12 °С, что дает наиболее оптимальные показатели работы цикла теплового насоса. Поддержанию температуры низкопотенциального источника тепла способствует увлажнение грунта, а также приток тепла в летнее время за счет работы ТН в режиме кондиционирования.

Для экспериментального определения коэффициента трансформации тепла использовано оборудование полигона альтернативных источников энергии филиала МЭИ в городе Волжском. Информационно-управляющая система полигона позволяет осуществлять централизованное управление оборудованием полигона, производить сбор, архивацию и обработку параметров работы установок (температуру, давление, электрическую и тепловую мощность и др.) с привязкой к метеоданным, полученным от метеорологической станции полигона. На основе собранных и накопленных данных был проведен анализ эффективности функционирования ТН. Использование ТН типа «грунт-вода» требует применения в схеме (см. рис. 3) вспомогательного оборудования (грунтового теплообменника, накопительного бака, циркуляционных насосов и т.д.).



Рис. 3. Схема теплонасосной установки
Fig. 3. Scheme of the heat pump system

Были использованы архивные данные, собранные с помощью информационно-управляющей системы, и проанализировано энергопотребление и выработка за период с 15.03.2014 г. по 28.03.2014 г. Данные ведомости энергопотребления приведены в табл. 2.

При определении эффективности теплового насоса принято рассматривать так называемый коэффициент трансформации тепла μ , характеризующий степень термодинамического совершенства цикла работы теплового насоса [4]. Он представляет собой отношение количества теплоты, полученного на выходе из теплового насоса, к затраченной электрической энергии. Но на практике для функционирования системы теплоснабжения на основе теплового насоса

затрачивается дополнительная электрическая энергия для работы вспомогательного оборудования. При этом обычно вспомогательное оборудование не учитывается при теоретических расчетах коэффициента трансформации, поскольку рассматривают только цикл работы теплового насоса в идеальных условиях. Реальные же условия работы почти всегда отличаются от идеальных.

Таблица 2
Ведомость энергопотребления ТН
Table 2
Table of energy consumption

Учет тепловой энергии, кВт·ч	
Контур «Грунт – тепловой насос» $Q_{гр}$	395,7
Контур «Тепловой насос – бак-накопитель» $Q_{б}$	636,4
Контур «Бак-накопитель – отопительные приборы» $Q_{оп}$	637,0
Учет электрической энергии, кВт·ч	
Суммарное энергопотребление $W_{сум}$	239,4
Тепловой насос $W_{тн}$	200,5
Циркуляционный насос контура «Грунт – тепловой насос» $W_{гр}$	18,4
Циркуляционный насос контура «Бак-накопитель – отопительные приборы» $W_{оп}$	20,5

Для оценки эффективности работы теплонасосной установки с учетом всех затрат энергии предлагается ввести понятие эффективный коэффициент трансформации тепла $\mu_{эф}$. Эффективный коэффициент трансформации учитывает не только затраты на трансформацию тепла в тепловом насосе, но также и затраты электроэнергии на перекачку теплоносителей грунтового и отопительных контуров, затраты электроэнергии для привода вентиляторов фанкойлов.

Сравним коэффициенты μ и $\mu_{эф}$.

Значение коэффициента трансформации μ с учетом экспериментальных данных (табл. 2):

$$\mu = (Q_{гр} + W_{тн}) / W_{тн} = 2,97. \quad (1)$$

Значение эффективного коэффициента трансформации тепла $\mu_{эф}$, учитывающее все потоки энергии:

$$\mu_{эф} = (Q_{гр} + W_{сум}) / W_{сум} = 2,65. \quad (2)$$

Данный показатель говорит о том, что в сравнении с электрическим обогревом тепловой насос дает экономию в 2,65 раза за счет использования низкопотенциального тепла грунта. Однако сам тепловой насос дает экономию в 2,97 раза при заданных одинаковых условиях эксперимента. Для повышения коэффициента $\mu_{эф}$ следует правильно подбирать диаметр труб системы отопления, уменьшать количество местных гидравлических сопротивлений, использовать отопительные приборы с малым гидравлическим сопротивлением, а также по возможности использовать меньшее количество теплоносителя. Реализованная в филиале МЭИ в г. Волжском система управления оборудованием позволяет опробовать различные алгоритмы управления как с целью повышения эффективности, так и для улучшения других эксплуатационных показателей. В частности, для снижения затрат электроэнергии на работу циркуляционного насоса первого контура его включение производится одновременно с пуском компрессора ТН, а отключение – через две минуты после останова компрессора. При этом управление насосом производится с использованием устройства плавного пуска. Такое решение, по сравнению с традиционным, позволяет существенно повысить энергоэффективность без ущерба для надежности.

Для сравнения эффективности систем отопления следует использовать эффективный коэффициент трансформации тепла, а для сравнения эффективности работы непосредственно теплового насоса и другого теплогенератора используется коэффициент трансформации.

Выводы

1. Теоретически рассчитаны основные показатели эффективности работы теплового насоса. Выявлены значения температуры грунта, при которой тепловой насос работает в режиме максимально эффективного использования низкопотенциального тепла, в сравнении с идеальным обратным циклом Карно.

2. Экспериментально определен коэффициент трансформации теплового насоса. Введено понятие эффективного коэффициента трансформации, который учитывает в себе не только затраты электроэнергии на привод компрессора, но и затраты на перекачку рассола, а также затраты на работу вспомогательного оборудования теплонасосной установки и всей системы теплоснабжения на основе теплового насоса.

3. Алгоритмы управления оборудованием полигона альтернативных источников энергии филиала МЭИ в г. Волжском позволяют повысить энергоэффективность.

Список литературы

1. Кузеванов В.С., Болдырев И.А. Исследование эффективности функционирования комбинации нетрадиционных и возобновляемых источников электрической и тепловой энергии // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2013. №14. С. 49-51.
2. Мартынов А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения. М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Амерханов Р.А. Тепловые насосы. М.: Энергоатомиздат, 2005.
4. Соколов Е.Я., Бродянский В. М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М.: Энергоиздат, 1981.

References

1. Kuzevanov V.S., Boldyrev I.A. Issledovanie èffektivnosti funkcionirovaniâ kombinacii netradicionnyh i vozobnovlâemyh istočnikov èlektričeskoj i teplovoj ènergii // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAEE. 2013. №14. S. 49-51.
2. Martynov A.V. Ustanovki dlâ transformacii tepla i ohlaždeniâ. M.: Ènergoatomizdat, 1989.
3. Amerhanov R.A. Teplovye nasosy. M.: Ènergoatomizdat, 2005.
4. Sokolov E.Â., Brodânskij V. M. Ènergetičeskie osnovy transformacii tepla i processov ohlaždeniâ. M.: Ènergoizdat, 1981.

Транслитерация по ISO 9:1995





РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СИСТЕМЕ «АЛЮМИНИЙ + ЩЕЛОЧЬ»

Г.Ф. Терентьев, Е.В. Курьянова, В.Н. Курьянов, М.М. Султанов

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

На основе патентных исследований определено направление экспериментальных работ по способу получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи». Разработана методика лабораторных исследований для получения водорода в системе «алюминий + щелочь», проведены экспериментальные исследования режимов получения водорода в системе «алюминий + щелочь» в лабораторных условиях и экспериментальные исследования получения устойчивых суспензий алюминия в воде на основе загустителя агар-агар, а также экспериментальные исследования по проверке схемы проточного реактора водорода. Представлен анализ по результатам экспериментальных работ по способу получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи», рассмотрены возможности регулирования рабочего процесса в проточном реакторе получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи».

Ключевые слова: водород, алюминий, водный раствор щелочи, водная суспензия алюминия, загуститель агар-агар, алюминиевая пудра.

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES PRODUCTION OF HYDROGEN IN THE SYSTEM OF "ALUMINUM + ALKALINE"

G.F. Terentyev, E.V. Kuryanova, V.N. Kuryanov, M.M. Sultanov

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

On the basis of the patent research determined the direction of experimental work on a process for producing hydrogen in the "aluminum + aqueous solution of alkali." The technique of laboratory studies to produce hydrogen in the "aluminum + lye", experimental studies of hydrogen production mode in the "aluminum + lye" in the laboratory and experimental studies of obtaining stable suspensions of aluminum in water-based thickener agar-agar, as well as experimental studies to verify the circuit flow reactor hydrogen. The analysis of the results of experimental studies on the method of hydrogen production in the "aluminum + aqueous solution of alkali," considered the possibility of regulating the working process in a flow reactor for producing hydrogen in the "aluminum + aqueous solution of alkali."

Keywords: hydrogen, aluminum, alkali aqueous solution, an aqueous suspension of aluminum, viscosifying agent agar, aluminum powder.



Геннадий Федорович
Терентьев
Gennady F. Terentyev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: Ленинградский механический институт (1962).

Область научных интересов: водородная энергетика, диагностика энергетического оборудования, теория горения, энергетические установки.

Публикации: 160.

Author information: Ph.D., associate professor, professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky branch of "National Research University "MPEI".

Education: Leningrad Mechanical Institute (1962).

Research interests: hydrogen power, diagnostics of power equipment, theory of combustion, power plants.

Publications: 160.



Елена Викторовна
Курьянова
Elena V. Kuryanova

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: ВФ МЭИ (2006).

Область научных интересов: альтернативная энергетика, диагностика энергетического оборудования.

Публикации: 15.

Author information: assistant of Heat Engineering Department of Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, equipment diagnostics.

Publications: 15.



Василий Николаевич
Курьянов
Vasily N. Kuryanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2006).

Область научных интересов: диагностика систем, энергоэффективность оборудования.

Публикации: 25.

Author information: Ph. D. (Tech.), associate professor of Heat Engineering Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, energy efficiency of equipment.

Publications: 25.



Махсуд Мансурович
Султанов
Maqsood M. Sultanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: ВФ МЭИ (2001).

Область научных интересов: исследование и оптимизация режимов работы ТЭС.

Публикации: 27.

Author information: Ph.D., associate professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2001).

Research interests: the study and optimization of thermal power plant operation.

Publications: 27.

Концепция экологически чистой водородной энергетики, часто называемая «водородной экономикой», включает [1]:

1. Производство водорода из воды с использованием невозобновляемых источников энергии (углеводороды, атомная энергия, термоядерная энергия).
2. Производство водорода с использованием возобновляемых источников энергии (солнце, ветер, энергия морских приливов, биомасса и т.д.).
3. Надежная транспортировка и хранение водорода.
4. Широкое использование водорода в промышленности, на транспорте (наземном, воздушном, водном и подводном), в быту.
5. Обеспечение надежности и безопасности водородных энергетических систем.

Объектом исследования являются патентные разработки использования алюминия для получения водорода и использования полученного водорода в различных отраслях [2, 3].

Методика лабораторных исследований для получения водорода в системе «алюминий + щелочь»

По технике безопасности в условиях проведения лабораторных работ запрещено работать с водородом в больших количествах из-за его взрывоопасности, поэтому для проведения экспериментов была собрана лабораторная установка по получению водорода на основе системы алюминиевой пудры ПАП-1 и раствора щелочи NaOH, которая представлена на рис. 1.



Рис. 1. Прибор для определения молярной массы эквивалента металла

Fig. 1. The device for determining the molecular weight equivalent metal

Метод основан на измерении объема водорода, который выделяется из водного раствора щелочи при химическом взаимодействии с металлом (алюминием).

Установка позволяет измерять выход водорода в небольших количествах. Установка состоит из двух бюреток (1), укрепленных на штативе (2) и соединенных резиновой трубкой (3), заполненных водой. Одну из бюреток сверху закрывают пробкой с отводной трубкой, к которой присоединяют пробирку, где происходит реакция (4). Другая бюретка служит приемником для воды, вытесняемой водородом.

Объем выделившегося водорода определяется по разности уровней воды в любой из бюреток до и после опыта при давлении в закрытой бюретке, равном атмосферному.

Экспериментальные исследования режимов получения водорода в системе «алюминий + щелочь» в лабораторных условиях

Для проведения экспериментов по получению водорода была использована алюминиевая пудра и водный раствор щелочи NaOH.

Первая серия опытов была направлена на пригодность алюминиевой пудры ПАП-1 к растворению в щелочи. После проведения опытов с различным количеством алюминиевой пудры было найдено оптимальное количество для безопасного проведения экспериментов.

Серия опытов с различным количеством алюминиевой пудры

Для осуществления экспериментов брались навески алюминия разной массы и смешивались с одинаковым объемом раствора NaOH.

Массы навесок алюминиевого порошка, а также количество водорода на выходе указаны в табл. 1.

Таблица 1
Выход водорода от массы алюминиевой пудры
Table 1
The yield of hydrogen by weight aluminum powder

Масса Al пудры, г	Объем NaOH, мл	Объем выделившегося H ₂ , мл
0,008	30	6,5
0,024	30	21,5
0,03	30	27,6
0,051	30	54,4

Для проведения реакции алюминиевый порошок смешивался в колбе с 8% раствором щелочи NaOH. После этого колба закрывалась пробкой с трубкой, конец которой был в одной из бюреток экспериментальной установки. Когда в колбе начиналась реак-

ция выделения водорода, он по трубке попадал в бюретку и вытеснял воду в другую бюретку. По разности показателей на обеих бюретках определяется количество выхода водорода, т.к. водород не растворяется в воде. Реакция длится, пока алюминий полностью не растворится, это происходит в течение нескольких минут, в колбе остается лишь прозрачная жидкость (рис. 2).



Рис. 2. Колбы с прореагировавшим алюминием
Fig. 2. Flasks with reacted aluminum

В результате взаимодействия происходит бурная реакция получения водорода с выделением тепла. По результатам экспериментов прослеживается зависимость, из которой следует, что при одинаковом количестве щелочного раствора с увеличением массы алюминия наблюдается рост выхода водорода, зависимость почти линейная, она представлена на графике рис. 3. Из полученных результатов следует возможность регулирования получения водорода по линии расхода суспензии алюминия.

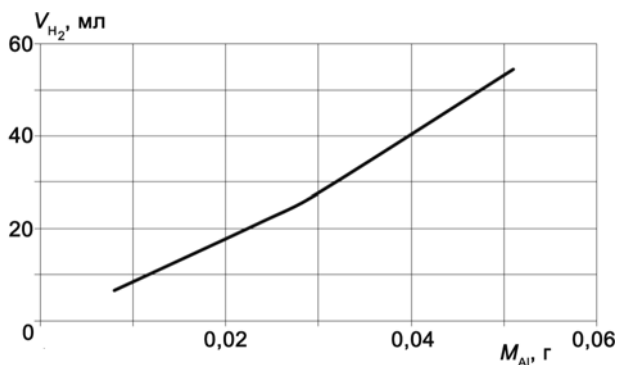


Рис. 3. Зависимость выхода водорода от массы вводимого алюминия
Fig. 3. The dependence of hydrogen yield on the mass of injected aluminum

Серия опытов с различными концентрациями раствора щелочи NaOH

Для осуществления экспериментов брались навески алюминия одной массы (0,03 г) и смешивались с различными концентрациями раствора NaOH.

Концентрации раствора NaOH, а также количество водорода на выходе указаны в табл. 2.

Таблица 2
Выход водорода от концентрации раствора NaOH
Table 2
Yield of hydrogen on NaOH solution concentration

Объем NaOH, мл	Концентрация NaOH, %	Объем выделившегося H_2 , мл	Время проведения реакции, с
30	0,4	14	840
30	1	25	720
30	2	27,2	600
30	4	30,4	450
30	8	30,8	260
30	15	31,6	210

Примечание: масса алюминиевой пудры 0,03 г.

При проведении экспериментов различные концентрации щелочи смешивались с алюминиевым порошком одинаковой массы. Масса алюминия (при которой реакция не будет выходить из-под контроля) была взята исходя из результатов предыдущего эксперимента, по оптимальному количеству выхода водорода. Так как трудно засечь время полного завершения реакции, оно бралось приблизительно из визуального наблюдения полного растворения алюминия и затухания реакции выделения водорода.

Реакция раствора щелочи концентрации 0,4% протекает очень медленно, реакция начинается лишь через 2-3 минуты после внесения массы алюминия в колбу. Сам процесс выделения водорода выглядит равномерно без резких скачков в начале реакции. После завершения реакции на дне колбы были видны нерастворившиеся частицы алюминия, которые не растворились даже спустя 30 минут.

По мере увеличения концентрации NaOH интенсивность выделения водорода возрастает. При остальных концентрациях алюминий полностью растворяется, нерастворенных частиц не наблюдалось.

Взаимодействие с 15% раствором щелочи характеризуется «взрывным» выходом водорода в начале реакции, т.е. водород выделяется очень бурно и интенсивно с последующим быстрым затуханием реакции.

Оптимальными концентрациями NaOH для равномерного получения водорода можно считать 4% и 8%. При таких концентрациях наблюдалось равномерное выделение водорода за весь период времени осуществления реакции.

На графике (рис. 4) представлена зависимость выхода водорода от концентрации щелочи, из которой следует, что при увеличении концентрации щелочи объем выделяемого водорода стремится к константе. Таким образом, определен максимальный выход водорода при данной массе алюминиевой пасты ПАП-1. Результаты исследования зависимости времени окончания реакции от концентрации щело-

чи представлены на рис. 5. Исследования показали, что время завершения рабочего процесса выделения водорода в диапазоне концентрации 12-15% составляет порядка 200 секунд, т.е., как следует из графика, дальнейшее увеличение концентрации не сильно повлияет на время затухания реакции, она будет оставаться на данном уровне.

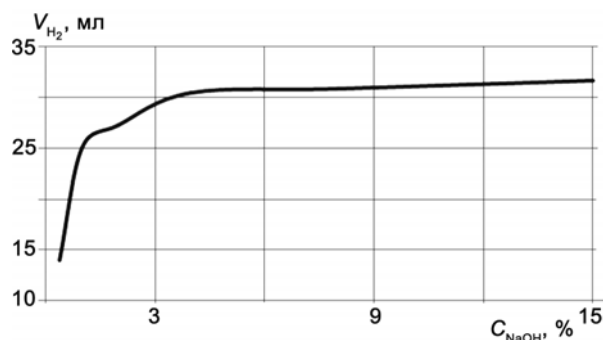


Рис. 4. Зависимость выхода водорода от концентрации щелочи

Fig. 4. The dependence of hydrogen yield on the concentration of alkali

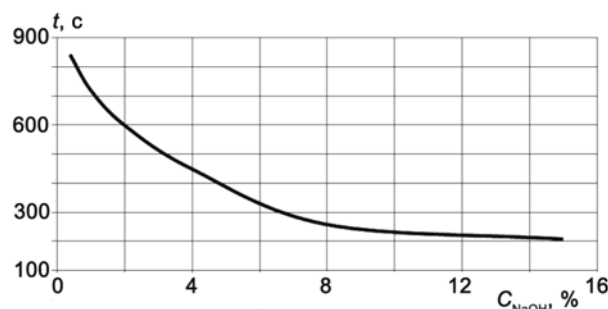


Рис. 5. Зависимость времени окончания реакции от концентрации щелочи

Fig. 5. The time for completion of the reaction of the alkali concentration

Из проведенных экспериментов следует, что при регулировании концентрации щелочи возможно управлять рабочим процессом получения водорода.

Список литературы

1. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. М.: ИЭС, 2007.
2. Мокеев И.В., Терентьев Г.Ф. Моделирование рабочего процесса получения водородного топлива в системе «алюминий + раствор щелочи». «Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов»: Четвертая Всероссийская научно-практическая конференция, г. Волжский, 25-28 сентября 2012 г. // Сборник материалов конференции. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2012.
3. Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии. М.: Высшая школа, 2001.

References

1. Kuzyk B.N., Yakovets Yu.V. Rossiâ: strategiâ perehoda k vodorodnoj ènergetike. M.: IÈS, 2007.
2. Mokeev I.V., Terent'ev G.F. Modelirovanie raboçego processa poluèeniâ vodorodnogo topliva v sisteme «alûminij + rastvor šeloçi». «Resurso-ènergobereženie i èkologo-ènergetičeskaâ bezopasnost' promyšlennyh gorodov»: Çetvertaâ Vserossijskaâ nauèno-praktičeskaâ konferenciâ, g. Volžskij, 25-28 sentâbrâ 2012 g. // Sbornik materialov konferencii. Volžskij: Filial MÈI v g. Volžskom, 2012.
3. Korovin N.V., Mingulina È.I., Ryžova N.G. Laboratornye raboty po himii. M.: Vysšaâ škola, 2001.

Транслитерация по ISO 9:1995



НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРИДАХ МЕТАЛЛОВ**В.С. Терещук**

ИМАШ РАН

101990 Москва, Малый Харитоньевский пер., д. 4

Тел.: 8 (495) 628-87-30; факс: 8 (495) 624-98-63; e-mail: info@imash.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В статье рассматриваются неравновесные процессы в гидридах металлов. В марте 1989 г. появилась статья М.Флейшмана и С.Понса, в которой утверждалось, что авторы открыли холодный термояд, ссылаясь на тепловые эффекты, которые они получили в результате опытов на электролизной ячейке. В нашей печати мнения ученых разделились, и это продолжается до сих пор. Одни считают, что это прорыв в энергетике, другие отнеслись явно скептически. Среди последних д-р физ.-мат. наук В.П. Смилга, который закончил свою статью в журнале «Знание – сила» словами: «Но если эффект и есть, рассчитывать на чудо не стоит. В лучшем случае – это любопытная новая глава из физики неравновесных процессов в гидридах металлов». Автор этой статьи в результате анализа литературы по экстремальному поведению, в частности алюминия, и собственных опытов и теоретических изысканий доказал избыточность энергии при разрушении короткоживущих гидридов металлов.

Ключевые слова: неравновесные процессы, гидриды металлов, водород.

NON-EQUILIBRIUM PROCESSES IN METAL HYDRIDE**V.S. Tereshchuk**

IMASH of RAS

4 Malii Kharitonievskii lane, Moscow, 101990, Russia

Tel.: 8 (495) 628-87-30; fax: 8 (495) 624-98-63; e-mail: info@imash.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The article deals with the non-equilibrium processes in metal hydride. In March 1989, an article by M. Flejšman and S. Pons claiming that authors have opened cold thermonuke, referring to thermal effects, which they received as a result of experiments on the electrolysis cell. In our print academic opinion was divided and this has continued ever since. Some think that this is a breakthrough in energy, others were clearly skeptical. Among the latter, doctor of physical and mathematical sciences Smilga V.P., who finished his article in the journal of knowledge is power with the words: "But if the effect is, count on a miracle is not worth it. In the best case scenario is a curious new head from physics of non-equilibrium processes in metal hydride". The author of this article as a result of the analysis of the literature on extreme behavior, particularly aluminum, and their own experiments and theoretical researches proved short-lived when power redundancy of metal hydrides.

Keywords: non-equilibrium processes, metal hydride, hydrogen.



Валерий Сергеевич
Терещук
Valery S. Tereshchuk

Сведения об авторе: канд. техн. наук, старший научный сотрудник ИМАШ РАН им. А.А. Благонравова. Награжден медалью «Ветеран труда СССР» и знаком «Изобретатель СССР».

Образование: МВТУ им. Н.Э. Баумана (1964).

Область научных интересов: горение металлов в активных средах, экстремальное состояние вещества, разработка и применение сплавов и композитов на основе Al для генерации водорода, химия и физика гидридов переходных металлов, создание автомобиля на водородном топливе без водорода на борту.

Публикации: 40 научных трудов, 23 а.с. и патента РФ на изобретения.

Information about author: PhD. tehn. sciences, senior researcher IMASH RAS. He was awarded the medal "Veteran of Labor of the USSR" and the sign "Inventor of the USSR".

Education: Bauman Moscow State Technical University (1964).

Research area: the burning of metals in active environments, extreme states of matter, development and application of alloys and composites based on Al to generate hydrogen, chemistry and physics of transition metal hydrides, hydrogen-powered cars without the hydrogen fuel on board.

Publications: 40 scientific papers and 23 patents for inventions of the RF.

Введение

В 1989 году появилось сообщение электрохимиков Стенли Понса и Мартина Флейшмана о том, что им удалось создать условия для проведения термоядерной реакции при комнатной температуре (так называемый «холодный термояд») [1].

Но более осмотрительные физики, в их числе и наши соотечественники В.Смилга и А.Смолин (Курчатовский центр), попытались оценить вероятность ядерной реакции при комнатной температуре. Из их расчетов следовало, что вероятность возникновения холодной термоядерной реакции составляет одно событие на 10^{-70} атомов дейтерия в секунду [2] – исчезающе малая вероятность, иными словами, такое событие, как «холодный термояд», практически невозможно.

Теоретический анализ

Главное обстоятельство в этих опытах, на что мало кто обратил внимание, – это избыточное в 4-5 раз выделение тепла по сравнению с подведенным, сопровождаемое в последнем опыте непонятным взрывом. Авторы этих опытов данные явления отнесли к явлению холодного термояда. Явное заблуждение, с чем согласен академик Г.А. Месяц.

Сам опыт был предельно прост. Проводился электролиз подсолонной тяжелой воды. При этом на катоде по всем законам электрохимии выделялся водород. Катод был выполнен из Pd, который обладает таким замечательным свойством, что даже при комнатной температуре интенсивно поглощает H_2 , причем при вхождении в кристаллическую решетку Pd водород расщепляется не только до атомарного состояния, но до состояния протона, на что и рассчитывали Флейшман и Понс. Чем сильнее насыщение металла протонами, тем больше вероятность ядерной реакции, считали они.

Катод из Pd испытатели варьировали то в виде стержня диаметром 0,4 см и длиной 10 см, то в виде пластины 8х8 см и толщиной 2 мм, то в виде кубика, но вышеупомянутый взрыв произошел лишь на кубике с гранью 1 см. Плотность тока была 125 мА/см² и напряжение на ячейке 1,54 В. При этом вытяжной шкаф, где проводился опыт, был разрушен вместе с электролизной ячейкой, существенная часть катода расплавилась (точка плавления Pd = +1554 °C), часть его испарилась. С нашей стороны здесь уместно добавить, что теплота плавления Pd = 17 кДж/моль, а теплота испарения = 353 кДж/моль при удельной теплоемкости $C_p = 25,9$ Дж/моль·град и температуре испарения 2940 °C. Моль Pd = 106,4 г, если вес кубика Pd = 12 г, то вес его в молях = 0,11. Если предположить, что половина оплавилась и испарилась (как утверждают авторы – существенная часть), то на это было затрачено, по нашим расчетам, примерно 22 кДж. Теплота образования окиси палладия = 85

кДж/моль, т.е. если бы половина кубика сгорела в кислороде, то при этом выделилось бы тепла всего 4,5 кДж, т.е. примерно в 5 раз меньше, чем было получено при наших расчетах. Авторы этот расчет не сделали, но они экспериментально установили на основании своих не взрывных опытов: первое – наличие «избытка выработки энтальпии, заметно зависящего от прикладываемой плотности тока и пропорционального объему электродов, т.е. феномену вместимости палладиевого электрода, и второе – выработка тепла может превышать 10 ватт/см³ палладиевого электрода. Это подтверждается в течение всего экспериментального времени – 120 часов, в течение которого выделилось больше, чем 4 МДж/см³ электродного объема». И тут же авторы восклицают: «Невероятно, что это могло быть благодаря чему-то другому, нежели ядерному процессу» [1].

В чем же причина взрывного эксперимента? Не только в плотности тока, но и в размерах электрода. Ни стержни размером 0,4 на 10 см, ни пластина толщиной 2 мм и 10х10 см не взрывались, а вот куб 1х1х1 см взорвался.

Чтобы разобраться, что же является причиной взрыва, вспомним, что материал катода – палладий. Известным фактом является его насыщение водородом при электролизе воды [1], причем не просто водородом, а ионами водорода, т.е. протонным газом.

В.П. Смилга и А.Смолин предположили, что описанные явления сводятся к «неравновесным процессам в гидридах металлов», на чем, к сожалению, и окончили свою статью, никак не комментируя и даже не упоминая заинтересовавших нас ни тепловых эффектов, ни взрывов, к которым, по нашему мнению, «физика неравновесных процессов в гидридах металлов» может иметь самое прямое отношение. В работе [3] автор изучал взрывы расплава Al в воде, и относительные эффекты по энергетике были не хуже, чем у палладия.

По прошествии десяти лет опыты Флейшмана и Понса совершенно не забыты, но, видимо, правы были Смилга и Смолин, что «холодный термояд» таким способом получить нельзя. Свою статью они закончили следующей фразой. «Но если «эффектик» и есть (имеется в виду тепловой эффект), рассчитывать на чудо не стоит. В лучшем случае – это любопытная новая глава из физики неравновесных процессов в гидридах металлов» [2]. Здесь автор данной работы совершенно согласен со Смилгой и Смолиным, т.к. им почти за три года до опубликования вышеупомянутой статьи Флейшмана и Понса и отклика на нее Смолина и Смилги было установлено ранее неизвестное свойство образования взрывчатых гидридов на основе металлов (например Al), эндотермически поглощающими водород (и образующими, по принятому мнению, раствор водорода в металле, но не гидрид), при взаимодействии металла с парами воды при давлении свыше 10 атм и температуре больше 2300 К, когда образующийся окисел металла



способствует усиленному насыщению металла водородом, выделяющимся при реакции окисления металла водой, когда степень насыщения металла водородом доходит до уровня образования неустойчивых газообразных гидридов, время жизни которых сравнимо со временем взрывных процессов» [4] (заявка на открытие № 1287 от 16.06.86 г.).

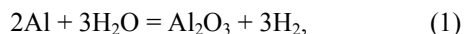
Опыты Флейшмана и Понса подтверждают подобный процесс в случае насыщения Pd водородом в процессе электролиза и обычной воды. В монографии М.П. Славинского [5] высказывается мнение «о возможности образования гидрида Al». Так, еще в 1889 г. было высказано предположение, что это соединение образуется при электролизе дистиллированной воды между алюминиевыми электродами, причем водородистый Al, образующийся на катоде, немедленно разлагается водой.

Через сто лет выясняется, что водородистый Al разлагается немедленно и без воды [4]. Существование гидрида AlH было впоследствии подтверждено спектроскопическим анализом, при этом была также определена энергия связи этого гидрида. Изучением причины падения с течением времени напряжения гальванического элемента, составленного из угольного и алюминиевого электродов в растворе КОН, установлено также, что причина падения обусловлена образованием пленки гидрида Al, располагающейся между пленкой окисла и металлом [5].

Методика эксперимента

В нашей работе сделана экспериментальная попытка с помощью электролиза осуществить насыщение водородом некоторых сплавов и металлов в обычной воде. В нашем случае экспериментальное насыщение Al водородом, в частности D16, было сходно с опытами насыщения Pd водородом при помощи электролиза.

Целью исследования ставилась возможность получения водорода из воды на различных сплавах, не активируя их химическим способом. Существует большое количество работ, в которых экспериментально показано, что при получении сплавов Al с In, Ga, Hg и другими редкоземельными активными металлами прочная окисная пленка Al разрушается в воде и идет основная реакция:



при которой выделяется водород. Но в данном исследовании необходимо было экспериментально выявить известные пассивные сплавы, способные при электролизе насыщаться водородом.

Для опытов использовалась электролизная ячейка, где катодом служили различные металлы. Для сравнения в опытах использовались протекторные сплавы на основе Al. Их специально разработали для катодной защиты морских судов от коррозии. Самый распространенный из них сплав АП с содержанием Zn 4-6%, Ti, Zr, Tl до 0,1% в сумме, Fe 0,1%, Cu

0,01% и Si 0,1%, остальное Al. У испытанных сплавов, помимо Zn, для коррозии Al вводились в небольших количествах добавки Ga, In, Sn, Mg.

Для изучения процесса выделения водорода в основном использовались образцы в виде «сигары» Ø 17,7 и длиной 135 мм с эффективной реакционной поверхностью $S = 76 \text{ см}^2$ и в виде цилиндра Ø 16 мм, длиной 25 мм и $S = 16,5 \text{ см}^2$. T – температура воды конечная, °C. Начальная всегда 17 °C.

Газопроизводительность подсчитывалась по формуле: $q = V/(tS) \text{ л/м}^2\text{мин}$, где V – объем выделившегося водорода, мл или л; t – время выделения водорода, мин; S – реакционная поверхность образца, см^2 .

Опыты проводились в емкости из прозрачного оргстекла с внутренними размерами 137×137×90 мм в обычной водопроводной воде. Исследуемый образец служил катодом и располагался в случае «сигары» вертикально, когда происходил замер газопроизводительности, или горизонтально, когда исследовалась равномерность выделения водорода по длине образца. Электролиз осуществлялся непосредственно от источника постоянного тока $U = 30 \text{ В}$ или от сети переменного тока в 220 В через диод Д245, в результате чего на расстоянии между электродами 40 мм получали $U_{\text{эф.}} = 110 \text{ В}$ и ток $I = 200\text{-}300 \text{ мА}$ в зависимости от размеров исследуемого образца.

Газопроизводительность измерялась методом вытеснения воды из мерного цилиндра объемом 200 мл и с ценой деления шкалы 0,5 мл. Схема установки представлена на рисунке.

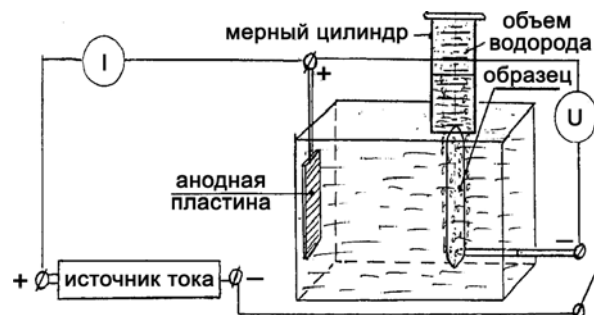


Схема установки для электролиза воды с различными катодами
Installation scheme for the electrolysis of water with different cathodes

В опытах также подсчитывалась плотность тока: $i = I/S, \text{ мА/см}^2$.

Замер температуры воды осуществлялся водным термометром с точностью 1 °C. В опытах использовались сплавы: D16, АД1м, АП, №90 (ВАМИ) (Ga, In – по 3%, Sn – 1%, остальное – Al), АМГ-6, сталь 20 и др.

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментов представлены в таблице. Из представленных экспериментальных результатов наиболее интересны опыты, когда выделение

водорода можно осуществлять в обычной воде, используя инертный сплав Д16, активируя его электрическим током, например, в течение 20 мин, с плотностью тока всего 4 мА/см² при напряжении 110 В. После этого процесс выделения водорода может идти непрерывно в течение нескольких суток. Активация в течение более короткого промежутка времени приво-

дит к процессу выделения водорода с постепенным ослаблением. Как показали опыты, другие исследуемые материалы при исследуемых параметрах электролиза активации почти не поддавались, т.е. при снятии напряжения выделение водорода тут же прекращалось или было незначительным.

Образец – «сигара» из сплава Д16. Результаты испытаний
Sample – “cigar” alloy D16. Test results

№ исп.	t, мин	V, см ³	U, В	I, мА	i, мА/см ²	T, °C	q, л/м ² ·мин	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	6,6	30	90	1,2	25	0,086	Довольно хорошее выделение водорода. После снятия U – выделение сразу прекращается
2	5	20	110	300	4	25	0,526	Бурное выделение водорода. После отключения слабое выделение там, где образец почернел
3	2	8	110	300	4	25	0,53	Бурное выделение. Образец постепенно чернеет по всей поверхности
4	6	24	110	300	4	30	0,53	Бурное выделение водорода. Образец почти весь черный
5	4	16	110	300	4	40	0,53	После отключения очень хорошее выделение водорода. При этом процессе, вливая холодную воду, доводим ее до 25 °C. Интенсивность выделения практически не нарушается. Начинают отскакивать черные чешуйки
6	3	4	110	300	4	25	0,53	После отключения выделение средней интенсивности. Извлечение анода на процесс не влияет. Через 15 мин выделение водорода прекратилось
7	10	60	110	300	4	25	0,53	Активируем уже полностью черный образец, расположив его горизонтально. Значения V и q – экстраполированы. После отключения вода не нагрелась и идет хорошее выделение водорода, как на первом исп. под напряжением. Сверху образца отскакивают местами черные чешуйки и всплывают наверх – вероятно, от насыщения водородом. Пластмассовым скребком чернота соскабливается и падает на дно, а под ней свежая чернота
8	1	-	110	300	4	25	-	Бурное выделение. После отключения тока выделение водорода прекратилось через 15 мин
9	10	-	110	300	4	40 конечн.	-	Бурное выделение по всей поверхности катода даже с противоположной стороны от анода. После отключения выделение водорода с протуберанцами, т.е. выделение пузырьков водорода не ламинарное, а турбулентное – очень сильное, и это в течение 10 мин после отключения. Далее идет сплошная стена пузырьков. Иногда сутками (был проведен отдельный опыт)
10	1	-	110	300	4	40	-	После отключения – протуберанцы в течение 3 мин. Далее как и в исп. № 9
11	3	-	110	300	4	40	-	После отключения – протуберанцы в течение 6 мин. Далее как в исп. № 9
12	6	-	110	300	4	40	-	После отключения – протуберанцы в течение 9 мин. Далее как в исп. № 9
13	3	-	110	300	4	22	-	В холодной воде протуберанцы длились 3 мин, как и при активации
14	3	10	110	300	4	22	0,438	Вода не нагрелась, поэтому заниженное значение q
15	3	2,5	0,88	1	0,01	22	0,109	Опыт с отключением тока
16	3	1	-	-	-	22	0,043	Опыт с отключением тока
17	10	50	110	300	4	40 конечн.	0,658	К началу опыта кончик сигары был под водой. К концу над водой 24 мм
18	2	5	0,88	1	0,01	39	0,327	Опыт с отключением тока

19	3	5	-	-	-	38	0,22	Опыт с отключением тока
20	3	2,5	-	-	-	36	0,11	Опыт с отключением тока
21	10	10	30	90	1,2	22	0,131	Опыт с активированной (черной) сигарой, где q в 1,5 раза выше, чем в исп. № 1, где образец не активир. После отключения слабое выделение водорода
22	10	10	30	90	1,2	22	0,131	Повторное испытание через 2 мин для достоверности результата – совпадение 100%
23	10	12,5	110	270	3,6	22	0,164	Нач. э.д.с. = 0,6 В на расстоянии между электродами 100 мм, на расстоянии 30 мм – 0,64 В. Конечное э.д.с. = 1,24 В
24	10	12,5	110	270	3,6	22	0,164	Повторное испытание для воспроизводимости (100%). После отключения едва заметно выделение водорода в течение 10 мин
Образец - цилиндр из Al-AD-1M (чистый Al)								
25	10	10	110	225	13,6	22	0,606	Образец не активируется
26	10	5	30	120	7,27	22	0,303	Образец не активируется
Образец – цилиндр из Al-Zn (сплав АП)								
27	10	20	110	230	13,9	22	1,212	После отключения тока – слабое выделение водорода
28	10	17,5	110	120	7,27	22	1,06	Снижение I почти в 2 раза существенно не повлияло на q
29	10	2	1,24	1	0,06	22	0,121	Для этих сплавов типа АП величина q после активирования возросла почти в 1,5 раза по сравнению без активации
Образец сплав Al-Mg – цилиндр (сплав АМГ-6)								
30	10	2,5	30	50	3	22	0,15	При снятии напряжения тут же прекращается выделение водорода
Образец – цилиндр (сталь 20)								
31	10	2	30	40	2,4	22	0,12	Образец не активируется
Образец - цилиндр (Al-Ga-In-Sn) сплав № 90 (ВАМИ)								
32	10	7	1,24	1	0,06	22	0,42	Характеристики без активации электрическим током
33	2,5	11	110	200	12,1	22	2,67	Настолько бурное выделение водорода, что пришлось сократить время опыта в 4 раза. После снятия напряжения выделение водорода как в испытании № 32
34	10	9	1,24	1	0,06	22	0,545	Активация увеличила q всего на 30% по сравнению с исп. № 32
35	10	14	30	70	4,2	22	0,85	Снижение плотности тока примерно в 3 раза (при э.д.с. 1,24 В) по сравнению с испытанием № 33 и во столько же снижается газопроизводительность

Какая связь между палладием и Al? Дело в том, что и палладий, и Al не только при электролизе, но при определенной температуре и давлении адсорбируют водород с образованием гидридов [3].

Сплав Д16 отличается от исследованных в этой работе материалов тем, что он содержит два основных элемента Al и Cu, образующих при определенных условиях неустойчивые гидриды. Этим условиям, т.е. наличие воды и подвод энергии извне, и соответствует в данном случае процесс электролиза воды с катодом из Д16. Сплав Д16, имеющий в своем составе алюминий и медь, кроме того, образует микрогальваноэлементы, также способствующие этому процессу. Нельзя исключать и тепло по реакции (1).

На этих испытаниях при электролизе, так же как и у Флейшмана и Понса, был получен избыток энергии, но катодом служил сплав Д16, а электро-

литом – обычная водопроводная вода с РН 7,8 и электропроводностью 300 μS . Для подтверждения сказанного обратимся к таблице – испытаниям № 16-17: напряжение на электродах 110 В, сила тока в цепи 0,3 А, продолжительность подачи электротока 10 мин (после активирования электрическим током в течение 20 мин). Опыты проводим с уже активированным сплавом алюминия Д16. Объем воды: 1,5 л, т.е. масса – 1,5 кг.

Вода во время подачи тока нагрелась с 22 °С до 40 °С, т.е. на 18 градусов. **В ячейке выделилось 27 ккал тепла, а затрачено при этом 5,5 ватт·час, что эквивалентно 4,7 ккал тепла.** Т.е. получили тепла в 5,74 раза больше, чем затратили. М.Флейшман и С.Понс в своих опытах по так называемому «холодному термояду» получали прирост в 5-6 раз больше затраченного.

Тем не менее, поклонники холодного термояда, переименовав его в холодную трансмутацию ядер, в настоящее время ссылаются на якобы удачные опыты итальянца Андреа Росси, который создал генератор, подтверждающий избыток энергии над подведенной энергией. Суть его изобретения состоит в герметичной трубке, в которой находится порошок никеля и закачан водород под давлением 80 атмосфер. Трубка нагревается до 300 °С, и далее идет якобы термоядерная реакция, в результате которой получаем избыток тепла. Но никакого потока нейтронов при этом не зафиксировано. Сам автор объяснить этот феномен не может.

Заключение

1. Так называемый холодный термояд можно объяснить с точки зрения образования неустойчивых гидридов и их распада. На образование гидрида идет меньше энергии, чем выделяется при его распаде. На образование – теплота растворения водорода в ме-

талле и плюс теплота нагрева до температуры распада. При распаде – энергия присоединения электрона к протону и энергия рекомбинации атомов в молекулу плюс затраченное тепло на нагрев, если идет охлаждение до начальной температуры. В результате мгновенного взрывного распада гидрида получаем избыток энергии, который опять идет на образование неустойчивого гидрида и опять его распада, и таким образом идет самоподдерживающийся процесс, пока при отборе энергии или ее рассеянии избыток энергии не сведется к нулю.

2. Экспериментально показано, что, создавая различные режимы активации электрическим током под специально разработанные катоды, можно получать различные графики подачи водорода в сеть потребителя. Это открывает возможности создавать электролизеры для получения водорода с меньшими затратами энергии, а также использовать это явление для разработки эффективных и экологически безопасных транспортных двигателей.

Список литературы

1. Fleishmann M., Pons S. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium // *Electroanal. Chem.* 1989. Vol. 261. P. 301-308.
2. Смилга В., Смолин А. Чудо в стакане воды // *Знание – сила.* 1989. № 6. С. 78-79.
3. Терещук В.С. О возможных причинах фрагментации горящих частиц Al // *ДАН СССР.* 1990. Т. 312, № 5. С. 1122-1125.
4. Baltayan P., Nedelek O. // *J. Chem. Phys.* 1979. Vol. 70, No. 5. P. 2399-2403.
5. Славинский М.П. Физико-химические свойства элементов. М.: Металлургия, 1952. С. 763.

References

1. Fleishmann M., Pons S. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium // *Electroanal. Chem.* 1989. Vol. 261. R. 301-308.
2. Cmilga V., Smolin A. Čudo v stakane vody // *Znanie – sila.* 1989. № 6. S. 78-79.
3. Terešuk V.S. O možnožnyh pričinah fragmentacii goráših častic Al // *DAN SSSR.* 1990. T. 312, № 5. S. 1122-1125.
4. Baltayan P., Nedelek O. // *J. Chem. Phys.* 1979. Vol. 70, No. 5. R. 2399-2403.
5. Slavinskij M.P. Fiziko-himičeskie svojstva elementov. M.: Metallurgija, 1952. C. 763.

Транслитерация по ISO 9:1995



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ СУСПЕНЗИЙ АЛЮМИНИЯ В ВОДЕ НА ОСНОВЕ ЗАГУСТИТЕЛЯ АГАР-АГАР

Г.Ф. Терентьев, Е.В. Курьянова, В.Н. Курьянов, М.М. Султанов

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В работе представлены экспериментальные исследования получения устойчивых суспензий алюминия в воде на основе загустителя агар-агар, а также экспериментальные исследования по проверке схемы проточного реактора водорода. Представлен анализ по результатам экспериментальных работ по способу получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи», рассмотрены возможности регулирования рабочего процесса в проточном реакторе получения водорода в системе «алюминий + водный раствор щелочи».

Ключевые слова: водная суспензия алюминия, загуститель агар-агар, алюминиевая пудра, проточный реактор.

EXPERIMENTAL STUDIES FOR PRODUCING STABLE SUSPENSION ALUMINUM IN WATER BASED ON THICKENER AGAR-AGAR

G.F. Terentyev, E.V. Kuryanova, V.N. Kuryanov, M.M. Sultanov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The work presents experimental studies obtaining stable suspensions of aluminum in water-based thickener agar-agar, as well as experimental studies to verify the circuit flow reactor hydrogen. The analysis of the results of experimental studies on the method of hydrogen production in the “aluminum + aqueous solution of alkali,” considered the possibility of regulating the working process in a flow reactor for producing hydrogen in the “aluminum + aqueous solution of alkali.”

Keywords: an aqueous suspension of aluminum, viscosifying agent agar-agar, aluminum powder, the flow reactor.



Геннадий Федорович
Терентьев
Gennady F. Terentyev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: Ленинградский механический институт (1962).

Область научных интересов: водородная энергетика, диагностика энергетического оборудования, теория горения, энергетические установки.

Публикации: 160.

Author information: Ph.D., associate professor, professor of the department “Heat and power engineering and thermal engineering” of the Volzhsky branch of “National Research University “MPEI”.

Education: Leningrad Mechanical Institute (1962).

Research interests: hydrogen power, diagnostics of power equipment, theory of combustion, power plants.

Publications: 160.



Елена Викторовна
Курьянова
Elena V. Kuryanova

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».
Образование: ВФ МЭИ (2006).
Область научных интересов: альтернативная энергетика, диагностика энергетического оборудования.
Публикации: 15.

Author information: assistant of Heat Engineering Department of Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, equipment diagnostics.

Publications: 15.



Василий Николаевич
Курьянов
Vasyliy N. Kuryanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2006).

Область научных интересов: диагностика систем, энергоэффективность оборудования.

Публикации: 25.

Author information: Ph. D. (Tech.), associate professor of Heat Engineering Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2006).

Research interests: renewables, energy efficiency of equipment.

Publications: 25.



Махсуд Мансурович
Султанов
Maqsood M. Sultanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: ВФ МЭИ (2001).

Область научных интересов: исследование и оптимизация режимов работы ТЭС.

Публикации: 27.

Author information: Ph.D., associate professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (Technical University) (2001).

Research interests: the study and optimization of thermal power plant operation.

Publications: 27.

Для получения устойчивой суспензии алюминия в воде использовали агар-агар, для производства в промышленных масштабах возможно применение модифицированной полиакриловой кислоты, которая схожа по свойствам с агар-агаром. Агар-агар является растительным заменителем, образует в водных растворах плотный студень. Агар-агар нерастворим в холодной воде. Он полностью растворяется только при температурах от 95 до 100 градусов. Горячий раствор является прозрачным и ограниченно вязким. При охлаждении до температур 35-40° он становится

чистым и крепким гелем, который является термообратимым. При нагревании до 85-95° он опять становится жидким раствором, снова превращающимся в гель при 35-40° градусах.

Были проведены эксперименты для нахождения оптимальной величины загущения водной суспензии алюминия за счет растворения различных навесок агар-агара. Для осуществления опытов были взяты 6 навесок загустителя, который смешали с 10 г алюминиевой пасты и 100 мл дистиллированной воды. В емкость с водой добавляли пасту алюминия, содер-

жимое в емкости тщательно перемешивали до получения однородной массы. Из-за специального покрытия частицы алюминия плохо смешиваются с водой, поэтому наблюдалось расслоение водной суспензии алюминия. Большая часть алюминия оставалась на поверхности. Затем добавляли загуститель и перемешивали.

По мере увеличения массы загустителя получали более равномерное распределение массы алюминия в водной суспензии. Результаты исследования приведены на фотографиях (рис. 1), где представлены образцы замесов загущенной суспензии алюминиевой пудры при различной концентрации загустителя (агар-агара).



Рис. 1. Емкости с суспензией алюминий + агар-агар + вода
Fig. 1. Containers with a suspension of aluminum + agar-agar + water

Количество агар-агара:

- Стакан № 0 – 0 г (алюминий и вода).
- Стакан № 1 – 0,015 г.
- Стакан № 2 – 0,031 г.
- Стакан № 3 – 0,05 г.
- Стакан № 4 – 0,156 г.
- Стакан № 5 – 0,302 г.

Исследования показали, что использовать большее количество агар-агара (свыше 0,5 г) нецелесообразно, так как суспензия сильно теряет свойство текучести.

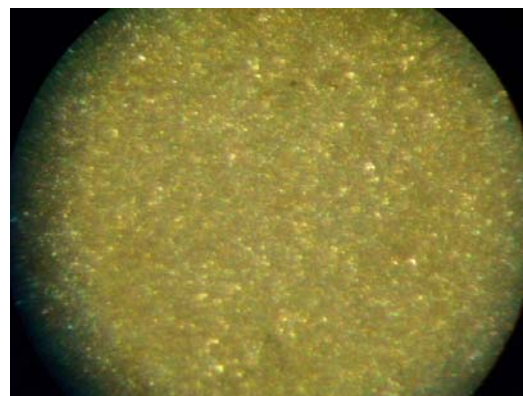
Эксперименты показали, что с увеличением количества вносимого в суспензию загустителя система образует стабильную вязкую текучую массу.

Проведенные эксперименты по получению водорода на основе смешения загущенной водной суспензии алюминия и раствора щелочи показали, что процесс выделения водорода стабилен, т.е. загуститель не влияет на скорость выделения водорода.

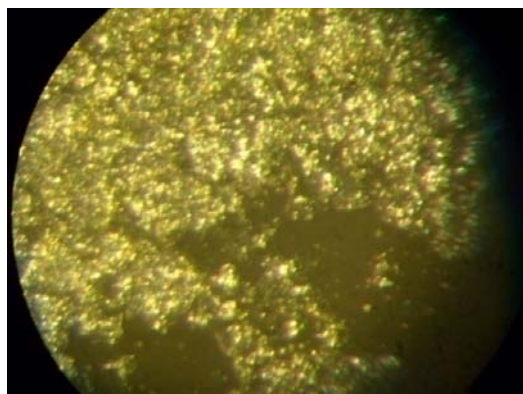
Таким образом, экспериментально подтвержден способ регулирования рабочего процесса в проточном реакторе непрерывного действия по линии подачи загущенной водной суспензии алюминия.

Результаты проведенных исследований по приготовлению загущенной водной суспензии алюминия можно успешно использовать в строительной сфере промышленности, например, в производстве газобетона, существенно сократив энергозатраты на приготовление водных суспензий алюминия.

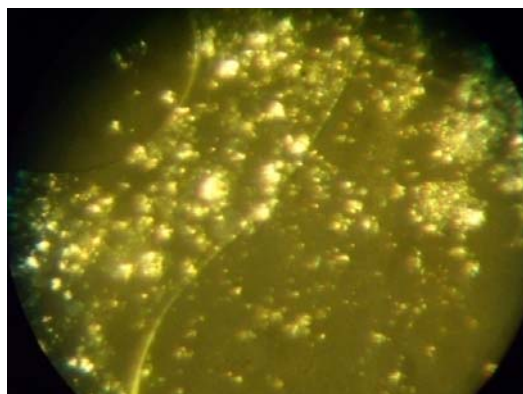
На рис. 2 представлены фотографии под микроскопом: *a* – алюминиевый порошок в сухом виде; *b, c* – водные суспензии алюминия с разным количеством загустителя.



a



b



c

Рис. 2. Алюминиевый порошок под микроскопом:
a – сухой алюминий;

b – суспензия алюминия с 0,2 г агар-агара;

c – суспензия алюминия с 0,5 г агар-агара

Fig. 2. Aluminium powder under microscope:

a – dry aluminum;

b – suspension of aluminum (0.2 g of agar-agar);

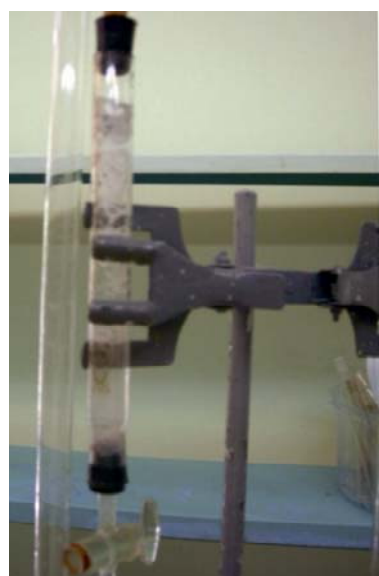
c – suspension of aluminum (0.5 g of agar-agar)

Экспериментальные исследования проверки схемы проточного реактора водорода

Для исследования процесса работы проточного реактора водорода, в котором одновременно отводится водород и водные продукты реакции во время работы, была создана экспериментальная установка, представленная на рис. 3.



a



b

Рис. 3. Экспериментальная установка проверки схемы проточного реактора: а – перед работой; б – во время работы
Fig. 3. Experimental set for testing scheme flow reactor: a – before work; b – during operation

Экспериментальная установка содержала проточный реактор, в котором в донной части установлен фильтр для удержания частиц алюминия. Реактор снабжен двумя магистралями. В верхней части реактора установлена магистраль отвода получаемого водорода, в нижней части – магистраль отвода водных продуктов реакции. Водород отводился в газосборник, а водная часть продуктов реакции – в водосборник. На магистрали отвода водных продуктов реакции установлен кран, с помощью которого регулировался расход отвода водных продуктов реакции.

В результате проведенных экспериментов получен устойчивый рабочий процесс получения водорода в схеме проточного реактора. Способ получения водорода запатентован [1, 2].

На основе полученных результатов разработан ряд проектов энергетических систем с водородным реактором непрерывного действия [3]: автономная энергетическая установка для аварийного энергообеспечения ретранслятора сотовой связи на основе водородного реактора непрерывного действия; энергоустановка с электрохимическим генератором; мобильная установка заправки систем охлаждения турбогенераторов водородом.

Выводы

1. Экспериментально проверена возможность получения устойчивой водной суспензии алюминия путем загущения на основе агар-агара.
2. Экспериментально проверена устойчивость рабочего процесса при использовании загущенной водной суспензии алюминия на основе агар-агара.
3. Экспериментально проверена устойчивость рабочего процесса схемы проточного водородного реактора.
4. Разработаны проекты энергоустановок с водородным реактором непрерывного действия.

Работа выполнена по теме № 7.5704.2011 Минобрнауки.

Список литературы

1. Мокеев И.В., Терентьев Г.Ф. Моделирование рабочего процесса получения водородного топлива в системе «алюминий + раствор щелочи». «Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов»: 4-я Всерос. научно-практическая конференция, г. Волжский, 25-28 сентября 2012 г. // Сборник материалов конференции. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2012.
2. Патент РФ № RU 2545290. Способ получения водорода за счет гидролиза твердого реагента – алюминия в реакционном сосуде / В.С. Кузеванов; М.М. Султанов; Г.Ф. Терентьев; П.В. Шамигулов // 15.11.2013.
3. Патент РФ № RU 2553885. Генератор водорода / В.С. Кузеванов; М.М. Султанов; Г.Ф. Терентьев; П.В. Шамигулов // 15.11.2013.

References

1. Mokeev I.V., Terent'ev G.F. Modelirovanie rabochego processa polucheniâ vodorodnogo topliva v sis-teme «alûminij + rastvor šeloči». «Resurso-ënergobereženie i èkologo-ënergetičeskââ bezopasnost' promyšlennyh gorodov»: 4-â Vseros. naučno-praktičeskââ konferenciâ, g. Volžskij, 25-28 sentâbrâ 2012 g. // Sbornik materialov konferencii. Volžskij: Filial MÊI v g. Volžskom, 2012.
2. Patent RF № RU 2545290. Sposob polucheniâ vodoroda za sčet gidroliza tverdogo reagenta – alûminiâ v reakcionnom sosude / V.S. Kuzevanov; M.M. Sultanov; G.F. Terent'ev; P.V. Šamigulov // 15.11.2013.
3. Patent RF № RU 2553885. Generator vodoroda / V.S. Kuzevanov; M.M. Sultanov; G.F. Terent'ev; P.V. Šamigulov // 15.11.2013.

Транслитерация по ISO 9:1995

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРЯМЫХ $\alpha \rightarrow \beta$ ГИДРИДНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В РАЙОНЕ КУПОЛА ДВУХФАЗНОЙ ОБЛАСТИ СИСТЕМЫ Pd-H

Г.И. Жиров, М.В. Гольцова

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, 220013, Минск, пр. Независимости, д. 65
E-mail: m_goltsova@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Изучены особенности прямых гидридных $\alpha \rightarrow \beta$ превращений в районе купола двухфазной области в термодинамически открытой системе палладий-водород.

Показано, что прямые гидридные фазовые превращения в области купола развиваются по классическому механизму зарождения и роста зародышей. При этом при пониженных температурах морфология продуктов превращения имеет смешанный характер, т.е. массивный рост зародышей новой фазы сменяется выбрасыванием иглообразных отростков и дальнейшим их переформированием. При температурах, близких к критической точке, превращение происходит механизмом, который не приводит к изменениям на полированной поверхности образца.

Ключевые слова: фазовые превращения, система Pd-H, гидриды, критическая точка.

PECULIARITIES OF DIRECT $\alpha \rightarrow \beta$ HYDRIDE TRANSFORMATIONS EVOLUTION NEAR CUPOLA OF TWO-PHASE REGION OF Pd-H SYSTEM

G. I. Zhirov, M. V. Goltsova

Belarusian National Technical University
65 Nezavisimosty Ave, Minsk, 220013, Republic of Belarus;
e-mail: m_goltsova@mail.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

Peculiarities of direct hydride $\alpha \rightarrow \beta$ transformations evolution near cupola of two-phase region of Pd-H system are experimentally studied.

It is shown that they are developed by the classical mechanism of generation and growth. Thus, at low temperatures, the morphology of the transformation products is mixed, i.e. the massive growth of new phase nuclei is replaced by removing the needle-like outgrowths and their further rearrangement. At temperatures which are close to the critical point the transformation develops in the way of a mechanism that does not lead to changes in the polished sample surface.

Keywords: phase transformations, Pd-H system, hydrides, critical point.



Григорий Иванович
Жиров
Grigoriy I. Zhirov

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель кафедры технической физики Белорусского национального технического университета.

Образование: Донецкий национальный технический университет (1998).

Область научных интересов: взаимодействие водорода с металлами, структурно-фазовые превращения в палладии и его сплавах.

Публикации: более 30.

Information about author: Candidate of Science (Physics and Mathematics), Lecturer, Senior Lecturer at the Technical Physics Department of the Belarusian National Technical University.

Education: Donetsk National Technical University (1998).

Research area: hydrogen-metal interaction, structural and phase transformations in palladium and its alloys.

Publications: more than 30.



Мария Викторовна
Гольцова
Maria V. Goltsova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ст. преподаватель Белорусского национального технического университета, лауреат Премии НАН Украины для молодых ученых (2001).

Образование: Донецкий национальный технический университет (1995).

Область научных интересов: взаимодействие водорода с металлами и структурно-фазовые превращения в системах палладий (сплавы палладия) – водород.

Публикации: более 80.

Information about author: PhD (Candidate of Science, Metal Science and Engineering), Senior Lecturer of Belarusian National Technical University, winner of Ukrainian National Academy of Science Award for young scientists (2001).

Education: Donetsk National Technical University (1995).

Research area: metal–hydrogen interactions and structural and phase transformations in palladium (its alloys) – hydrogen systems.

Publications: more than 80.

Введение

В физике твердого тела и физике металлов общеизвестным является то, что в результате внешнего воздействия в полиморфных материалах реализуются фазовые превращения: мартенситные, бейнитные, диффузионные, превращения смешанного типа и т.д. [1-4].

В термодинамически открытых системах фазовые переходы могут быть вызваны как изменением температуры, так и изменением давления. Одними из видов фазовых превращений, индуцированных водородом в системах Ме–Н, являются гидридные превращения, которые имеют особую диффузионно-кооперативную природу [5-7]. Сущность этой природы заключается в том, что в неравновесных условиях в системах Ме–Н имеют место взаимообусловленные и взаимозависимые синергетические перестройки водородной подсистемы и металлической матрицы. При этом атомные перестройки водородной и металлической подсистем осуществляются принципиально различными механизмами. Водородная подсистема перестраивается диффузионным путем, а кристаллическая решетка – кооперативным, мартенситоподобным механизмом.

Важной отличительной чертой гидридных (диффузионно-кооперативных) фазовых превращений, в соответствии с [5, 7], является то, что внутренние водородные напряжения, их возникновение, перераспределение и релаксация играют огромную роль в развитии гидридных превращений. В настоящее время известны два типа водородных напряжений [8].

Во-первых, это напряжения, обусловленные разностью удельных объемов превращающихся фаз и бездиффузионным механизмом перестройки их кристаллических решеток. Эти напряжения называются «водородофазовыми напряжениями», или ВФ-напряжениями [6]. Другой тип напряжений – это водородные концентрационные напряжения (ВК-напряжения), возникающие в металле при наличии

градиентов концентрации водорода. Фундаментальная особенность гидридных превращений заключается в том, что поля упругих напряжений и поля концентрации водорода взаимосвязаны и взаимно обусловлены. Они синергетически реагируют на все изменения внешних параметров и на ход развития гидридного превращения [7].

Эксперименты, описанные в данной работе, дают новую, полезную возможность для раскрытия некоторых конкретных особенностей гидридных фазовых превращений в системах Ме–Н в условиях их термодинамической открытости и обмена с внешней средой не только энергией, но и веществом (водородом).

Материал и образцы для исследования

В настоящей работе материалом для исследований служил палладий чистотой 99,98%, который содержал следующие микропримеси: Pt – 0,009%, Rh – 0,002%, Fe – 0,002%, Ir, Au, Ni, In, Si – не более 0,0001%.

На Екатеринбургском заводе по обработке цветных металлов (ЕЗОЦМ) из указанного палладия была изготовлена проволока диаметром 0,5 мм. В нагартованном состоянии поставки (~95% деформации) палладий имел следующие механические характеристики: $\sigma_b = 297 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_{0,2} = 224 \text{ Н/мм}^2$; $\delta = 1,1\%$.

Из указанной палладиевой проволоки изготавливались образцы для исследований применительно для параметров водородовакуумной установки ВВУ-2 [9] следующим образом.

Проволочные образцы палладия длиной 23 мм и диаметром 0,5 мм предварительно изгибали П-образно. Затем их отжигали в вакууме ~1 Па при 1000 °С в течение 1 часа и охлаждали вместе с печью до комнатной температуры. Величина зерна палладия после отжига составляла 150 мкм.

На верхней части образцов готовили металлографические шлифы по специально разработанной методике, сводящей к минимуму наклеп в приповерх-



ностных слоях образца. Для этого П-образный образец зажимали двумя пластиковыми пластинами в мини-струбцине. Затем поверхность образца шлифовали на фотобумаге с использованием мелкодисперсной алмазной пасты. В процессе шлифования верхняя часть образца стачивалась на глубину 0,1–0,2 мм; в среднем площадь шлифа составляла ~0,45×2,6 мм. Окончательное полирование осуществляли на влажной бархатной ткани. После полировки шлиф очищали медицинским спиртом, извлекали из струбцины и монтировали в рабочую камеру установки ВВУ-2.

Установка позволяет реализовать на одном образце две методики исследований: методику оптической микроскопии с видеозаписью протекающих изменений на поверхности шлифа в реальном времени и методику измерения электросопротивления.

Подробно схема водородовакуумной установки и методика исследований приведена в работе [10].

Видеозапись изменений поверхности образца обрабатывалась с помощью компьютера. Точность кадрового анализа составляла 0,04 секунды. Оцифрованная информация обрабатывалась с помощью программ: Pinnacle Studio, Adobe Premiere, Corel.

Результаты эксперимента

Во всех экспериментах, выполненных на установке ВВУ-2, отожженный образец палладия первоначально нагревали в вакууме (~1 Па) до 350 °С (со скоростью 5–7 °С/мин) и выдерживали при этой температуре до стабилизации электросопротивления. Далее образцы медленно насыщали водородом (со скоростью 0,1–0,2 МПа/мин) для получения исходных отожженных сплавов PdH_x. Параметры обработок обобщены в табл. 1. Далее для каждого нижеописанного способа подготовки отожженных образцов укажем подход, используемый для инициации в них фазово-структурных превращений.

Таблица 1

Экспериментальные параметры водородных обработок, обеспечивающих получение отожженных сплавов палладий–водород

Table 1

Experimental parameters of hydrogen treatments to produce annealed alloys palladium-hydrogen

№ п/п	Параметр	Значение
1	Скорость нагрева/охлаждения в вакууме, °С/мин	5–7/3–5
2	Скорость нагрева/охлаждения в водороде, °С/мин	2–4/2–3
3	Скорость напуска/эвакуации водорода, МПа/мин	0,1–0,2/ 0,05–0,1
4	Среднее время выдержки в вакууме, мин	~10
5	Среднее время выдержки в водороде, мин	не менее 10

Рассмотрим подробно проведение каждого отдельного эксперимента.

Всего было выполнено пять экспериментов, условия проведения которых обобщены в табл. 2. После выдержки образца в вакууме при температуре $T = 350$ °С и напуска в рабочую камеру водорода до давления $P_{H_2,кр}$ МПа (см. табл. 2, колонка 3) производили выдержку до стабилизации электросопротивления. Далее осуществляли медленное охлаждение до $T_{кр}$ (колонка 2) при постоянном давлении водорода ($P_{H_2,кр} = \text{const}$). В результате система Pd–H приводилась к критическим условиям с максимально возможным содержанием водорода в α -фазе (α_{max} -PdH_x).

Таблица 2

Условия инициации прямых гидридных фазовых превращений переохлаждением сплавов α_{max} -PdH_x

Table 2

Conditions of direct hydride phase transformations initiation by α_{max} -PdH_x alloys overcooling

№ п/п	Равновесная температура, $T_{кр}$, °С	Равновесное давление водорода, $P_{H_2,кр}$, МПа	Состав сплава α_{max} -PdH _x	Переохлаждение ΔT , °С	Температура превращения, T , °С	Пересыщение, Δx^*	Длительность превращения, с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	273	1,5	PdH _{0,17}	33	240	0,06	150
2	277	1,6	PdH _{0,18}	9	266	0,02	210
3	281	1,7	PdH _{0,19}	16	265	0,03	270
4	285	1,8	PdH _{0,2}	15	270	0,03	450
5	288	1,9	PdH _{0,22}	–	–	–	–

* Δx – пересыщение сплава α_{max} -PdH_x по водороду, достигаемое после его переохлаждения от $T_{кр}$ до температуры эксперимента.

Инициация прямого гидридного превращения достигалась переохлаждением сплава $\alpha_{\max}\text{-PdH}_x$ от температуры $T_{\text{кр}}$ со скоростью 2–3 °C/мин ($P_{\text{H}_2\text{кр}} = \text{const}$). Как только замечали первые признаки $\alpha \rightarrow \beta$ превращения, охлаждение останавливали и развитие превращения изучали далее в изобарическо-изотермических условиях.

Далее опишем структурно-морфологические особенности $\alpha \rightarrow \beta$ гидридных превращений в зависимости от условий эксперимента (табл. 2).

Эксперимент № 1. Условия проведения эксперимента приведены в табл. 2 (эксп. № 1). Результаты эксперимента обобщены на рис. 1.

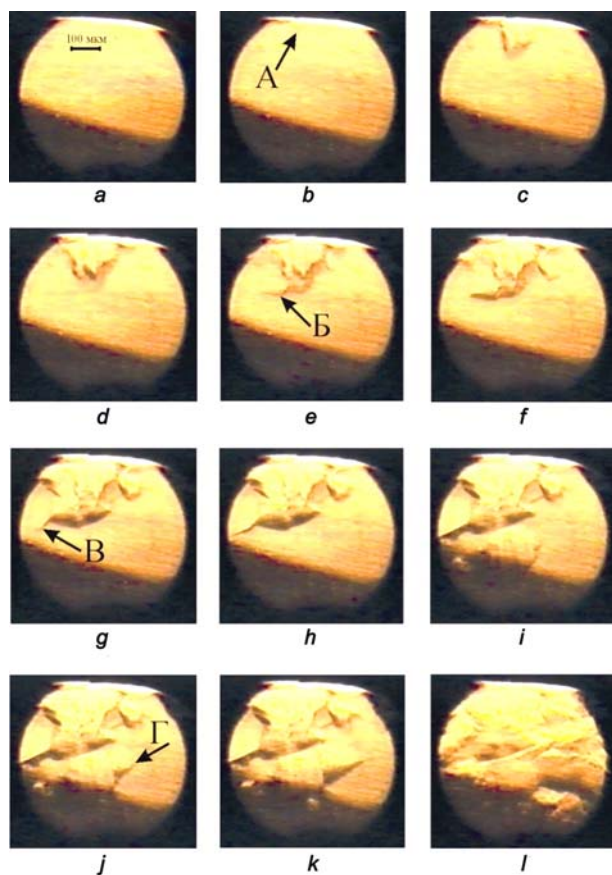


Рис. 1. Морфология прямого $\alpha \rightarrow \beta$ гидридного фазового превращения, инициированного переохлаждением сплава $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,17}$ при $P_{\text{H}_2} = 15 \text{ МПа} = \text{const}$. Время от начала превращения на поверхности: а – 0 с; б – 1 с; в – 8 с; д – 17 с; е – 20 с; ф – 24 с; г – 27 с; h – 31 с; i – 39 с; j – 41 с; k – 44 с; l – 150 с

Fig.1. Morphology of direct $\alpha \rightarrow \beta$ hydride phase transformation initiated by overcooling of $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,17}$ alloy at $P_{\text{H}_2} = 15 \text{ МПа} = \text{const}$. Time from beginning transformation at surface: а – 0 s; б – 1 s; в – 8 s; д – 17 s; е – 20 s; ф – 24 s; г – 27 s; h – 31 s; i – 39 s; j – 41 s; k – 44 s; l – 150 s

Как видно из рис. 1, а, в исходном равновесном состоянии ($T_{\text{кр}} = 273 \text{ °C}$, $P_{\text{H}_2\text{кр}} = 1,5 \text{ МПа}$) сплав $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,17}$ сохранил отожженное состояние с плоской полированной поверхностью. При переохлаждении

образца до 240 °C в верхней части шлифа (рис. 1, б, стрелка А) было замечено появление β -фазы в виде массивно растущего выделения. Охлаждение было остановлено, и последующий ход превращения осуществляли в изотермических и изобарических условиях ($T_{\text{эксп}} = 240 \text{ °C}$, $P_{\text{H}_2\text{эксп}} = 1,5 \text{ МПа}$). Как видно из табл. 1, гидридное превращение стало развиваться при величине переохлаждения $\Delta T = 33 \text{ °C}$, которому соответствует пересыщение сплава по водороду $\Delta x = 0,06$. Из рис. 1, б, в, г, хорошо видна динамика роста массивного гидридного выделения.

Как показал анализ видеозаписи, по прошествии 17 с характер роста β -фазы изменился. Рост массивного выделения затормозился (рис. 1, д). Интересно, что далее из массивного выделения произошел выброс игловидного β -отростка, который стал быстро расти справа налево (см. рис. 1, е, стрелка Б). Далее, достигнув своих максимальных размеров, игловидный отросток прекратил свой интенсивный «продольный» рост, а через ~1 с от момента своего образования он начал разрастаться и сливаться с матричным массивным гидридом (рис. 1, ф). В последующем вновь произошло торможение роста массивного гидрида и ситуация повторилась, а именно, вновь произошел выброс игловидного выделения (рис. 1, г, стрелка В). Динамика его развития и постепенного превращения в массивный гидрид наглядно видна на рис. 1, h–l).

Как видно из рис. 1, l, по завершении прямого гидридного превращения исходно полированная плоская поверхность шлифа оказалась достаточно сильно и неравномерно деформированной. Общее время превращения на поверхности шлифа составило ~150 с.

В описанной выше морфологической картине развития $\alpha \rightarrow \beta$ превращения особый интерес представляет зафиксированная смена структурного механизма роста гидридной фазы, когда массивно растущий гидрид замедляет свой рост и затем «выбрасывает» иглообразный гидридный отросток. Этот экспериментальный результат, полученный нами при повышенной температуре, хорошо согласуется с данными работы [9], в которой авторы наблюдали подобную смену структурного механизма $\alpha \rightarrow \beta$ гидридного превращения при более низкой температуре ($\alpha \rightarrow \beta$ превращение при 170 °C).

Описанная смена структурного механизма гидридного $\alpha \rightarrow \beta$ превращения представляет несомненный интерес в рамках задачи физики металлов о фазовых превращениях и, в общем, для проблемы взаимодействия водорода с материалами. Особый интерес представляет получение количественных характеристик, а именно, скоростей роста, длительности временных интервалов роста и остановок роста массивных и игловидных гидридных фаз и т.д. Соответственно, эти задачи были поставлены и решены в эксперименте № 2.

Эксперимент № 2 (табл. 1). Гидридное превращение стало развиваться при переохлаждении сплава $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,18}$ на 9 °С ниже критической точки ($T_{\text{кр}} = 277$ °С, $P_{\text{H}_2\text{кр}} = 1,6$ МПа). Подробный анализ этого превращения проведен в работе [11]. Морфологически особенности этого превращения аналогичны представленным в эксперименте № 1, поэтому подробно мы их не рассматриваем.

Эксперименты № 3–5. В ниже описанных экспериментах выяснилось, что с приближением температуры превращения к вершине купола ($\alpha+\beta$)-области ($T_{\text{кр}} = 292$ °С) морфологические особенности $\alpha \rightarrow \beta$ превращения претерпевают существенные изменения. Далее рассмотрим и проанализируем морфологические особенности прямых $\alpha \rightarrow \beta$ гидридных превращений в этих условиях.

Как показал анализ видеозаписи экспериментов № 3 и 4 (табл. 2), при давлении $P_{\text{H}_2} = 1,7$ МПа = const, $T_{\text{кр}} = 281$ °С и $P_{\text{H}_2} = 1,8$ МПа = const, $T_{\text{кр}} = 285$ °С гидридные превращения реализуются только путем роста массивных выделений β -фазы. При этом выброс игольчатых гидридов, который имел место при более низких температурах и давлениях, теперь не наблюдается. Сказанное проиллюстрировано далее результатами эксперимента № 4 (табл. 2).

Эксперимент № 4. Превращение было инициировано переохлаждением исходного сплава $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,2}$ ($T_{\text{кр}} = 285$ °С, $P_{\text{H}_2\text{кр}} = 0,18$ МПа) и развивалось при 270 °С в изотермическо-изобарических условиях.

Как видно на рис. 2, *b*, по сравнению с рис. 2, *a*, фазовое превращение начинается ростом β -фазы от края шлифа массивным фронтом. На рис. 2, *b*, *c*, *d* хорошо видна динамика роста β -фазы. Массивному росту β -гидрида сопутствует при этом выделение границ зерен палладия (рис. 2, *d*, стрелки А). Динамика оккупирования поверхности шлифа β -фазой хорошо представлена на рис. 2, *d–g*.

Так, стрелками В (рис. 2, *e*) и С (рис. 2, *f*) отмечено смещение границы раздела двух фаз. Видно (рис. 2, *c–f*), что выделившиеся в процессе превращения границы зерен сохраняются в этом состоянии и по завершении превращения на поверхности шлифа (рис. 2, *g*). Поверхность шлифа оказывается при этом необратимо деформированной и сохраняется таковой по завершении эксперимента ($T_{\text{комн}}$, воздух). Общее время превращения на поверхности в эксперименте № 4 составило 450 с.

В эксперименте № 5 был получен сплав $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,22}$ (см. табл. 2). При температуре $T_{\text{кр}} = 288$ °С ($P_{\text{H}_2\text{кр}} = 1,9$ МПа), что на 4 °С ниже критической температуры системы Pd–H. При медленном переохлаждении этого сплава на поверхности шлифа не было зафиксировано никаких изменений. Это согласуется с данными работы [12], в которой изучались обратные гидридные превращения, в том числе и в районе купола системы Pd–H.

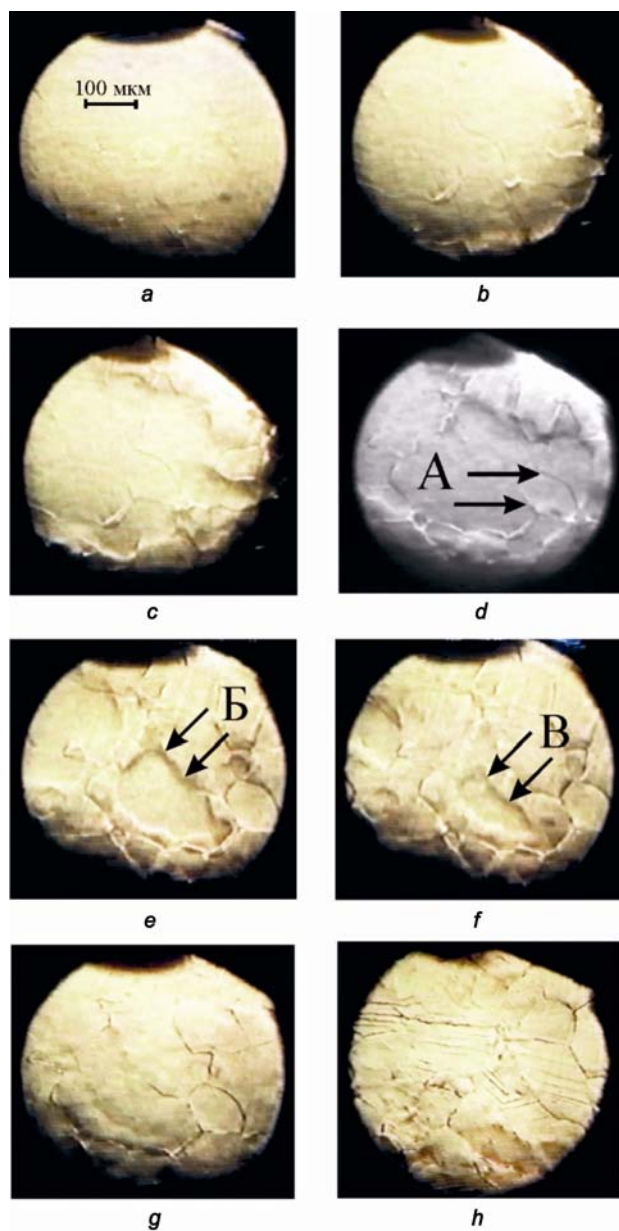


Рис. 2. Морфология прямого $\alpha \rightarrow \beta$ гидридного фазового превращения, инициированного переохлаждением сплава $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,2}$ при $P_{\text{H}_2} = 18$ МПа = const.

Время от начала превращения на поверхности:
а – 0 с; б – 80 с; в – 140 с; д – 230 с; е – 310 с; е – 390 с;
ж – 480 с; з – вакуум, $T_{\text{комн}}$

Fig. 2. Morphology of direct $\alpha \rightarrow \beta$ hydride phase transformation initiated by overcooling of $\alpha_{\max}\text{-PdH}_{0,2}$ alloy at $P_{\text{H}_2} = 18$ МПа = const. Time from beginning transformation at surface:
а – 0 s; б – 80 s; в – 140 s; д – 230 s; е – 310 s; ф – 390 s;
г – 480 s; h – vacuum, T_{room}

Обсуждение результатов эксперимента

Итак, обобщим и проанализируем результаты выполненных экспериментов, исходя из имеющихся знаний о системе Pd–H, о диффузионно-кооперативной природе систем Me–H и гидридных превращений. Напомним, что любая структурная перестройка системы Pd–H при ее насыщении водородом сопровождается возникновением в сплавах сильных внутренних напряжений двух видов: водородных концентрационных (ВК-) напряжений и водородофазовых (ВФ-) напряжений [8].

Далее необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Поставленная в работе цель – изучить воздействие водорода на сплавы Pd–H именно в районе купола двухфазной области [13, 14] – представляет особый интерес, так как, изменяя температуру эксперимента в этой области, можно закономерно и сильно изменять от эксперимента к эксперименту разность удельных объемов α - и β -фаз ($\Delta V/V$). Это наглядно видно из рис. 3, где представлена температурная зависимость $\Delta V/V$, рассчитанная нами на основе данных работ [13, 14]. Соответственно, повышая температуру эксперимента и приближаясь к $T_{кр}$, мы имеем возможность закономерным образом варьировать уровень возникающих водородных напряжений: ВФ-напряжений и ВК-напряжений, обусловленных возникновением градиентов концентрации водорода, необходимых для доставки водорода к выделениям β -фазы.

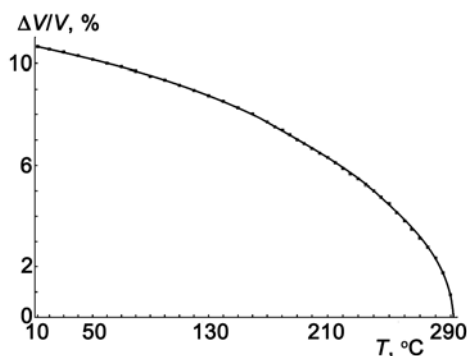


Рис. 3. Зависимость от температуры разности удельных объемов превращающихся фаз ($\alpha_{\max}$ -PdH_x и $\beta_{\min}$ -PdH_{x+Δx}) при изотермических гидридных превращениях в системе Pd–H

Fig. 3. Dependence of transforming phases specific volumes difference ($\alpha_{\max}$ -PdH_x and $\beta_{\min}$ -PdH_{x+Δx}) on temperature at isothermal hydride transformations in Pd–H system

В целом особенность выполненных экспериментов состоит в том, что в каждом из реализованных способов инициации гидридных фазовых превращений (в нашем случае переохлаждением) на начальном этапе водородного воздействия доминировала какая-то одна система водородных напряжений, а именно, либо ВФ-, либо ВК-напряжений. Это и опре-

деляло (в главном) специфику поведения системы Pd–H при $\alpha \rightarrow (\alpha + \beta) \rightarrow \beta$ переходах в конкретных условиях наших экспериментов. Далее, в свете вышесказанного, кратко суммируем наши взгляды на основные экспериментальные результаты настоящей работы.

Об особенностях $\alpha \rightarrow \beta$ гидридных превращений в сплавах $\alpha_{\max}$ -PdH_x инициируемых переохлаждением ниже критической точки

В исходных сплавах $\alpha_{\max}$ -PdH_x до начала развития превращения отсутствуют как ВФ-, так и ВК-напряжения (градиентов концентрации водорода нет, выделений β -фазы еще нет). При малых и достаточно быстрых переохлаждениях ВК-напряжения не возникают. Термическими напряжениями из-за их очевидной малости будем пренебрегать. Теперь исходные сплавы, будучи переохлажденными, становятся неравновесными. При этом средняя концентрация водорода, одинаковая по всему объему образцов, находящихся в α -состоянии, оказывается теперь больше равновесной концентрации в новых условиях на величину Δx . Соответственно, возникает термодинамическая движущая сила, которая уже на начальном этапе требует развития $\alpha \rightarrow \beta$ гидридного превращения во всем объеме образца.

В согласии с литературными данными [9-12, 15] в настоящей работе показано, что при относительно низких температурах (рис. 1) гидридные превращения реализуются по классическому механизму зарождения и роста. Зарождение и рост выделений новой β -фазы приводят к возникновению и перманентному переформированию системы внутренних (ВФ- и ВК-) напряжений, где, по нашему мнению, доминируют ВФ-напряжения. Интересно, что при таком способе инициации и при таких условиях эксперимента при развитии $\alpha \rightarrow \beta$ превращения экспериментально зафиксирована реализация явления термо-баро-упруго-диффузионного (ТБУД) торможения роста массивных β -выделений и достижение ТБУД-равновесия превращающихся α - и β -фаз [11]. Срыв ТБУД-равновесия вследствие продолжающегося действия термодинамической движущей силы реализуется новым структурным механизмом – выбросами иглообразных гидридов.

С приближением температуры превращения к $T_{кр} = 292$ °C разность удельных объемов превращающихся α - и β -фаз (рис. 3) быстро уменьшается. Это приводит к фундаментальным последствиям. Вследствие уменьшения ВФ- и ВК-напряжений сначала с ростом температуры гидридное превращение начинает реализовываться только путем роста массивных выделений β -фазы. Причем ТБУД-торможение и ТБУД-равновесие теперь не реализуются и не наблюдается смена массивного роста выбросом игловидных выделений (игловидных гидридов). Новая β -фаза растет монотонно.

В условиях, совсем близких к критической точке, и при малых переохлаждениях ВФ- и ВК-напряжения становятся столь слабыми, что на поверхности шлифа вообще не наблюдается никаких изменений.

Выводы

1. Систематически изучены *«in situ»* с видеозаписью и покадровым анализом гидридные фазовые превращения в приповерхностных слоях сплавов палладий-водород в районе купола двухфазной области и установлены их структурно-морфологические особенности в зависимости от используемых способов инициации превращений и условий их проведения (по отношению к критической температуре системы Pd-H).

2. Экспериментально установлено, что при инициации гидридных $\alpha \rightarrow \beta$ фазовых превращений переохлаждением сплавов $\alpha_{\text{max}}\text{-PdH}_x$ указанные превращения подчиняются нижеописанным фазово-структурным закономерностям:

2.1. При относительно низких температурах превращения осуществляются по классическому механизму зарождения и роста. При этом реализуется

термо-баро-упруго-диффузионное (ТБУД) торможение роста β -выделений и временная остановка их роста при достижении ТБУД-равновесия превращающихся фаз. Срыв ТБУД-равновесия осуществляется сменой структурного механизма превращения, и исходные массивные β -выделения «выбрасывают» быстро растущие иглообразные β -отростки; в последующем иглообразные β -отростки «утолщаются», скорость их роста замедляется и они перестраиваются в составные части исходных массивных β -выделений.

2.2. При приближении температуры фазового перехода к критической температуре системы Pd-H структурно-морфологический механизм гидридного $\alpha \rightarrow \beta$ превращения претерпевает существенные изменения. Сначала при повышении температуры механизм зарождения и роста сохраняется, но механизм ТБУД-торможения не работает, и $\alpha \rightarrow \beta$ переход осуществляется только путем роста массивной β -фазы. При дальнейшем приближении температуры к $T_{\text{кр}}$ переход из α - в β -область осуществляется без изменений на полированной поверхности сплавов палладий-водород.

Список литературы

1. Гольдшмидт Х.Дж. Сплавы внедрения / пер. с англ. М.: Мир, Вып. 2. 1971.
2. Андриевский Р.А., Уманский Я.С. Фазы внедрения. М.: Наука, 1977.
3. Кристиан Дж.У. Фазовые превращения // Физическое металловедение. М.: Металлургия, 1968. С. 227–346.
4. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: учебник. М.: Металлургия, 1986.
5. Гольцов В.А. Явления, обусловленные водородом и индуцированными им фазовыми превращениями // Взаимодействие водорода с металлами / отв. ред. А.П. Захаров. М.: Наука, 1987. Гл. 9. С. 264–292.
6. Goltsov V.A. Fundamentals of hydrogen treatment of materials // Progress in Hydrogen Treatment of Materials. Donetsk-Coral Gables: Kassiopeya Ltd, 2001. P. 3–36.
7. Гольцов В.А. О природе диффузионно-кооперативных (гидридных) превращений // Изв. вузов. Цветная металлургия. 1987. № 1. С. 88–96.
8. Progress in Hydrogen Treatment of Materials / editor V.A. Goltsov. Donetsk-Coral Gables: Kassiopeya Ltd., 2001.
9. Гольцов В.А., Артеменко Ю.А. Кинетические и морфологические особенности гидридных превращений в системе палладий-водород // Физика металлов и металловедение. 1991. № 2. С. 181–188.

References

1. Gol'dšmidt H.Dž. Splavy vnedreniâ / per. s angl. M.: Mir, Vyp. 2. 1971.
2. Andrievskij R.A., Umanskij Â.S. Fazy vnedreniâ. M.: Nauka, 1977.
3. Kristian Dž.U. Fazovye prevraŝeniâ // Fizičeskoe metallovedenie. M.: Metallurgija, 1968. S. 227–346.
4. Novikov I.I. Teoriâ termičeskoj obrabotki metallov: učebnik. M.: Metallurgija, 1986.
5. Gol'cov V.A. Âvleniâ, obuslovlennyye vodorodom i inducirovannymi im fazovymi prevraŝeniâmi // Vzaimodejstvie vodoroda s metallami / otv. red. A.P. Zaharov. M.: Nauka, 1987. Gl. 9. S. 264–292.
6. Goltsov V.A. Fundamentals of hydrogen treatment of materials // Progress in Hydrogen Treatment of Materials. Donetsk-Coral Gables: Kassiopeya Ltd, 2001. P. 3–36.
7. Gol'cov V.A. O prirode diffuzionno-kooperativnyh (gidridnyh) prevraŝenij // Izv. vuzov. Cvetnaâ metallurgija. 1987. № 1. S. 88–96.
8. Progress in Hydrogen Treatment of Materials / editor V.A. Goltsov. Donetsk-Coral Gables: Kassiopeya Ltd., 2001.
9. Gol'cov V.A., Artemenko Ū.A. Kinetičeskie i morfologičeskie osobennosti gidridnyh prevraŝenij v sisteme palladij-vodorod // Fizika metallov i metallovedenie. 1991. № 2. S. 181–188.

10. Гольцова М.В., Артеменко Ю.А., Зайцев В.И. Особенности кинетики дегазации и гидридного бета-альфа превращения в термодинамически открытой системе палладий-водород // Физика металлов и металловедение. 1997. Т. 84. С. 140–143.

11. Жиров Г.И., Гольцова М.В. Экспериментальное подтверждение явления термо-баро-упруго-диффузионного равновесия превращающихся фаз при гидридных превращениях // Физика металлов и металловедение. 2002. Т. 94, № 1. С. 70–74.

12. Goltsova M.V. Reverse hydride transformations in the Pd-H system // International Journal of Hydrogen Energy, Volume 31, Issue 2, February 2006, P. 223-229.

13. Водород в металлах / ред. Г. Алефельд и И. Фёлькль; пер с англ. М.: Мир, 1981. Т. 1, Т. 2.

14. Фромм Е., Гебхардт Е. Газы и углерод в металлах / пер. с англ. М.: Metallurgia, 1980.

15. Goltsova M.V., Artemenko Yu.A., Zaitsev V.I. Kinetics of reverse $\beta \rightarrow \alpha$ hydride transformation in thermodynamically open palladium-hydrogen system // J. Alloys and Compounds. 1999. Vols 293–295. P. 379-384.

10. Gol'cova M.V., Artemenko Ū.A., Zajcev V.I. Osobennosti kinetiki degazacii i gidridnogo beta-al'fa prevraŝeniâ v termodinamičeski otkrytoj sisteme palladij-vodorod // Fizika metallov i metalloveenie. 1997. T. 84. S. 140–143.

11. Žirov G.I., Gol'cova M.V. Èksperimental'noe potvrždenie âvleniâ termo-baro-uprugo-diffuzionnogo ravnovesiâ prevraŝaûŝihsâ faz pri gidridnyh prevraŝeniâh // Fizika metallov i metalloveenie. 2002. T. 94, № 1. S. 70–74.

12. Goltsova M.V. Reverse hydride transformations in the Pd-H system // International Journal of Hydrogen Energy, Volume 31, Issue 2, February 2006, P. 223-229.

13. Vodorod v metallah / red. G. Alefel'd i I. Fël'kl'; per s angl. M.: Mir, 1981. T. 1, T. 2.

14. Fromm E., Gebhardt E. Gazy i uglerod v metallah / per. s angl. M.: Metallurgiâ, 1980.

15. Goltsova M.V., Artemenko Yu.A., Zaitsev V.I. Kinetics of reverse $\alpha \rightarrow \beta$ hydride transformation in thermodynamically open palladium-hydrogen system // J. Alloys and Compounds. 1999. Vol. 293–295. P. 379-384.

Транслитерация по ISO 9:1995



ОБ ОСОБОЙ РОЛИ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОДОРОДОМ В МЕТАЛЛАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ

М.В. Гольцова

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, 220013, Минск, пр. Независимости, д. 65
E-mail: m_goltsova@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В статье дан краткий обзор некоторых водородоупругих и водородопластических эффектов, экспериментально зафиксированных при исследовании модельной системы Pd-H методиками прямого наблюдения *in situ*, в том числе с видеозаписью протекающих процессов.

Показано, что описанные в данной статье экспериментально зарегистрированные эффекты представляют не только строго научный интерес для углубления знаний о фундаментальных закономерностях взаимодействия водорода с металлами. Их следует учитывать в конкретных технологиях использования систем Me-H и водородной обработки материалов.

Ключевые слова: внутренние напряжения, гидридные фазовые превращения, изгибы пластины, термо-баро-упругое равновесие.

ON THE SPECIAL ROLE OF INTERNAL STRESSES, INDUCED WITH HYDROGEN IN METALS: EXPERIMENTAL EVIDENCES

M.V. Goltsova

Belarusian National Technical University
65 Nezavisimosty ave., Minsk, 220013, Republic of Belarus
E-mail: m_goltsova@mail.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The article gives a brief overview of some hydrogen elastic and hydrogen plastic effects experimentally recorded in the study of a model system Pd-H with direct observation *in situ* technique, including a processes videoregistraion.

It is shown experimentally registered effects are not only of strictly scientific interest to deepen the knowledge of metals hydrogen interaction fundamental laws. They should be taken into account in the use of specific Me-H technologies and hydrogen processing of materials.

Keywords: internal stresses, hydride phase transformations, plate bendings, termo-baro-elastic equilibrium.



Мария Викторовна
Гольцова
Maria V. Goltsova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ст. преподаватель Белорусского национального технического университета, лауреат Премии НАН Украины для молодых ученых (2001).

Образование: Донецкий национальный технический университет (1995).

Область научных интересов: взаимодействие водорода с металлами и структурно-фазовые превращения в системах палладия (сплавы палладия) – водород.

Публикации: более 80.

Information about author: PhD (Candidate of Science, Metal Science and Engineering), Senior Lecturer of Belarusian National Technical University, winner of Ukrainian National Academy of Science Award for young scientists (2001).

Education: Donetsk National Technical University (1995)

Research area: metal-hydrogen interactions and structural and phase transformations in palladium (its alloys) – hydrogen systems.

Publications: more than 80.

Введение

Любые энергетические проекты предусматривают в том или ином виде использование термодинамически открытых систем Ме-Н, поэтому изучение взаимодействия водорода и его изотопов с металлами не теряет своей актуальности и вызывает живой интерес [1]. При этом системы Ме-Н – уникальные физические объекты, которые состоят из двух атомных подсистем: водородной и металлической. Эти подсистемы различаются по диффузионной подвижности больше чем в 10^{20} – 10^{30} раз, что выделяет их в особый ряд по сравнению с другими системами внедрения [2] и обуславливает многие особенности и необычные физические явления.

Большинство систем Ме-Н обладают сложными диаграммами состояния, что затрудняет их экспериментальные исследования. Система Pd-H стоит особняком в ряду систем Ме-Н не только из-за уникальной способности палладия пропускать водород, но и благодаря относительной простоте ее диаграммы состояния, что дает возможность использовать палладий в качестве модельного материала для исследований основных закономерностей взаимодействия водорода с металлами [3].

Именно на палладии было систематически, теоретически и экспериментально изучено явление водородоупругости [4]. Поскольку внедренный атом водорода расширяет кристаллическую решетку металла, в кристаллической решетке возникает упругое (деформационное) дальнodelствующее взаимодействие атомов водорода. Часто специфические особенности подструктуры внедрения решаются в рамках модели, в которой кристаллическая решетка рассматривается только как жесткий «контейнер», не реагирующий на поведение водородной подсистемы [3]. Однако при возникновении в металле градиентов концентраций водорода возникают и градиенты расширения кристаллической решетки, что в итоге приводит к появлению внутренних напряжений, индуцированных водородом. Такие напряжения принято называть водородными концентрационными (ВК) напряжениями. В случае, когда ВК-напряжения не превышают предела текучести металла, говорят о явлении водородоупругости [4]. В противном случае возникает пластическая деформация металла, вызванная водородным воздействием. Явление водородоупругости проявляется на практике «внешне» совершенно различными экспериментальными эффектами (см. классификацию в [2]). В одних случаях на первый план выступают диффузионные аспекты явления водородоупругости, обусловленные развитием восходящей диффузии водорода: замедление гидридных фазовых превращений, возможность достижения термо-баро-упруго-диффузионного равновесия превращающихся фаз, эффект Льюиса и др. В других на первый план выступают механические проявления водородоупругости: обратимое и необ-

ратимое формoизменение (коробление) металлических изделий, эффект Горского. Если в результате насыщения металла водородом (или при его дегазации) в металле развивается фазовое превращение, то ситуация осложняется возникновением, помимо ВК-напряжений, и водородофазовых (ВФ) напряжений, обусловленных разностью удельных объемов превращающихся фаз [5].

В данной статье приведен краткий обзор некоторых водородоупругих и водородопластических эффектов микро-, мезо-, и макромасштабов, экспериментально зафиксированных при исследовании модельной системы Pd-H методиками прямого наблюдения *in situ*, в том числе с видеозаписью протекающих процессов.

Материал и методики

Во всех экспериментах использовали чистый палладий, чистотой 99,98%, изготовленный на Екатеринбургском заводе по обработке цветных металлов и специально сконструированные для целей и задач исследований водородо-вакуумные установки.

Для изучения диффузионных проявлений водородоупругости использовали проволоочные образцы, Ø 0,5 мм, длиной 23 мм, изогнутые в виде буквы П. На верхней части образцов были подготовлены металлографические шлифы по специальной методике, сводящей к минимуму наклеп приповерхностных слоев образца. Затем шлифы помещались в водородо-вакуумную установку ВВУ-2, которая позволяет исследовать взаимодействие палладия с водородом при температурах от комнатной до 700 °С и при давлениях от 10–100 Па до 2,5 МПа. Подробно о подготовке шлифов и методиках эксперимента можно прочесть в [6, 7]. Важно, что исследования в ВВУ-2 осуществлялись одновременно двумя методиками прямого наблюдения: оптической микроскопией *in situ*, с видеозаписью процессов в приповерхностных слоях испытываемого образца, и методикой интегрального измерения удельного электросопротивления, позволяющей непосредственно в ходе эксперимента отслеживать процессы, осуществляющиеся в его объеме.

Для изучения механических проявлений водородоупругости при одностороннем насыщении палладия водородом использовали палладиевую пластину размерами (68×5,5×0,27 мм), предварительно отожженную при 700 °С в течение 60 минут и затем охлажденную с печью. Одну сторону отожженного образца электролитически покрывали медью. Для исследований использовали экспериментальную водородо-вакуумную установку ВВУ-4, которая позволяет изучать формoизменение консолидно закрепленной палладиевой пластины при температурах до 360 °С и при давлениях водорода от 0,01 МПа до 2,5 МПа. Важно, что эксперименты всегда осуществляли в изотермических условиях и вели регистрацию изменения стрелы прогиба образца через кварцевое



окно с помощью катетометра с одновременной видеозаписью процесса формоизменения образца в реальном времени. Методика подготовки образцов, экспериментальная установка ВВУ-4 и методика проведения экспериментов достаточно подробно описаны в оригинальной работе [8] и обзорной по систематическим исследованиям формоизменения палладиевой пластины [9].

Все полученные как на ВВУ-2, так и на ВВУ-4 видеозаписи затем анализировали в специализированных программах для обработки видеозаписей кадр за кадром. Ошибка измерения времени составляла $\pm 0,04$ с. Ошибка измерения положения свободного конца пластины составляла $\pm 0,03$ мм. Использование видеозаписи особенно важно для тех экспериментов, в которых быстрота осуществления регистрируемого эффекта превышает возможности регистрации изменений в приповерхностных слоях образца с помощью фотографирования или измерений стрелы прогиба пластины с помощью катетометра.

При исследованиях формоизменения палладиевой пластины при двустороннем насыщении водородом использовали образцы размерами $65,0 \times 5,0 \times 0,2$ мм, предварительно отожженные в вакууме при температуре 1000°C в течение 3 ч (охлаждение с печью). Двусторонние водородные нагрузки консолю закреплённой палладиевой пластины проводили в специально сконструированной водородо-вакуумной установке ВВУ-3. Принципиальным отличием этих экспериментов от экспериментов по изучению формоизменения палладиевой пластины при одностороннем насыщении водородом являлось и то, что они проводились в условиях насыщения водородом при упругом механическом нагружении палладиевой пластины подвешиванием груза на ее свободный торец. Подробно эксперименты по исследованию формоизменения палладиевой пластины при двустороннем насыщении водородом описаны и обсуждены в [10].

Диффузионные проявления водородоупругости

Термо-баро-упруго-диффузионное равновесие превращающихся фаз

Впервые теоретическое положение о термо-баро-упруго-диффузионном равновесии в системах Me-H было выдвинуто в работе [11] по аналогии с положением о термоупругом равновесии, сформулированным Г.В. Курдюмовым для мартенситных превращений. Затем был получен ряд экспериментальных подтверждений теоретически обоснованного явления, самое яркое из которых описано в [12]. При инициации прямого гидридного $\alpha \rightarrow \beta$ превращения переохлаждением на 9°C относительно критической температуры для давления $P_{H_{2kp}} = 1,6$ МПа, со скоростью охлаждения $1^\circ\text{C}/\text{мин}$, было зафиксировано развитие массивного выделения новой β -фазы, которое росло вначале с постоянной средней скоростью

($v \sim 5,4$ мкм/с), в течение первых 12 с. В результате увеличения размера массивного гидрида усиливающиеся водородные (водородные концентрационные и водородофазовые) напряжения замедлили диффузионную подачу водорода к растущему гидриду и скорость роста массивного гидрида начала замедляться (ТБУД-торможение). Наконец рост гидрида полностью остановился, и действовало ТБУД-равновесие в течение 1 с (рис. 1).

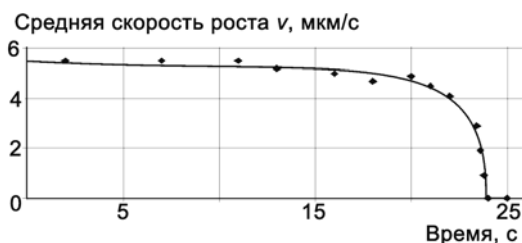


Рис. 1. Зависимость средней скорости движения границы массивного материнского β -гидрида во времени [12]

Fig. 1. Dependence of massive maternal β -hydride boundary movement average rate on time [12]

Но термодинамическая сила превращения продолжала действовать, и после остановки роста ТБУД-равновесие было нарушено выбросом игло-видного отростка. Детальный покадровый анализ роста игловидного гидрида [12] выявил интересные особенности, а именно: линейный рост этого гидрида осуществляется как последовательность периодов увеличения его длины, быстрого торможения и достижения локального ТБУД-равновесия, которое затем срывается, и картина повторяется. При этом после каждого срыва равновесия рост игольчатого гидрида замедляется, а время последующей остановки роста (равновесия) увеличивается (рис. 2).



Рис. 2. Кинетические особенности роста игловидного β -выделения: а – изменение длины игловидного β -отростка; б – изменение средней скорости роста β -выделения во времени [12]

Fig. 2. Kinetic peculiarities of specular β -phase outgrowth: а – β -phase outgrowth length change; б – β -phase outgrowth average rate change in time

Необходимо отметить, что «скачкообразное» ускорение гидридного превращения после замедления развития наблюдалось неоднократно и в других экспериментах по изучению кинетики обратных превращений в системе Pd-H.

Замедление гидридных превращений

Итак, накопление водородных напряжений затрудняет диффузию водорода и тормозит развитие гидридного превращения. При этом величина возникающих водородофазовых напряжений зависит от разности удельных объемов превращающихся фаз. Поскольку двухфазный «купол» на диаграмме состояния Pd-H с увеличением температуры сужается и ветви купола сходятся в критической точке системы, то и разность удельных объемов превращающихся фаз с увеличением температуры эксперимента становится меньше, соответственно, осуществление превращений должно индуцировать меньший уровень внутренних ВФ-напряжений. В работе [6] обобщены результаты исследований гидридных превращений в системе Pd-H. Обратные гидридные превращения изучали, инициируя их в исходно ненаклепанном малодефектном β -гидриде палладия. Методически вначале палладий насыщали водородом таким образом, чтобы фигуративная точка образца не пересекала двухфазную область на диаграмме состояния Pd-H («в обход» купола двухфазной области). Насыщенный таким образом палладий сохранял свою исходно отожженную структуру и пластичность, что было подтверждено рентгеноструктурными исследованиями и измерениями механических свойств в работах [13, 14]. Затем инициировали обратное гидридное превращение либо повышением температуры, либо понижением давления газообразного водорода [6]. По результатам измерения удельного электросопротивления *in situ* строили кинетические диаграммы гидридного превращения, так, как это принято в металловедении.

Исследования показали, что при определенных условиях в экспериментах наблюдается весьма сильное замедление скорости превращения и дегазации образца с уменьшением температуры или перепада давления водорода, во много раз превышающее простое уменьшение коэффициента диффузии водорода с понижением температуры в температурном интервале экспериментов. Например, при уменьшении температуры от 270 до 150 °С коэффициент диффузии водорода в палладии уменьшается менее чем в 5 раз (от $21 \cdot 10^{-9}$ м²/с до $4,84 \cdot 10^{-9}$ м²/с). Однако скорость $\beta \rightarrow \alpha$ превращения уменьшается в 10 раз. Другой пример: если бы время превращения и дегазации зависело бы только от скорости диффузии водорода в палладии, то, как показывают расчеты с использованием известных коэффициентов диффузии водорода в палладии и законов Фика, при 200 °С дегазация должна была бы завершиться за ~1 мин, а при 150 °С дегазация должна была бы завершиться за ~3 мин. Однако экспериментально установленное время

$\beta \rightarrow \alpha$ превращения и дегазации при этих температурах оказывается в 60–100 раз больше. Наблюдавшееся замедление дегазации в α -области (150 °С), замедление самого $\beta \rightarrow \alpha$ превращения (140–110 °С) и полное торможение дегазации в β -области (100 °С) не могли быть связаны с поверхностными процессами, так как поверхность образцов являлась хорошо активированной многократными воздействиями водорода в широком интервале температур. Из всего этого был сделан вывод [6], что обнаруженное торможение превращения и дегазации образцов имеет иную природу, более сложную, чем простое уменьшение коэффициентов диффузии водорода с понижением температуры.

Согласно современным представлениям, системы металл-водород имеют сложную диффузионно-кооперативную природу, а гидридные превращения осуществляются по диффузионно-кооперативному механизму [2]. Доставка водорода к зародышам новой фазы и его перераспределение в подсистеме внедрений осуществляются на микро- и макрорасстояния диффузионным путем, а взаимообусловленная перестройка кристаллической решетки осуществляется кооперативным, мартенситоподобным механизмом [11, 2]. В превращениях этого класса внутренние, водородные напряжения обусловлены, во-первых, разностью удельных объемов превращающихся фаз (ВФ-напряжения) и, во-вторых – градиентами концентрации водорода (ВК-напряжения), которые необходимы для диффузионной доставки (отвода) водорода к (из) внешней среде и затем от (к) растущих зародышей новой фазы.

С точки зрения термодинамики энергия этих водородных напряжений вносит свой вклад в общее изменение свободной энергии термодинамической системы металл-водород в результате гидридного фазового превращения, так же как возникающие внутренние напряжения вносят свой вклад в развитие мартенситных превращений. Поэтому применительно к обратному $\beta \rightarrow \alpha$ гидриднему фазовому превращению можно записать [2]:

$$\Delta F = -\Delta F_{об} + \Delta F_{пов} + \Delta F_{вн}, \quad (1)$$

где $\Delta F_{об}$ – уменьшение свободной энергии системы вследствие перехода некоторого объема β -фазы в α -фазу; $\Delta F_{пов}$ – увеличение свободной энергии вследствие образования поверхности раздела фаз; $\Delta F_{вн}$ – увеличение свободной энергии вследствие возникновения водородофазовых и водородных концентрационных напряжений.

Из (1) наглядно видно, что с ростом водородных напряжений (т.е. с ростом $\Delta F_{вн}$) термодинамическая движущая сила $\beta \rightarrow \alpha$ превращения уменьшается, и оно должно неизбежно тормозиться. Следовательно, можно предположить, что именно возникновение и рост водородных напряжений в процессе $\beta \rightarrow \alpha$ гид-

ридного превращения ответственны за экспериментально наблюдаемые кинетические особенности $\beta \rightarrow \alpha$ превращения и за сильное торможение его скорости при низких температурах, при малых перегревах и малых перепадах давления.

Учитывая, что ВФ-напряжения зависят от разности удельных объемов превращающихся фаз, был проведен сравнительный анализ температурной зависимости разности удельных объемов β - и α -фаз ΔV [6] и определенной из результатов экспериментов средней скорости $\beta \rightarrow \alpha$ превращения. Результаты представлены на рис. 3.

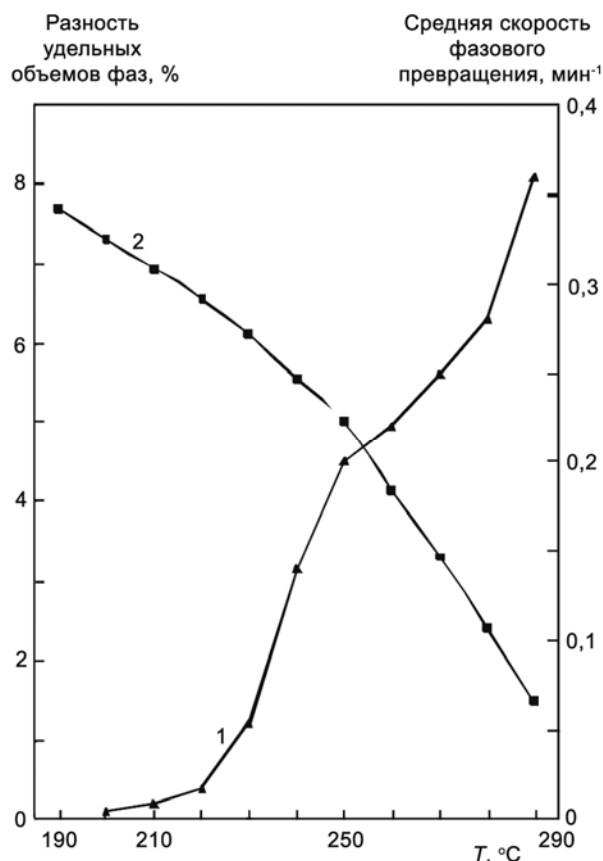


Рис. 3. Зависимость средней скорости гидридного фазового превращения (1) и разности удельных объемов превращающихся фаз (2) от температуры [6]

Fig. 3. Dependence of hydride phase transformation average rate (1) and transforming phases specific volumes (2) on temperature [6]

Очевидно, что имеет место хорошая качественная корреляция: с понижением температуры разность удельных объемов фаз увеличивается, при этом средняя скорость $\beta \rightarrow \alpha$ превращения, соответственно, уменьшается. Так как ΔV определяет величину водородных напряжений, генерируемых в процессе $\beta \rightarrow \alpha$ превращения, то отмеченная корреляция, несомненно, свидетельствует в пользу представлений об особой роли водородных напряжений в торможении $\beta \rightarrow \alpha$ превращения при низких температурах и, соответ-

ственно, в ускорении превращения при ослаблении «упругого» торможения при высоких температурах.

В описанных выше явлениях ТБУД-равновесия и явлении замедления скорости гидридного превращения с увеличением разности удельных объемов превращающихся фаз, несомненно, большую роль играют ВФ-напряжения. Однако это не значит, что за пределами двухфазной области, где, по определению, ВФ-напряжений существовать не может вследствие отсутствия фазовых переходов, градиенты концентрации водорода и индуцированные ими ВК-напряжения не вызовут структурных изменений и наклепа. Ниже вы увидите яркие примеры того, что ВК-напряжения в однофазной области могут быть настолько сильны, что вызывают целый спектр эффектов.

Выявление границ зерен в палладии при дополнительном насыщении водородом

При подготовке ненаклепанного β -гидрида палладия [15], а именно, в случаях ускоренного (25 °/мин) охлаждения его области β -фазы до выбранных температур эксперимента, когда согласно диаграмме состояния системы Pd-H происходит дополнительное поглощение водорода, на полированной поверхности предварительно подготовленного шлифа наблюдалось выявление границ зерен (рис. 4). При этом тот факт, что каждое отдельное зерно сохранило свою плоскую полированную поверхность, дал основание полагать [15], что механизм наблюдаемого эффекта – сдвиг зерен друг относительно друга в результате возникновения ВК-напряжений в объеме всего образца. Закономерным вопросом стало: возможен ли такой же эффект сдвига зерен при ускоренном насыщении водородом палладия в области α -фазы?

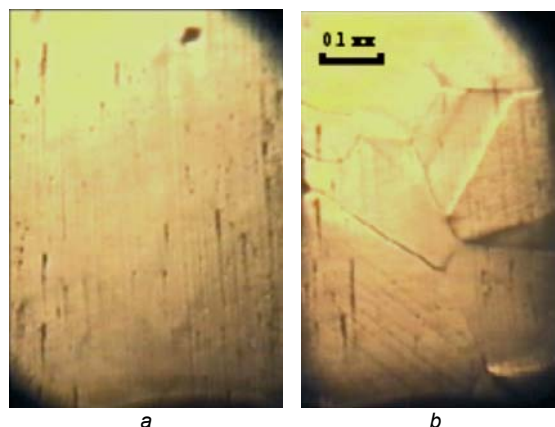


Рис. 4. Сдвиг зерен при ускоренном дополнительном насыщении водородом сплава β -PdH_x [15]:

a – исходный полированный шлиф; *b* – границы зерен
Fig. 4. Grains shift at β -PdH_x accelerated additional saturation with hydrogen [15]: *a* – an initial cross section of pure palladium; *b* – grains shift

В результате систематических экспериментов было установлено [16], что любые интенсивные воздействия водородом на чистый палладий (вплоть до

резкого увеличения давления водорода в рабочей камере до 2,5 МПа со скоростью 1,0 МПа/с) не приводят к сколь бы то ни было существенным изменениям поверхности чистого палладия, исходно не содержащего водород. Напротив, если сначала палладий насытить водородом до составов, соответствующих разбавленным α -твердым растворам водорода в палладии, а затем провести дополнительное интенсивное насыщение этих сплавов водородом, но так, чтобы фигуративная точка образца оставалась в пределах однофазной области, то в образцах происходит сильный сдвиг зерен и необратимое выявление их границ. То есть сплавы палладия с водородом в значительно большей степени подвержены эффекту сдвига зерен при водородном ударе, нежели собственно палладий как металл.

Покадровый анализ выявил [16], что сдвиг зерен в сплаве α -PdH_x при водородных ударах происходит не одновременно по всему шлифу и не моментально. Напротив, этот процесс осуществляется поэтапно и в течение некоторого времени. Он может включать некоторое начальное выпучивание зерен, неодновременное и неодинаковое их реагирование на водородное воздействие, обратное «втягивание» отдельных зерен в объем и т.д., в результате чего картина шлифа перманентно изменяется. При этом ему может предшествовать некоторый инкубационный период, а весь процесс «игры» зерен развивается в зависимости от условий эксперимента от $\tau = 0,8$ до $\tau = 3,6$ с. В дальнейшем процесс «подвижки» зерен прекращается и картина стабилизируется. Полная эвакуация водорода из палладия не приводит к исходному зеренному расположению, и сдвиг зерен сохраняется как остаточный эффект водородного удара.

В работе [16] дан анализ наблюдаемых эффектов сдвига зерен. Первопричиной смещения зерен палладия и сплавов палладия с водородом, несомненно, являются водородные концентрационные напряжения, возникающие в металле при его ускоренном насыщении водородом. Причиной же большей склонности к сдвигу зерен именно сплавов PdH_x, нежели чистого палладия, является то, что возникший вследствие интенсивного насыщения водородом («водородного удара») первоначальный градиент концентрации водорода вызывает затем восходящую диффузию уже содержащегося в образце водорода из глубины к поверхности. Такой сложный синергетический процесс переформирования полей ВК-напряжений вызывает, по-видимому, суммарное увеличение уровня внутренних напряжений и, соответственно, приводит к усилению процесса сдвига зерен. Это сложный диффузионный в своей основе процесс, поэтому сдвиг зерен происходит не моментально, а длительно во времени. При этом временные интервалы этого процесса (секунды) вполне соизмеримы со временем, необходимым для диффузионного перераспределения водорода в приповерхностных слоях палладия толщиной порядка десятков микрон [16].

Несомненно, что возникавшие внутренние напряжения, приводящие к необратимым изменениям в приповерхностных слоях образца, превышали предел текучести палладия и сплавов PdH_x (в противном случае изменения бы не выходили из упругой области и оставались бы обратимыми).

Обратимые выпучивания, стационарные и движущиеся

Яркими примерами обратимых явлений в приповерхностных слоях палладия и его сплавов с водородом являются когерентные выпучивания [16], которые, в зависимости от действия возникающих полей ВК-напряжений, могут быть либо стационарными, либо движущимися.

Стационарные когерентные выпучивания были зарегистрированы при дополнительном насыщении сплава β -PdH_x водородом в условиях $P_{H_2} = 2,3$ МПа, охлаждение с 350 °С со скоростью 5 °С/мин. При температуре 232 °С на поверхности шлифа было замечено появление локальной выпуклости, имеющей локальные формы. Охлаждение было остановлено, но выпуклость продолжала расти, достигла максимума через 13 с от момента появления и после достижения своих максимальных размеров $2,3 \cdot 10^{-1}$ мм длиной и $3,8 \cdot 10^{-3}$ мм шириной стала уменьшаться, полностью исчезнув через 1 мин 43 с от своего появления. После «рассасывания» выпуклости было зафиксировано незначительное остаточное искажение исходно плоской поверхности. Это явление было названо «выпучиванием» по аналогии с явлением, которое имеет место в науке о сопротивлении материалов [17].

Движущееся когерентное выпучивание было зарегистрировано при интенсивном насыщении водородом («водородном ударе») сплава PdH_{0,1}, находящегося в критических условиях ($T = 230$ °С и $P_{H_2} = 0,68$ МПа). Скорость напуска водорода составляла $\approx 0,5$ МПа/мин [16]. Вначале произошел сдвиг зерен, длившийся ~ 2 с, а через 8,4 с в правой части одного из зерен зародилось и начало волнообразное движение справа налево некое удлиненное размытое выпучивание, которое было зафиксировано видеозаписью. В течение 0,4 с наблюдаемое волновое движение переформировывалось, в результате чего на поверхности того же зерна образовалось второе движущееся выпучивание, переместившееся на расстояние 45 мкм, дошедшее до границы зерна и полностью исчезнувшее в ней. За время его жизни 1,6 с оно двигалось с монотонно увеличивающейся скоростью от 16 до 40 мкм/с (средняя скорость движения составила 28 мкм/с). Важно, что с точки зрения атомного масштаба, наблюдаемое выпучивание было весьма большим образованием: длина его, 110 мкм, была соизмерима с размером зерна, а ширина в направлении движения составляла 8 мкм, что эквивалентно в ширину $\sim 10^4$, а в длину $\sim 10^5$ параметров решетки палладия. Таким образом, наблюдавшееся



выпучивание – это коллективное явление гигантского атомного масштаба, в котором проявилась уникальная специфика систем металл-водород, взаимосвязанность и взаимообусловленность металлической и водородной подсистем при их перестройках в сильно неравновесных условиях [16].

В работе [16] дан подробный физический анализ явлений стационарного и движущегося выпучиваний. Показано, что природа стационарного выпучивания сродни природе выявления границ зерен: и в том и в другом случае явления определяются восходящей диффузией водорода, уже содержащегося в глубине образца, в приповерхностные слои. Локализация стационарных выпучиваний объясняется неидеальностью поверхности шлифа: существуют места, предпочтительные для адсорбции водорода, и от разных участков поверхности образца вглубь возникают различные градиенты концентрации водорода.

Движущее когерентное выпучивание имеет совершенно другую природу. Как показал анализ [16], оно является солитоном, а именно – солитоном Расса, и описывается точным решением КдФ-уравнения, имеющим вид:

$$y(t, x) = \frac{y_0}{ch^2[(x - vt)/l]}, \quad (2)$$

где $y(t, x)$ – отклонение любой точки солитона от поверхности воды в данный момент времени; y_0 – высота солитона; l – полуширина солитона; v – скорость солитона, которая описывается уравнением

$$v = v_0(1 + y_0/2h), \quad (3)$$

где v_0 – скорость «движения» вдоль оси X точек солитона, расположенных (примыкающих) к поверхности воды; h – глубина мелкой воды.

С физической точки зрения, экспериментально обнаруженный PdH-солитон представляет собой физическое явление, отражающее особую диффузионно-кооперативную природу систем металл-водород. С практической точки зрения, можно утверждать, что возникновение волновых процессов, рождение и движение MeH-солитонов составляют особый, ранее неизвестный механизм релаксации и выравнивания внутренних напряжений в сплавах металл-водород.

Механическое проявление водородоупругости

При неравномерном распределении водорода в металле возникающие ВК-напряжения приводят к формоизменению (короблению) металла, подобно тому, как неравномерное распределение температуры по сечению металла вызывает его коробление вследствие появления температурных напряжений. Термодинамические основы водородоупругости изложены в [18].

Формоизменение палладиевой пластины при одностороннем насыщении водородом

Индукционное водородом формоизменение палладиевой пластины было изучено в интервале температур 110–350 °С. Эксперименты проводили в следующем порядке. Образец в рабочей камере ВВУ-4 медленно (3 К/мин) нагревали до выбранной температуры эксперимента и выдерживали при этой температуре 20 мин. После этого в рабочую камеру подавали диффузионно очищенный водород до заданного давления. От начала подачи водорода ($t = 0$ с) вели регистрацию изменения стрелы прогиба образца через кварцевое окно с помощью катетометра и видеокамеры Samsung. В серии экспериментов по исследованию влияния давления водорода на формоизменение палладиевой пластины давление водорода повышали до различных значений при $T_{\text{const}} = 240$ °С. Результаты исследований обобщены в [18].

Общей закономерностью полученных результатов является то, что реакция палладиевой пластины на водородное воздействие развивается во времени в два принципиально различных этапа: на первом этапе пластина весьма быстро (9–20 с) изгибается и достигает максимального изгиба, а на втором – существенно более длительном этапе (более 120 с) – пластина распрямляется с высокой степенью обратимости. При этом пластина либо полностью возвращается в исходное состояние, либо имеет место достижения некоторого стационарного состояния с весьма небольшим отклонением от исходного состояния.

Максимальный изгиб пластины с повышением температуры изменяется по экстремальному закону и в районе температур 220–260 °С изгиб достигает максимального значения. Показано, что максимальный изгиб пластины определяется двумя фундаментальными свойствами системы Pd-H, а именно, коэффициентом диффузии и равновесной растворимостью водорода в палладии (рис. 5).

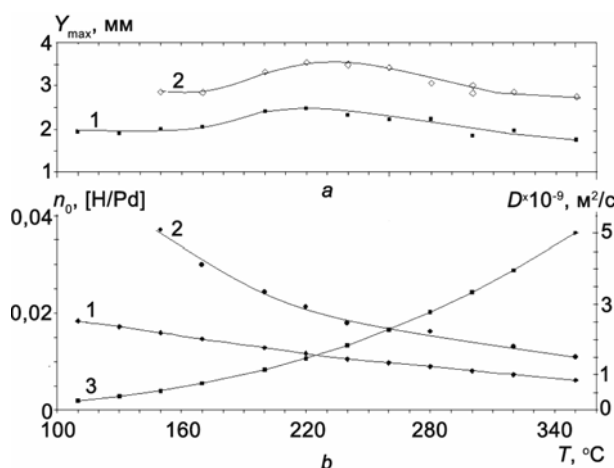


Рис. 5. Влияние температуры на максимальное формоизменение пластины (а), равновесную растворимость и коэффициент диффузии водорода в палладии (б)

Fig. 5. Influence of temperature on maximal bending (a), equilibrium solubility and hydrogen diffusion coefficient (b)

Увеличение давления газообразного водорода приводит к сильному росту максимального изгиба пластины, так что при давлении водорода, равном 0,43 МПа, максимальный изгиб пластины достигает весьма большой величины со стрелой прогиба, равной 10 мм (рис. 6). Степень обратимости индуцированного водородом изгиба пластины возрастает при увеличении давления водорода, так что при $P_{H_2} = 0,43$ МПа и стреле прогиба ≈ 10 мм изгиб пластины оказывается практически полностью обратимым.

Более того, максимальные обратимые изгибы, достигаемые при водородном нагружении, в три раза превосходят максимальные упругие обратимые изгибы, которые демонстрирует исследуемая палладиевая пластина при чисто механическом нагружении. Этот эффект был проанализирован [9] в рамках теории упругости. Было показано, что индуцированные водородом обратимые изгибы палладиевой пластины являются результатом «работы» временного градиентного упруго напряженного когерентного сплава α -PdH_n. Таким образом, механизм изгиба палладиевой пластины при водородном нагружении принципиально отличен от такового при механическом нагружении.

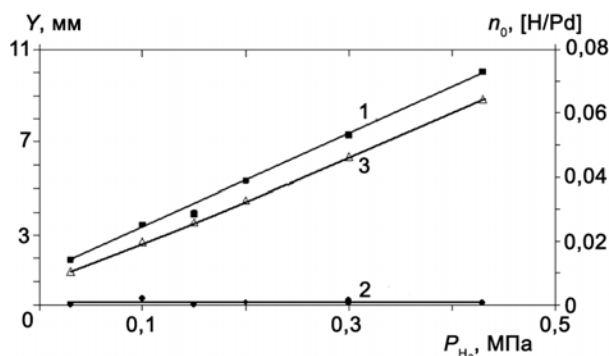


Рис. 6. Влияние давления водорода на максимальный (кривая 1) и остаточный, стационарный (кривая 2) изгиб пластины при 240 °С. Кривая 3 – зависимость от давления равновесной растворимости водорода в палладии при 240 °С

Fig. 6. Influence of hydrogen pressure on maximal (curve 1) and residual, stationary (curve 2) bending of plate at 240 °C. Curve 3 is a dependence of equilibrium solubility of hydrogen in palladium at 240 °C from hydrogen pressure

Формоизменение палладиевой пластины при двустороннем насыщении водородом

Хорошо известно, что расширение кристаллической решетки (упругие напряжения растяжения) увеличивает растворимость и ускоряет диффузию водорода в металле. Напротив, сжатие кристаллической решетки вызывает противоположные изменения растворимости и диффузии водорода в металле. В работе [10] было экспериментально изучено формоизменение консольно закрепленной палладиевой пластины, предварительно подвергнутой внешнему упругому изгибу путем подвешивания грузика на свобод-

ный торец пластины. Масса грузика была подобрана экспериментальным путем в соответствии с работой [9] таким образом, чтобы после его подвешивания образец гарантированно оставался в области упругих обратимых изгибов. Затем пластину, стабилизировавшуюся в упругонапряженном состоянии, дополнительно нагружали водородом при температуре 170 °С и давлении водорода 0,02 МПа. Результаты приведены на рис. 7. Из рис. 7 видно, что пластина претерпела в результате насыщения водородом дополнительный изгиб (участок АБ), который после достижения максимального значения оставался постоянным в течение 25 минут (участок БГ). То есть исходно упругонапряженная пластина при двустороннем насыщении водородом дополнительно изгибается в ту же сторону, что и под действием внешней механической нагрузки. Этот экспериментальный факт является прямым доказательством того, что растяжение кристаллической решетки вызывает увеличение коэффициентов диффузии и равновесной растворимости водорода в палладии.

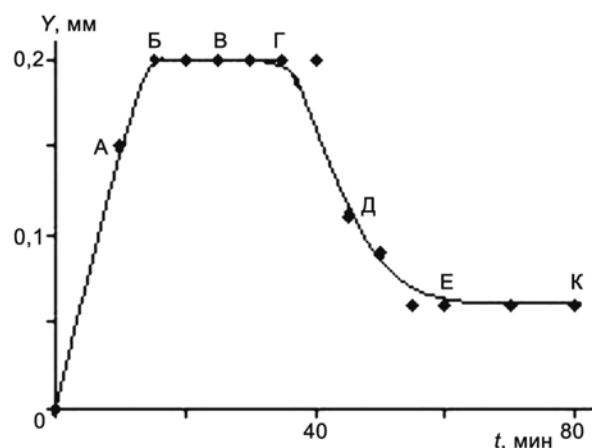


Рис. 7. Временная зависимость стрелы дополнительного прогиба предварительно упругонапряженной пластины при ее двустороннем насыщении водородом при $P_{H_2} = 0,02$ МПа и последующей дегазации ($T = 170$ °С)

Fig. 7. Time dependence of additional bending of preliminary elastically stressed plate at its two-side saturation with hydrogen at $P_{H_2} = 0.02$ MPa and following degassing ($T = 170$ °C)

При уменьшении давления водорода в рабочей камере пластина стала распрямляться, но так и не достигла первоначального, исходного состояния. Необратимый индуцированный водородом остаточный изгиб (участок ЕК) составляет 30% от максимального дополнительного изгиба пластины.

Сравнение этих результатов с результатами работы [9] (рис. 8) и анализ в рамках модельных представлений о работе временного градиентного упругонапряженного когерентного сплава α -PdH_n позволили выявить различия в поведении упругонапряженной (предварительно механически нагруженной) и свободной (без механического нагружения) пластин. Принципиально наблюдаются два различия.

Первое состоит в том, что при насыщении водородом свободной пластины она претерпевает быстрый максимальный изгиб и затем еще при продолжающемся насыщении водородом распрямляется практически полностью, тогда как упругонапряженная пластина сохраняет достигнутый максимальный изгиб постоянным и процесс распрямления начинается только с началом дегазации. Второе различие заключается в том, что с началом дегазации свободная пластина изгибается в противоположную сторону (участок CD на рис. 7) и затем возвращается в исходное, до насыщения водородом состояние (участок DEF, рис. 7). Упругонапряженная пластина с началом дегазации лишь уменьшает остаточный изгиб и не возвращается в исходное состояние (участок ГДЕК кривой на рис. 7). Дальнейшие эксперименты по многократным повторениям циклов «насыщение водородом-дегазация» показали, что упругонапряженная пластина «накапливает» остаточный изгиб с ростом числа циклов, так что после четырех циклов стрела прогиба пластины в целом увеличивается на 20%.

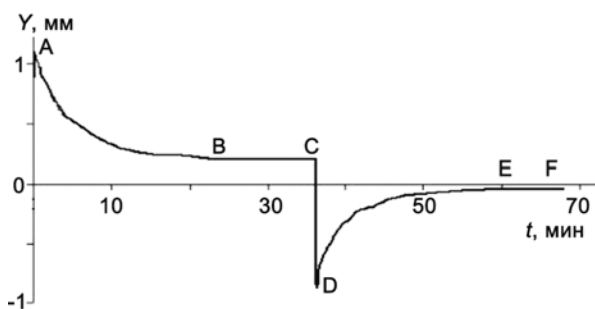


Рис. 8. Временная зависимость стрелы прогиба свободной пластины при ее одностороннем насыщении водородом при $P_{H_2} = 0,03$ МПа и последующей дегазации ($T = 170$ °C)

Fig. 8. Time dependence of free plate bending at its mono side saturation with hydrogen at $P_{H_2} = 0.03$ MPa and following degassing ($T = 170$ °C)

Механические свойства палладия [10] Mechanical properties of palladium [10]

Механические свойства палладия	В состоянии поставки	Отожженный	Число циклов водородной обработки		
			3	10	20
σ_B , МПа	297	188	212	204	193
$\sigma_{0,2}$, МПа	224	38	68	43	52
δ , %	1,1	33	15	18	12

Бароциклирование проволоочных образцов палладия в условиях ($T = 200$ °C, $P_{H_2} = 0,3$ МПа) [10], т. е. только в области α -фазы, без осуществления фазово-

го гидридного $\alpha \rightarrow \beta$ превращения, и проведенные затем измерения механических свойств бароциклированного палладия показали, что происходит существенное упрочнение металла (см. таблицу).

Таким образом, в работе [10] впервые был экспериментально установлен факт развития внутренней пластической деформации в палладии при насыщении/дегазации его водородом в условиях, исключающих осуществление гидридного превращения. Именно упрочнение палладия, свидетельствующее об измельчении структуры и продуцировании дефектов кристаллического строения, может быть одной из причин индуцированного водородом остаточного формоизменения упругонапряженной пластины. Второй обсуждаемой в [10] причиной может быть установление макроскопического ТБУД-равновесия между неоднородным концентрационным полем в металле и полем внутренних напряжений.

В заключение данного обзора хотелось бы добавить, что все описанные выше эффекты, начиная от диффузионных и заканчивая механическими, представляют не только строго научный интерес для углубления понимания фундаментальных закономерностей взаимодействия водорода с металлами. Их следует учитывать в конкретных технологиях использования систем Ме-Н и водородной обработки металлов.

Выводы

1. Сложная диффузионно-кооперативная природа систем Ме-Н в общем и модельной системы Pd-Н в частности проявляется целым спектром специфических водородоупругих и водородопластических эффектов микро-, мезо- и макроскопических масштабов. Сильные внутренние напряжения, индуцируемые водородом, могут приводить к необратимой пластической деформации металла, а могут релаксировать ранее неизвестными в классическом металлостроении способами, например, возникновением волновых процессов, рождением и движением МеН-солитонов.

2. О силе возникающих водородных напряжений свидетельствует экспериментально зарегистрированный факт развития пластической деформации в области разбавленных твердых растворов водорода в палладии α -PdH_x.

3. Описанные в данной статье экспериментально зарегистрированные эффекты представляют не только строго научный интерес для углубления знаний о фундаментальных закономерностях взаимодействия водорода с металлами, но их следует учитывать в конкретных технологиях использования систем Ме-Н и водородной обработки материалов.

Список литературы

1. Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами. IHISM'15 Junior. Сборник тезисов докладов 10 Международной Школы молодых ученых и специалистов им. А.А. Курдюмова. Москва, 28 июня - 4 июля 2015, НИЦ «Курчатовский институт».
2. Гольцов В.А. Фундаментальные основы водородной обработки материалов // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 1 (141). С. 42-69.
3. Водород в металлах / Под ред. Г. Алефельда и И. Фелькля. Пер с англ. М.: Мир, 1981. Т. 1, Т. 2.
4. Глухова Ж.Л., Гольцов В.А. Явление водородоупругости в системах металл-водород // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 1 (141). С. 138-151.
5. Гольцов В.А. Явления, обусловленные водородом и индуцированными им фазовыми превращениями // Взаимодействие водорода с металлами / Отв. ред. А.П. Захаров. М.: Наука, 1987. Гл. 9. С. 264-292.
6. Гольцова М.В., Артеменко Ю.А., Жиров Г.И. Гидридные превращения: природа, кинетика, морфология // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 1 (141). С. 70-84.
7. Гольцова М.В. Структурные изменения в приповерхностных слоях палладия и сплавах палладий-водород, индуцированные водородом // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 1 (141). С. 97-110.
8. Гольцова М.В., Любименко Е.Н. Особенности формирования градиентного сплава палладий-водород и формоизменение палладиевой пластины в процессе одностороннего насыщения водородом // Физика металлов и металловедение. 2011. Т. 112, № 4. С. 393-403.
9. Гольцова М.В., Любименко Е.Н. Экспериментальные особенности и феноменологическая модель формоизменения палладиевой пластины при ее одностороннем насыщении водородом // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 1 (141). С. 152-166.
10. Котельва Р.В., Гольцова М.В. Формоизменение упругонапряженной палладиевой пластины при ее двустороннем насыщении водородом // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 1 (141). С. 167-174.
11. Гольцов В.А. О природе диффузионно-кооперативных (гидридных) превращений // Изв. вузов. Цветная металлургия. 1987. № 1. С. 88-96.
12. Жиров Г.И., Гольцова М.В. Экспериментальное подтверждение явления термо-баро-упруго-диффузионного равновесия превращающихся фаз при гидридных превращениях // Физика металлов и металловедение. 2002. Т. 94, № 1. С. 70-74.

References

1. Vzaimodejstvie izotopov vodoroda s konstrukcionnymi materialami. IHISM'15 Junior. Sbornik tezisov dokladov 10 Meždunarodnoj Školy molodyh učenyh i specialistov im. A.A. Kurdûmova. Moskva, 28 iûnâ - 4 iûlâ 2015, NIC «Kurčatovskij institut».
2. Gol'cov V.A. Fundamental'nye osnovy vodorodnoj obrabotki materialov // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2014. № 1 (141). S. 42-69.
3. Vodorod v metallah / Pod red. G.Alefel'da i I. Fel'klâ. Per s angl. M.: Mir, 1981. T. 1, T. 2.
4. Gluhova Ž.L., Gol'cov V.A. Âvlenie vodorodouprugosti v sistemah metall-vodorod // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2014. № 1 (141). S. 138-151.
5. Gol'cov V.A. Âvleniâ, obuslovlennye vodorodom i inducirovannymi im fazovymi prevraŝeniâmi // Vzaimodejstvie vodoroda s metallami / Otv. red. A.P. Zaharov. M.: Nauka, 1987. Gl. 9. S. 264-292.
6. Gol'cova M.V., Artemenko Ū.A., Žirov G.I. Gidridnye prevraŝeniâ: priroda, kinetika, morfologiâ // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2014. № 1 (141). S. 70-84.
7. Gol'cova M.V. Strukturnye izmeneniâ v pripoverhnostnyh sloâh palladiâ i splavah palladij-vodorod, inducirovannye vodorodom // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2014. № 1 (141). S. 97-110.
8. Gol'cova M.V., Lûbimenko E.N. Osobennosti formirovaniâ gradientnogo splava palladij-vodorod i formoizmenenie palladievoj plastiny v processe odnostoronnego nasyŝeniâ vodorodom // Fizika metallov i metallovedenie. 2011. T. 112, № 4. S. 393-403.
9. Gol'cova M.V., Lûbimenko E.N. Èksperimental'nye osobennosti i fenomenologičeskaâ model' formoizmeneniâ palladievoj plastiny pri ee odnostoronnem nasyŝenii vodorodom // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2014. № 1 (141). S. 152-166.
10. Kotel'va R.V., Gol'cova M.V. Formoizmenenie uprugonaprâžennoj palladievoj plastiny pri ee dvustoronnem nasyŝenii vodorodom // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2014. № 1 (141). S. 167-174.
11. Gol'cov V.A. O prirode diffuzionno-kooperativnyh (gidridnyh) prevraŝenij // Izv. vuzov. Cvet-naâ metallurgîâ. 1987. № 1. S. 88-96.
12. Žirov G.I., Gol'cova M.V. Èksperimental'noe potvrđdenie âvleniâ termo-baro-uprugo-diffuzionnogo ravnovesiâ prevraŝaûŝihsâ faz pri gidridnyh prevraŝeniâh // Fizika metallov i metal-lovedenie. 2002. T. 94, № 1. S. 70-74.
13. Žirov G.I., Gol'cov V.A., Glâkov D.A. Mehaničeskie svojstva otožžennogo i vodorodofazonaklepannogo gidrida palladiâ // Fizika metallov i metallovedenie. 2004. T. 97, № 3. S. 113-120.

13. Жиров Г.И., Гольцов В.А., Гляков Д.А. Механические свойства отожженного и водородофазонакленного гидрида палладия // Физика металлов и металловедение. 2004. Т. 97, № 3. С. 113-120.

14. Жиров Г.И. Отожженный и водородофазонакленный гидрид палладия: методики получения и механические свойства // Физика и техника высоких давлений. 2003. Т. 13, № 2. С. 71-82.

15. Goltsova M.V., Artemenko Yu.A., Zaitsev V.I. Kinetics of reverse $\beta \rightarrow \alpha$ hydride transformations in thermodynamically open palladium-hydrogen system // J. Alloys & Compounds. 1999. Vol. 293-295. P. 379-384.

16. Гольцова М.В. Структурные изменения в приповерхностных слоях палладия и сплавах палладий-водород, индуцированные водородом // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2014. №1 (141). С. 97-110.

17. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976.

18. Гольцов В.А., Редько А.Л., Глухова Ж.Л. Термодинамические основы явления водородоупругости // Физика металлов и металловедение. 2003. Т. 95, № 1. С. 21-26.

14. Žirov G.I. Otožžený i vodorodofazonaklepanýj gidrid palladiâ: metodiki polučeniâ i mehaničeskie svojstva // Fizika i tehnika vysokih davlenij. 2003. T. 13, № 2. S. 71-82.

15. Goltsova M.V., Artemenko Yu.A., Zaitsev V.I. Kinetics of reverse $\beta \rightarrow \alpha$ hydride transformations in thermodynamically open palladium-hydrogen system // J. Alloys & Compounds. 1999. Vol. 293-295. P. 379-384.

16. Gol'cova M.V. Strukturnye izmeneniâ v pripoверхnostnyh sloâh palladiâ i splavah palladij-vodorod, inducirovannye vodorodom // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAEЕ. 2014. №1 (141). S. 97-110.

17. Belâev N.M. Soprotivlenie materialov. M.: Nauka, 1976.

18. Gol'cov V.A., Red'ko A.L., Gluhova Ž.L. Termodinamičeskie osnovy âvleniâ vodorodouprugosti // Fizika metallov i metallovedenie. 2003. T. 95, № 1. S. 21-26.

Транслитерация по ISO 9:1995





ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КЛЕЕВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ СБОРКИ ЭЛЕКТРОННО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

*С.А. Гарелина¹, А.Л. Гусев², Р.А. Захарян³, М.А. Казарян⁴,
Б.С. Лунин⁵, И.Н. Феофанов⁴*

¹Академия гражданской защиты МЧС России
141435 Химки, Московская обл., мкрн. Новогорск
Тел.: +7 903 231-21-66; e-mail: rolru@mail.ru
²ООО НТЦ «Тата»

607181 Саров, Нижегородская обл., ул. Московская, д. 29
Тел.: +7 (83130) 9-18-46; факс: +7 (83130) 9-07-08; e-mail: gusev@hydrogen.ru
³Тарусский филиал института общей физики им. А.М. Прохорова РАН
249100 Таруса, Калужская обл., ул. Энгельса, д. 6
E-mail: razleib@yandex.ru

⁴Физический институт им. П.Н. Лебедева
119991 Москва, Ленинский пр., д. 53
Тел.: +7 499 135-78-90; e-mail: kazarmishik@yahoo.com
Тел.: +7 499-132-64-32; e-mail: ivan@feofanov.ru

⁵Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
119991 Москва, Ленинские горы, д. 1

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В статье приведены результаты исследования процессов полимеризации промышленных клеев, пригодных для сборки электронно-механических приборов. По данным [1, 2] для исследования были выбраны 14 образцов клеев: Epotecn E505, Epotecn P102, Epotecn E207, EPO-TEK H74UNF, EPO-TEK H77S, EPO-TEK 353ND, Resbond 940LE, Resbond 989F, Cerambond 618N, BK-21, Анатерм 106, K400, OC-52, OC-92.

Для всех образцов клеев методом дифференциально-термического анализа исследованы такие параметры, как температурная потеря массы, количество стадий и температура полимеризации, температура начала деструкции в заданном интервале температур. Представлены результаты сравнения значений температуры начала деструкции клеев, заявленных изготовителем и полученных экспериментально.

В работе выявлены наиболее важные особенности процесса полимеризации клеевых образцов. Исследованы причины формирования внутренних напряжений при полимеризации клеевых соединений в электронно-механических приборах и выработаны соответствующие меры по снижению этих напряжений.

На основе полученных результатов дифференциально-термического анализа полимеризации клеев предложены эффективные режимы сушки клеев для усовершенствования клеевых соединений. Проведено экспериментальное исследование клеевых соединений, полученных по предложенному в работе режиму сушки и режиму сушки, рекомендованному изготовителем.

Ключевые слова: вакуумные электронно-механические приборы, производство электронно-механических приборов, клеевые соединения, дифференциально-термический анализ полимеризации клеев, ДТА клеевых соединений, эффективный режим сушки клеев по данным ДТА.

EXPERIENCE OF APPLICATION DATA DIFFERENTIAL THERMAL ANALYSIS TO REDUCE INTERNAL STRESSES DURING POLYMERIZATION OF ADHESIVES, SUITABLE FOR THE ASSEMBLY OF ELECTRO-MECHANICAL DEVICES

S.A. Garelina¹, A.L. Gysev², R.A. Zakharyan³, M.A. Kazaryan⁴, B.S. Lunin⁵, I.N. Feofanov⁴

¹Academy of Civil Protection, Ministry of Emergency Situations
Novogorsk microdistrict, Khimki, Moscow reg., 141435, Russia
E-mail: rolru@mail.ru

²Scientific Technical Centre "TATA"
29 Moscow str., Sarov, Nizhnij Novgorod reg., 607181, Russia
Tel.: +7 (83130) 9-18-46; fax: +7 (83130) 9-07-08; e-mail: gusev@hydrogen.ru

³Tarusskii branch of A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS
6 Engels str., Tarusa, Kaluga reg., 249100, Russia
E-mail: razleib@yandex.ru

⁴P.N. Lebedev Physical Institute of RAS
53 Lenin ave., Moscow, 119991, Russia
Tel.: +7 499 135 78 90, e-mail: kazarmishik@yahoo.com
Tel.: +7 499 132 64 32, e-mail: ivan@feofanov.ru

⁵Lomonosov Moscow State University
1 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russia

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The article presents the results of the study of polymerization processes of industrial adhesives, suitable for the assembly of electro-mechanical devices. According to [1, 2] were chosen for the study 14 samples of adhesives: Epotecny E505, Epotecny P102, Epotecny E207, EPO-TEK H74UNF, EPO-TEK H77S, EPO-TEK 353ND, Resbond 940LE, Resbond 989F, Cerambond 618N, BK-21, Anaterm 106, K400, OC-52, OC-92.

For all samples of adhesives by differential thermal analysis is used to study parameters such as temperature mass loss, the number of stages and the temperature of polymerization, the temperature of the beginning of destruction in a predetermined temperature range. Presents the results of comparing the values of temperature of the beginning of destruction of adhesives, as claimed by the manufacturer and obtained experimentally.

The paper identified the most important features of the process of polymerization of the adhesive samples. Investigated the reasons for the formation of internal stresses during polymerization of the adhesive joints in electro-mechanical devices and develop appropriate measures to reduce these stresses.

On the basis of the results of differential thermal analysis of polymerization adhesives proposed effective modes of drying adhesives to improve the adhesive joints. An experimental study of the adhesive joints obtained by the proposed mode of drying and recommended by the manufacturer.

Keywords: vacuum electro-mechanical devices, the manufacture of electro-mechanical devices, adhesive joints, differential thermal analysis of polymerization adhesives, differential thermal analysis of adhesive joints, an effective mode of drying the adhesive according to differential thermal analysis.



Роберт Артушевич
Захарян
Robert A. Zakharyan

Сведения об авторе: и.о. директора Тарусского филиала института общей физики им. Прохорова РАН.

Образование: Ереванский политехнический институт им. К. Маркса (1984).

Область научных интересов: приборостроение для экологии и лабораторных исследований, газовый мониторинг окружающей среды, исследование полимеров и катализаторов.

Публикации: 25.

Information about author: acting director Tarusskii branch of A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS.

Education: K. Marks Yerevan Polytechnic Institute (1984).

Research area: instrument-making for environmental and laboratory investigations, gas monitoring for environment.

Publications: 25.



Иван Николаевич
Феофанов
Ivan N. Feofanov

Сведения об авторе: аспирант, младший научный сотрудник Физического института имени П.Н. Лебедева РАН.

Образование: МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет.

Область научных интересов: оптика, физика лазеров, нанофотоника.

Публикации: 17.

Information about author: graduate student, junior researcher P.N. Lebedev Physical Institute of RAS.

Education: Lomonosov Moscow State University.

Research area: optics, laser physics, nanophotonics.

Publications: 17.

Введение

В работе [3] показано, что в процессе сушки клеев, пригодных для сборки электронно-механических приборов (ЭМП), по рецептуре, рекомендованной изготовителем, возникают внутренние напряжения, которые отрицательно влияют на прочность клеевых соединений. В силу того, что изготовители не сообщают рецептуру выпускаемых ими клеев [3], не представляется возможным проанализировать химические и физические процессы, протекающие в клее в ходе полимеризации, и, соответственно, выявить наиболее важные особенности этого процесса для усовершенствования клеевых соединений.

В работе с целью выработки эффективных режимов сушки клеевых соединений, позволяющих снизить возникающие внутренние напряжения, для изучения особенностей процесса полимеризации клеев использован метод дифференциально-термического анализа.

Дифференциально-термический анализ был проведен для 14 образцов клеев, пригодных для технологий ЭМП [1, 2]: Epotecny E505, Epotecny P102,

Epotecny E207, EPO-TEK H74UNF, EPO-TEK H77S, EPO-TEK 353ND, Resbond 940LE, Resbond 989F, Cerambond 618N, ВК-21, Анатерм 106, К400, ОС-52, ОС-92. Дифференциально-термический анализ проводился по стандартной методике на дериватографе NETZSCH STA 449C Jupiter. Масса образцов составляла 20 мг, нагрев осуществлялся от 20 до 300 °С.

В результате каждого опыта получали следующие кривые:

- термогравиметрическая (ТГ) – отражает изменение веса пробы;
- производной изменения веса (ДТГ) – отражает скорость изменения веса пробы;
- производной изменения энтальпии (ДСК) – отражает изменения энтальпии.

Результаты дифференциально-термического анализа клеев, пригодных для сборки ЭМП

На рис. 1-3 для примера приведены данные дифференциально-термического анализа клеев Epotecny E505, Resbond-940 LE и Epotecny P102.

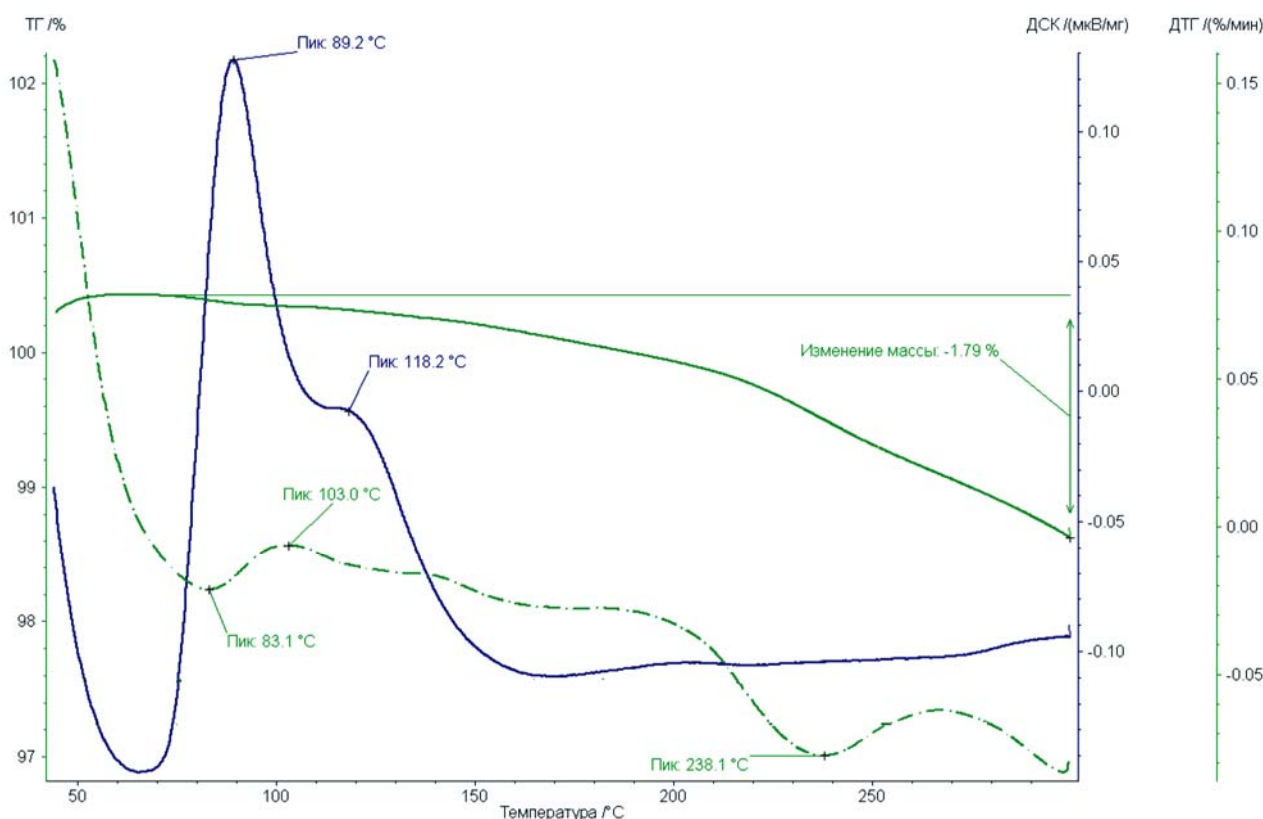


Рис. 1. Результаты дифференциально-термического анализа клея Epotecny E505
Fig. 1. The results of differential thermal analysis adhesive Epotecny E505

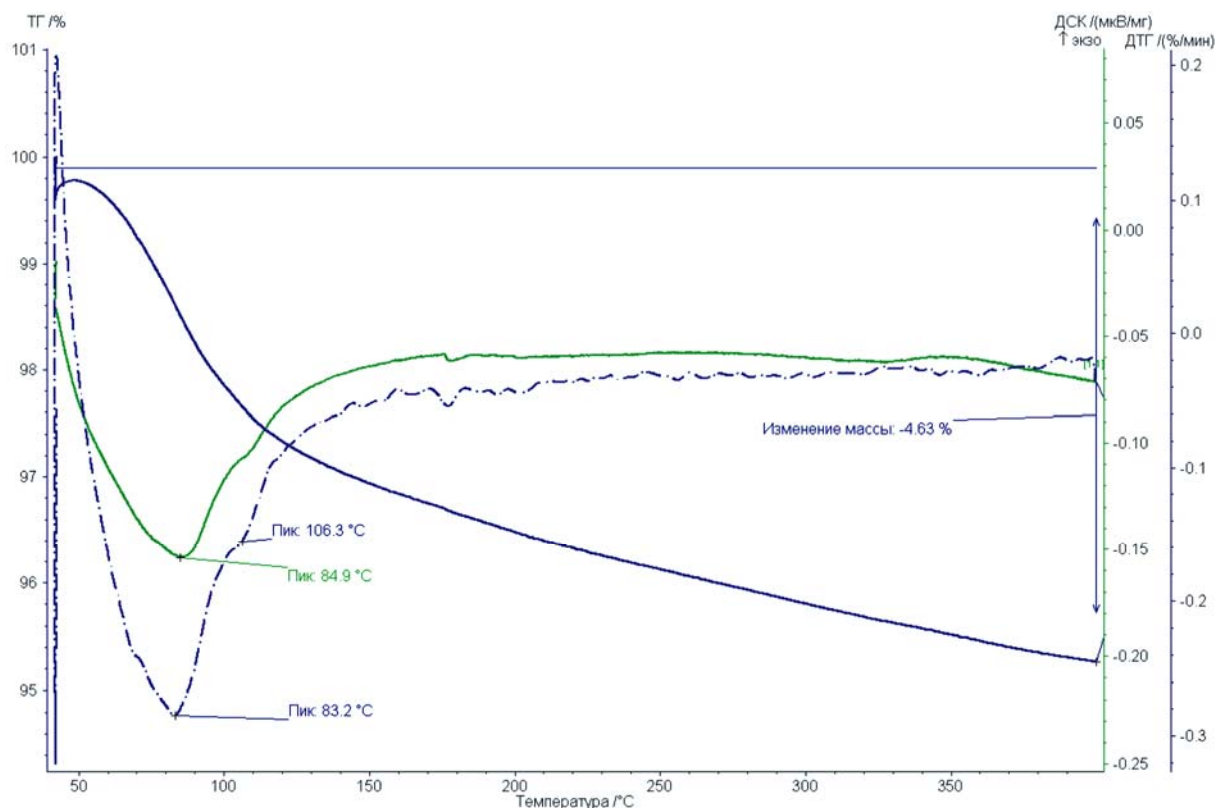


Рис. 2. Результаты дифференциально-термического анализа клея Resbond 940LE
Fig. 2. The results of differential thermal analysis adhesive Resbond 940LE

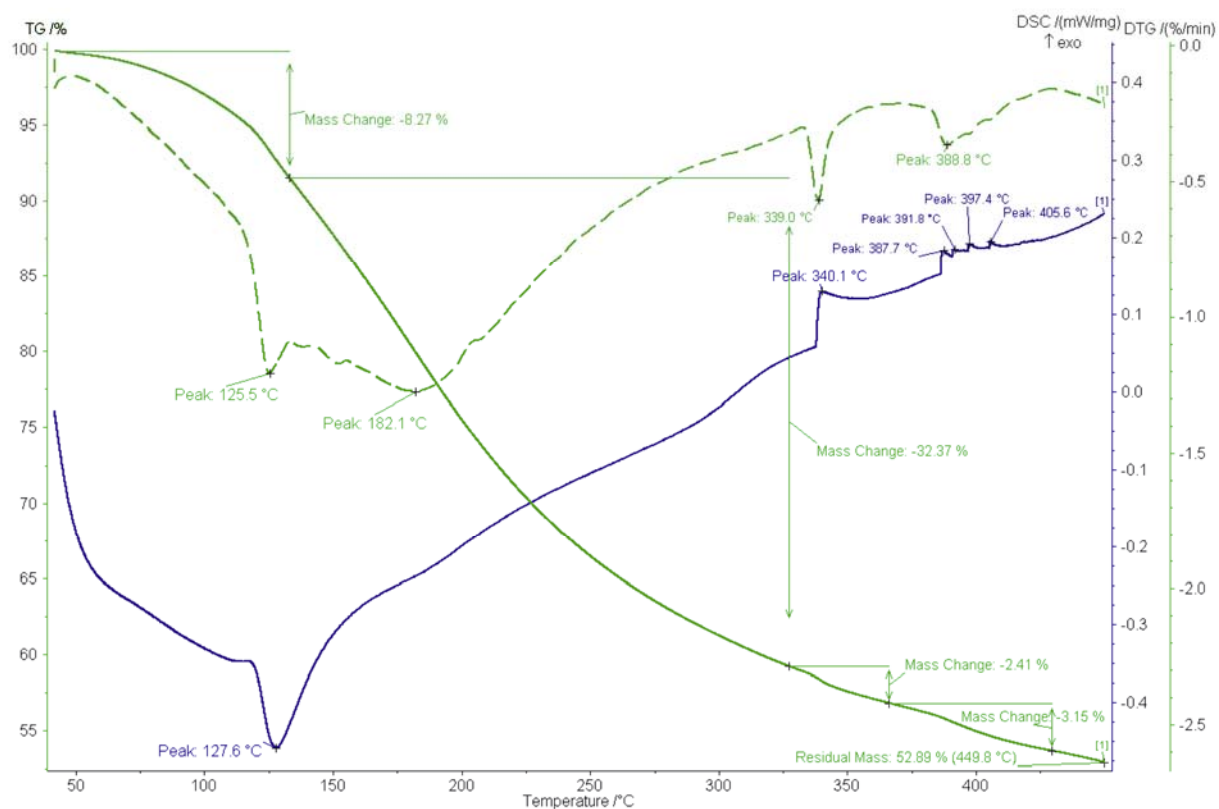


Рис. 3. Результаты дифференциально-термического анализа клея Epotecn P102
Fig. 3. The results of differential thermal analysis adhesive Epotecn P102

Процесс полимеризации эпоксидного клея Epotecn E505 (рис. 1) содержит две основные стадии, первая из них протекает при 89 °С, вторая – при 118 °С. Потери массы при 150 °С не превышают 0,5%, а при 250 °С – около 2%. Процессы термической деструкции в этих клеях начинаются при температуре 238 °С (хотя согласно технической документации фирм-изготовителей максимально допустимая температура длительной эксплуатации составляет 300 °С).

Полимеризация клея Resbond 940LE (рис. 2) проходит в одну стадию, при 83 °С. Температурные потери массы при 150 °С составляют 4,6%. Признаков термической деструкции в исследованном температурном интервале не обнаружено.

Эпоксидный клей Epotecn P102 (рис. 3) полимеризуется в две стадии (125 °С и 182 °С) и имеет высокую температурную устойчивость: начало термической деструкции клея имеет место при 339 °С (300 °С по документации). Однако этот клей дает большую усадку из-за большого значения температурной потери массы – 8,27% при 150 °С.

Полученные экспериментальные результаты для всех 14 образцов представлены в таблице.

Из таблицы видно, что в большинстве случаев изготовители завышают температуру деструкции производимых ими клеев. Также, с учетом полученных данных, представляет интерес анализ режимов сушки, рекомендуемых изготовителями.

Результаты дифференциально-термического анализа клеев
The results of differential thermal analysis of adhesives

Марка клея	Температура начала деструкции, °С	Температурная потеря массы, % (при 150 °С)	Количество стадий полимеризации	Температура стадий полимеризации, °С
Epotecn E505	+238 (+300)	1,8	2	1: +89 2: +118
Epotecn P102	+339 (+300)	8,3	2	1: +125 2: +182
Epotecn E207	+225 (+250)	0,2	1	+143
EPO-TEK H74UNF	+226 (+250)	2	2	1: +84 2: +125
EPO-TEK H77S	+256 (+250)	0,3	1	+83,5
EPO-TEK 353ND	+221 (+250)	2	2	1: +83,5 2: +124
Resbond 940LE	Свыше +400 (+1650)	4,6	2	1: +83 2: +106
Resbond 989F	Свыше +400 (+1650)	3,3	1	+98
Cerambond 618N	Свыше +450 (+1650)	1,1	3	1: +103 2: +140 3: +242
BK-21	Свыше +300 (+1200)	5	1	+158
Анатерм 106	+175 (+200)	3	1	+102
K400	+230 (+300)	3	1	+51
OC-52	Свыше +300 (+300)	0,5	1	+50
OC-92	Свыше +300 (+300)	0,5	1	+66

Примечание: в скобках приведена температура по документации изготовителя.

Выработка эффективных режимов сушки клеев с учетом результатов дифференциально-термического анализа клеев

Рекомендованная температура сушки клеев EPOTEK H77S, H74UNF, 353ND, Epotecn E505 составляет 150 °С, тогда как процессы полимеризации протекают в них при более низких температурах (таблица).

При высокой скорости сушки оба процесса полимеризации пойдут одновременно, что приведет к созданию условий для формирования неупорядоченной структуры отвержденного клея. Так как нагревание клея начинается на краях зазора, то из-за низкой теплопроводности стекла нагрев средней части зазора происходит с запаздыванием и полимеризация клея будет происходить в условиях замкнутого объ-

ема (рис. 4), в результате чего затвердевание клея происходит неравномерно с увеличением собственного объема клея в зазоре, что приведет к возникновению нормальных напряжений.

Таким образом, результатом высокой скорости сушки являются значительные нормальные напряжения. Эти эффекты особенно существенны для цилиндрических клеевых соединений.

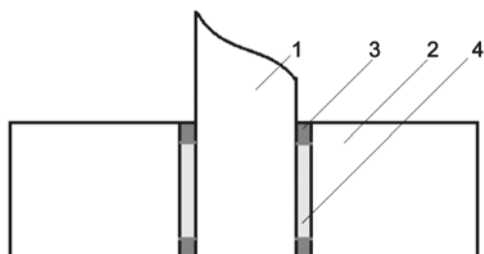


Рис. 4. Неравномерное отверждение клея при высокой скорости процесса полимеризации: 1 – стойка; 2 – основание; 3 – зона начала полимеризации; 4 – неотвержденный клей

Fig. 4. Uneven curing of the adhesive at high speed of polymerization process: 1 – stand; 2 – base; 3 – the start of the polymerization zone; 4 – uncured adhesive

При более медленном и равномерном протекании процессов полимеризации клеев за счет выдавливания малой части клея наружу из зазора будет происходить частичная релаксация внутренних напряжений.

В качестве примера использования данных дифференциально-термического анализа для снижения внутренних напряжений приведены результаты эксперимента с клеем E505.

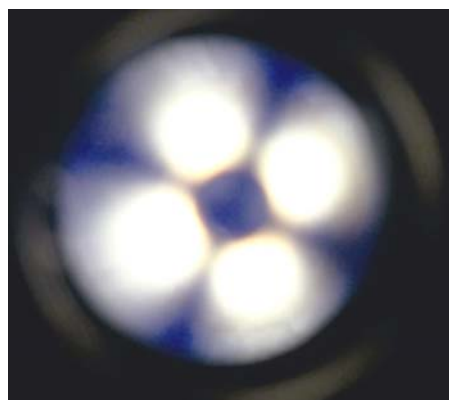
Первый тестовый узел сушился по стандартному режиму, рекомендованному изготовителем: при температуре 150 °С в течение 2 часов. Второй тестовый узел сушился в две стадии: при температуре +75 °С в течение 2 часов, затем температура медленно поднималась до 150 °С и узел сушился в течение 2 часов. Такой режим сушки обеспечивает последовательное протекание двух стадий отверждения, хорошо видных на рис. 1.

На рис. 5 представлены фотографии двух тестовых узлов, сделанные в поляризованном свете. Хорошо видно, что напряжения в основании узла «Б» гораздо меньше, чем в узле «А».

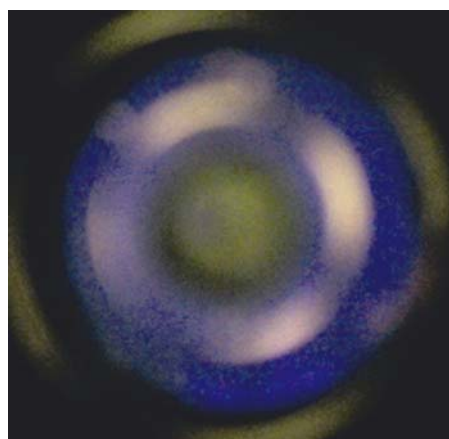
Необходимо отметить, что данный способ снижения напряжений может быть использован для соединений, выполненных клеями с достаточно низкой вязкостью. Керамические и неорганические клеи перед отверждением высушивают при комнатной температуре, вязкость их становится очень высокой, и поэтому снизить напряжения в клеевом шве описанным методом не представляется возможным.

Таким образом, внутренние напряжения, возникающие в клеевых соединениях в результате завы-

шенной скорости полимеризации, могут быть уменьшены путем снижения температуры полимеризации до минимально возможной, определяемой по данным дифференциально-термического анализа (см. таблицу).



a



b

Рис. 5. Тестовые узлы, выполненные по различным режимам сушки: а – рекомендованный изготовителем; б – разработанный по результатам дифференциально-термического анализа клея

Fig. 5. Test nodes of different drying modes: a – recommended by the manufacturer; b – designed according to the results of differential thermal analysis of adhesive

Закключение

В работе показано, что изготовители в большинстве случаев завышают максимальную рабочую температуру клеев и рекомендуемые ими условия сушки могут привести к значительным внутренним нормальным напряжениям, уменьшающим прочность клеевых соединений. Экспериментально показано, что снижение внутренних напряжений достигается уменьшением скорости полимеризации до минимально возможной.

Полученные в работе результаты дифференциально-термического анализа клеев позволяют разработать эффективные режимы сушки клеевых соединений, пригодных для сборки электронно-механических приборов.

Список литературы

1. Гарелина С.А., Гусев А.Л., Захарян Р.А., Казарян М.А., Феофанов И.Н. Вибрационная и ударная прочность клеевых соединений // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2013. № 11. С. 81-88.
2. Гарелина С.А., Гусев А.Л., Захарян Р.А., Казарян М.А., Феофанов И.Н. К вопросу о пригодности промышленных клеев различных типов для сборки электронно-механических приборов // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2014. № 21 (161). С. 80-85.
3. Захарян Р.А. Клеевые соединения в электронных и электронно-механических приборах: Дис. канд. техн. наук. Москва, 2014.

References

1. Garelina S.A., Gusev A.L., Zaharân R.A., Kazarân M.A., Feofanov I.N. Vibracionnaâ i udarnaâ proçnost' kleevykh soedinenij // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAEE. 2013. № 11. S. 81-88.
2. Garelina S.A., Gusev A.L., Zaharân R.A., Kazarân M.A., Feofanov I.N. K voprosu o prigodnosti promyšlennykh kleev različnykh tipov dlâ sborki èlektronno-mehaničeskikh priborov // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAEE. 2014. № 21 (161). S. 80-85.
3. Zaharân R.A. Kleevye soedineniâ v èlektronnykh i èlektronno-mehaničeskikh priborah: Dis. kand. tehn. nauk. Moskva, 2014.

Транслитерация по ISO 9:1995



ЗЕРНОГРАНИЧНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ В ПОРИСТОМ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОМ МАТЕРИАЛЕ

В.Г. Кульков, В.В. Кулькова

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Работа посвящена теоретическим исследованиям структуры материалов с субмикроструктурным размером зерна. Предлагается математическая модель внутреннего трения в пористом ультрамелкозернистом материале. Рассматривается диффузионное измерение форм зернограничных пор. Получены выражения для скорости межзеренного проскальзывания, внутреннего трения в форме дебаевского пика и времени релаксации.

Ключевые слова: внутреннее трение, пористый материал, наноструктурные материалы, зернограничное проскальзывание.

THE GRAIN BOUNDARY INTERNAL FRICTION IN A POROUS ULTRA-FINE GRAINED MATERIAL

V.G. Kul'kov, V.V. Kul'kova

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

This work is devoted to theoretical research of structure materials with submicro size of grain. The mathematical model of internal friction in a porous ultra-fine grained material is suggesting. On this article is considering reshaping the pores by means of the diffusion. There are derived expressions for the speed of intergranular slip, the internal friction in the form of the Debye peak and the relaxation time in this work.

Keywords: internal friction, porous material, nanostructured materials, grain boundary sliding.



Виктор Геннадьевич
Кульков
Victor G. Kul'kov

Сведения об авторе: д-р физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой «Общая физика» ВФ МЭИ. Научно-педагогический стаж работы 26 лет.

Образование: Воронежский политехнический институт (1985).

Область научных интересов: миграция границ зерен, внутреннее трение, несоизмерные и фасетированные границы зерен, зернограничное проскальзывание.

Публикации: 165.

Information about author: full Ph.D. of physic-mathematical sciences, prof. Head of a Department of General physics, Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute. The scientific and pedagogical experience is 26 years.

Education: Voronezh Polytechnic Institute (1985).

Research area: migration of grain boundaries, internal friction, disproportionate and faceting grain boundaries, grain boundary sliding.

Publications: 165.



Валентина Викторовна
Кулькова
Valentina V. Kul'kova

Сведения об авторе: канд. физ.-мат наук, доцент кафедры «Общая физика» ВФ МЭИ. Научно-педагогический стаж работы 7 лет.

Образование: МЭИ (технический университет) (2008).

Область научных интересов: наноструктурные материалы, внутреннее трение, зернограничное проскальзывание.

Публикации: 21.

Information about author: Ph.D. of physic-mathematical sciences, associate professor at the department of General Physics of Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute. The scientific and pedagogical experience is 7 years.

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2008).

Research area: nanostructured materials, internal friction, grain boundary sliding.

Publications: 21.

Введение

Нанокристаллические и ультрамелкозернистые материалы, находящие широкое применение в современных технологиях, представляют существенный интерес для теоретических и экспериментальных исследований как материалы, обладающие рядом необычных, порой даже уникальных свойств. К таким свойствам можно отнести высокую прочность, пластичность и демпфирующую способность, а также целый ряд магнитных и оптических характеристик. Обусловлено это не столько отличием в химическом составе материалов, сколько их структурой. Известно [1, 2], что уменьшение размера зерен до наномасштабного уровня приводит к качественному изменению дефектной структуры материалов. В их зернах могут отсутствовать источники дислокаций, а уже существующие дефекты под действием сил изображения вытесняются на границы. Таким образом, для наноразмерных и ультрамелкозернистых материалов характерны более совершенная структура зерен, увеличенная протяженность межзеренных границ, повышенная их неравносность и т.д. Таким образом, существенное влияние на макроскопические физико-механические свойства нано- и ультрамелкозернистых материалов оказывают границы зерен и их стыки.

Одной из характеристик неравносности границ является количество пор, наличие которых напрямую связано с технологией производства таких материалов. Наиболее часто поры располагаются в тройных стыках и на границах зерен [3-5], а также оказывают значительное влияние на свойства материала. Известно, что увеличение остаточной пористости приводит к понижению коррозионной стойкости, теплопроводности и параметров долговечности материала, а также к изменению его пластичности. С другой стороны, повышенная пористость является причиной увеличения каталитической активности, облегчает сверхпластическую деформацию и приводит к более высокому уровню демпфирующей способности материала.

Весьма важной характеристикой материала является его внутреннее трение. Наличие пор как на границах зерен, так и на их стыках приводит к появлению дополнительного канала диссипации энергии механических колебаний, связанного с деформированием пор, что проявляется в возрастании уровня внутреннего трения [6].

Целью настоящей работы является разработка модели диффузионного формоизменения зернограничных пор, а также влияния их на внутреннее трение в ультрамелкозернистом материале.

Изменение формы сечения пор при межзеренном проскальзывании

Рассмотрим модель сегмента границы зерен, ограниченного с обеих сторон тройными стыками. Вдоль стыков, а также на внутреннем участке границы, перпендикулярно к плоскости рисунка, располагаются протяженные цилиндрические поры (рис. 1). Общее число пор равно $N + 2$.

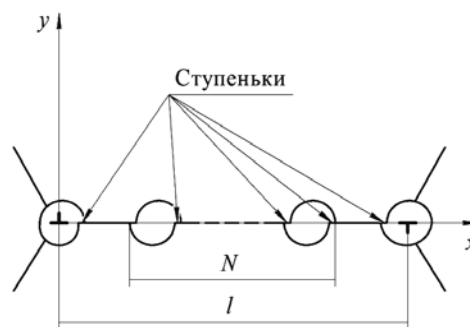


Рис. 1. Расположение ступенек в деформированных порах
Fig. 1. Location stair in deformed pores

Выберем систему координат с началом отсчета в центре крайней левой поры так, чтобы ось x была направлена вдоль границы перпендикулярно стыкам, ось y – нормально к линии границы в плоскости рисунка, а ось z – параллельно стыкам и перпендику-

лярно плоскости рисунка. Вдоль границы действует переменное сдвиговое напряжение $\sigma = \sigma_0 e^{i\omega t}$, которое вызывает взаимное смещение зерен u таким образом, что в поре образуется ступенька размера u (рис. 1). Здесь σ_0 – амплитуда напряжения; ω – циклическая частота; t – время.

Рассмотрим внутренние поры. В рамках модели примем, что их сечение имеет форму правильного шестиугольника со стороной a (рис. 2). По обе стороны от ступеньки (в точках O и O') поверхность поры имеет кривизну разного знака, что с учетом лапласова давления создает градиент химического потенциала вакансий на этом отрезке в направлении, указанном стрелками на рис. 2. В результате перераспределения вещества в поре происходит сглаживание ступеньки с изменением геометрии сечения поры (тонкая линия на рис. 2).

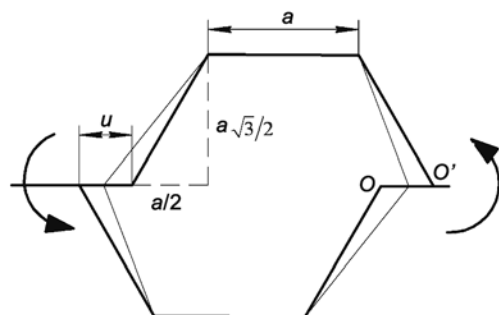


Рис. 2. Залечивание ступеньки в шестиугольной поре
Fig. 2. Smoothing stairs in hexagon pore

Изменение энергии свободной поверхности поры в этом случае

$$\Delta U = \gamma_0 \Delta, \quad (1)$$

где γ_0 – удельная энергия свободной поверхности; Δ – изменение периметра сечения поры после трансформации. Находим Δ в случае малых смещений $u < a$. Поскольку основания шестиугольника после трансформации не были изменены, исключаем их из расчета.

$$\Delta = P_2 - P_1, \quad (2)$$

где P_1 и P_2 – периметры поры с исключенными основаниями до и после релаксации соответственно.

$$P_1 = 4a, \quad (3)$$

$$P_2 = 2\sqrt{\left(\frac{a}{2} + \frac{u}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}a^2} + 2\sqrt{\left(\frac{a}{2} - \frac{u}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}a^2}. \quad (4)$$

Подставляя (3) и (4) в (2), а также разлагая полученное выражение по формуле Тейлора с оставлением слагаемых до третьего порядка по u/a включительно, получим

$$\Delta = 2\left[a + \frac{1}{2a}\left(\frac{u^2}{4} + \frac{au}{2}\right) - \frac{1}{8a^3}\left(\frac{u^2}{4} + \frac{au}{2}\right)\right] + 2\left[a + \frac{1}{2a}\left(\frac{u^2}{4} - \frac{au}{2}\right) - \frac{1}{8a^3}\left(\frac{u^2}{4} - \frac{au}{2}\right)\right] - 4a = \frac{3}{8a}u^2. \quad (5)$$

Изменение поверхностной энергии в сравнении с исходным сечением в виде правильного шестиугольника приводит к возникновению сдвигающей силы в границе:

$$F = -\frac{d(\Delta U)}{du}z, \quad (6)$$

где z – протяженность поры в направлении, нормальном к рисунку.

Подставляя (1) и (5) в (6), получим

$$F = -\frac{3\gamma_0 zu}{4a}. \quad (7)$$

Вклад одной внутренней поры в напряжение в приближении $a \ll l$ имеет вид

$$\sigma_1 = -\frac{3\gamma_0 uz}{4a} \frac{1}{S} = -\frac{3\gamma_0 u}{4al}, \quad (8)$$

где $S = zl$ – площадь сегмента границы, заключенного между стыками. Поле напряжения (8) препятствует действию внешнего напряжения.

Линейность напряжения σ_1 по u имеет общий характер для пор любого сечения. Например, для поры ромбовидного сечения $\sigma'_1 = -\gamma_0 u / 2al$, прямоугольного – $\sigma''_1 = -\gamma_0 u / al$.

Зернограничный пик внутреннего трения

Взаимное смещение зерен ограничивается тройными стыками. Характер деформации в стыковых порах подобен дислокационному. Поэтому можно считать, что в стыках зерен расположены сверхдислокации с удаленными цилиндрическими областями ядер радиуса a и векторами Бюргерса противоположного знака, равными смещению u , как это показано на рис. 1. Две таких сверхдислокации образуют дислокационный диполь. Сдвиговое напряжение такого диполя u_d в сегменте противоположно приложенному внешнему напряжению. u_d определяется суперпозицией напряжений двух краевых дислокаций:

$$\sigma_d = -\frac{Gu}{2\pi(1-\nu)} \frac{1}{x} - \frac{Gu}{2\pi(1-\nu)} \frac{1}{l-x} = -\frac{Gu}{2\pi(1-\nu)} \frac{l}{x(l-x)}, \quad (9)$$

где G – модуль сдвига; ν – коэффициент Пуассона; x и $(l-x)$ – расстояния от произвольной точки границы до стыков.

Эффективное напряжение дислокационного диполя σ_{ef} найдем, усредняя (9) по длине границы:

$$\sigma_{ef} = -\frac{Gul}{2\pi(1-\nu)l} \frac{1}{l} \int_a^{l-a} \frac{dx}{x(l-x)} = -\frac{G}{\pi(1-\nu)l} \ln \frac{l}{a} u. \quad (10)$$

Внутреннее напряжение на границе является суперпозицией эффективного напряжения диполя (10) и напряжения N внутренних пор (8):

$$\sigma_{ex} = \sigma_{ef} + \sigma_1 = -\left(\frac{G}{\pi(1-\nu)l} \ln \frac{l}{a} + \frac{3\gamma_0(N+1)}{4al} \right) u = -Bu \quad (11)$$

$$\text{где } B = \frac{G}{\pi(1-\nu)l} \ln \frac{l}{a} + \frac{3\gamma_0(N+1)}{4al}.$$

Скорость межзеренного проскальзывания определяется суммой напряжений дислокационного диполя, пор и внешнего приложенного напряжения. В приближении линейной вязкости границы скорость проскальзывания определяется полным напряжением на границе с учетом внешнего:

$$v = I(\sigma_0 e^{i\omega t} - Bu), \quad (12)$$

где I – подвижность границы по отношению к проскальзыванию (обратная вязкость). Записывая скорость межзеренного проскальзывания в виде $v = du/dt$, перепишем (12) как

$$\frac{du}{dt} = I(\sigma_0 e^{i\omega t} - Bu). \quad (13)$$

Уравнение (13) является линейным, поэтому зависимость смещения зерна от времени представляется в виде

$$u = u_0 e^{i\omega t}, \quad (14)$$

где u_0 – комплексная величина.

Найдем смещение зерна u , подставляя (14) в (13):

$$u = \frac{I\sigma_0}{\sqrt{(BI)^2 + \omega^2}} e^{i(\omega t - \varphi)}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega}{BI}, \quad (15)$$

где φ – сдвиг фаз между напряжением и смещением. Взяв производную от (15) по t , получаем выражение для скорости проскальзывания:

$$v = \frac{i\omega I\sigma_0}{\sqrt{(BI)^2 + \omega^2}} e^{i(\omega t - \varphi)}. \quad (16)$$

Внутреннее трение определяется известным выражением $Q^{-1} = \Delta W / 2\pi W$, где $W = \sigma_0^2 V / 2G$ – максимальная упругая энергия в зерне объемом V ; ΔW – энергия, рассеянная за цикл колебаний.

$$\Delta W = S \int_0^{2\pi/\omega} \operatorname{Re}[\sigma(t)] \operatorname{Re}[v(t)] dt, \quad (17)$$

где Re – действительная часть комплексной величины.

Из (16) и (17) находим

$$\Delta W = \frac{\pi I \sigma_0^2 \omega S}{(BI)^2 + \omega^2}. \quad (18)$$

Окончательное выражение для внутреннего трения имеет вид

$$Q^{-1} = \frac{GS}{VB} \frac{\omega \tau}{1 + (\omega \tau)^2}, \quad (19)$$

где введено обозначение для времени релаксации τ :

$$\tau = I^{-1} \left(\frac{G}{\pi(1-\nu)l} \ln \frac{l}{a} + \frac{3\gamma_0(N+1)}{4al} \right)^{-1}. \quad (20)$$

Отношение S/V порядка обратного размера зерна R^{-1} . Поэтому (19) можно записать в виде

$$Q^{-1} = \frac{G}{RB} \frac{\omega \tau}{1 + (\omega \tau)^2}. \quad (21)$$

Полученное выражение (20) описывает дебаевский пик. Если граница не содержит внутренних пор, то в полученном выражении для B следует N считать равным нулю. Если вообще не рассматривать образования ступенек на стыковых порах, считая, что происходит полная релаксация их формы, то второе слагаемое вообще можно отбросить.

Проведем численную оценку для субмикроструктуры меди вблизи температуры зернограничного максимума $T = 573$ К на частоте 20 Гц [7]. Значения предэкспоненциального множителя и энергии активации поверхностной диффузии в случае поверхности меди, граничащей с вакуумом, равны, соответственно, $D_0 = 0,26$ см²/с, $E = 20,7$ ккал/моль [8]. Оценка диффузионной длины по формуле $l_D = \sqrt{2D_s T}$, где D_s – коэффициент поверхностной диффузии; T – период колебания, дает $l_D \sim 0,17$ мкм. Отсюда следует, что отличным от нуля второе слагаемое в выражении для времени релаксации τ (20) будет при размерах поры порядка 10^{-7} м.

Высота пика обратно пропорциональна размеру зерна. Имеются различные, порой противоречивые сведения об этой зависимости [9]. Однако все авторы сходятся к тому, что общий уровень внутреннего трения в нано- и субмикроструктурных материалах в целом гораздо выше, чем в поликристаллах с традиционным размером зерна.

Выводы

1. В процессе межзеренного проскальзывания по границам зерен, содержащим поры, происходит диффузионная релаксация формы сечения пор.

2. Трансформация геометрической формы пор, расположенных на границе вне стыков, создает в границе напряжение, противодействующее внешнему периодическому напряжению, действующему в системе.

3. Наличие пор в тройных стыках зерен позволяет рассматривать напряженное деформированное состояние приграничных областей подобно дислокационному диполю. Модель внутреннего трения, учитывающая напряжение дислокационного диполя, приводит к появлению в спектре внутреннего трения максимума дебаевского типа.

Список литературы

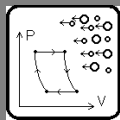
1. Грязнов М.Ю., Чувильдеев В.Н., Сысоев А.Н., Копылов В.И. Физика сверхпластичности нано- и микрокристаллических материалов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 5(2). С. 147-158.
2. Андриевский Р.А., Глезер А.М. Прочность наноструктур // Успехи физических наук. 2009. Т. 179. № 4. С. 337-358.
3. Indeitsev D.A., Morozov N.F., Ovid'ko I.A, Skiba N.V. Nucleation of nanoscale voids at disclination quadrupoles in deformed nanocrystalline materials // Rev. Adv. Mater. Sci. 2010. № 26. P. 91-97.
4. Cooper A. Porous materials and supercritical fluids // Advanced materials. 2003. V. 15, № 13. P. 1049-1059.
5. Кульков В.Г. Релаксационные процессы на границах зерен в металлах. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2015.
6. Кульков В.Г., Коротков Л.Н., Дешевых В.В. Модель внутреннего трения в пористом нанокристаллическом материале // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2011. Т. 8, № 4. С. 104-108.
7. Blanter M.S. Golovin I.S., Neuhauser H. Sinning H.-R. Internal Friction in Metallic Materials. A Handbook Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
8. Butrymowicz D., Manning J., Read M. Diffusion in Copper and Copper Alloys. Part I. Volume and Surface Self-Diffusion in Copper // J. Phys. Chem. Ref. Data. 1973. Vol. 2(3). P. 643-655.
9. Новик А., Берри Б. Релаксационные явления в кристаллах / Пер. с англ. под ред. Надгорного Э.М., Сойфера Я.М. М.: Атомиздат, 1975.

References

1. Grâznov M.Û., Čuvil'deev V.N., Sysoev A.N., Kopylov V.I. Fizika sverhplastičnosti nano- i mikro-kristalličeskikh materialov // Vestnik Nižegorodskogo universiteta im. N.I. Lobačevskogo. 2010. № 5(2). S. 147-158.
2. Andrievskij R.A., Glezer A.M. Pročnost' nanostruktur // Uspehi fizičeskikh nauk. 2009. T. 179. № 4. S. 337-358.
3. Indeitsev D.A., Morozov N.F., Ovid'ko I.A, Skiba N.V. Nucleation of nanoscale voids at disclination quadru-poles in deformed nanocrystalline materials // Rev. Adv. Mater. Sci. 2010. № 26. P. 91-97.
4. Cooper A. Porous materials and supercritical fluids // Advanced materials. 2003. V. 15, № 13. P. 1049-1059.
5. Kul'kov V.G. Relaksacionnye processy na granicah zeren v metallah. Volžskij: Filial MĖI v g. Volžskom, 2015.
6. Kul'kov V.G., Korotkov L.N., Deševyh V.V. Model' vnutrennego treniâ v poristom nanokristalličeskom materiale // Fundamental'nye problemy sovremennogo materialovedeniâ. 2011. T. 8, № 4. S. 104-108.
7. Blanter M.S. Golovin I.S., Neuhauser H. Sinning H.-R. Internal Friction in Metallic Materials. A Handbook Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
8. Butrymowicz D., Manning J., Read M. Diffusion in Copper and Copper Alloys. Part I. Volume and Surface Self-Diffusion in Copper // J. Phys. Chem. Ref. Data. 1973. Vol. 2(3). P. 643-655.
9. Novik A., Berri B. Relaksacionnye âvleniâ v kristallah / Per. s angl. pod red. Nadgornogo È.M., Soj-fera Â.M. M.: Atomizdat, 1975.

Транслитерация по ISO 9:1995





ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

THERMODYNAMIC ANALYSIS IN RENEWABLE ENERGY

Статья поступила в редакцию 31.08.15. Ред. рег. № 2337

The article has entered in publishing office 31.08.15. Ed. reg. No. 2337

УДК 681.3-621.3, 519.7

doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПРОФИЛЕМ
РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

В.П. Шевчук, С.О. Шаровина

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 21-01-72, e-mail: shevchukVP@mpei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В работе исследуется эффективность совместной работы алгоритмов адаптивного управления положением средней точки температурного профиля, адаптивного управления положением нижней точки температурного профиля и адаптивного управления положением верхней точки температурного профиля.

Ключевые слова: адаптивное управление, робастная стабилизация, информативность показаний интеллектуальной измерительной техники, эффективность виртуальных приборов, оптимизация настроечных коэффициентов виртуального прибора.

RESEARCHING OF THE EFFECTIVENESS OF THE ADAPTIVE CONTROL
OF THE TEMPERATURE PROFILE OF THE DISTILLATION COLUMN

V.P. Shevchuk, S.O. Sharovina

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 21-01-72, e-mail: shevchukVP@mpei.ru.

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

This paper studies the efficiency and collaboration algorithms for adaptive control position of a midpoint of the temperature profile, the adaptive control position of the lower points of the temperature profile and adaptive control of the position of the upper point of the temperature profile.

Keywords: adaptive management, robust stabilization, informative indications of intellectual measuring equipment, the efficiency of virtual devices, optimization of adjusting coefficients of the virtual instrument.



Валерий Петрович
Шевчук
Valery P. Shevchuk

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, акад. Международной академии информатизации; акад. Метрологической академии РФ; гл. научный сотрудник филиала НИУ МЭИ в г. Волжском. Почетный работник высшего профессионального образования.

Образование: Московский институт химического машиностроения (1973).

Область научных интересов: вычислительные, локационные, телекоммуникационные системы и технические средства связи с объектами адаптивного управления.

Публикации: свыше 200 научных трудов, в том числе 1 учебник, 4 монографии, 24 учебных пособия; 15 а. с. и патентов РФ.

Information about the author: Dr. Sci., Prof., Acad. International Informatization Academy; Acad. Metrological Academy of the Russian Federation; Chief Scientific Officer of the Volzhsky branch of NRU MPEI. Honorary Worker of Higher Professional Education.

Education: Moscow Institute of Chemical Engineering (1973).

Research area: computers, locating, telecommunication systems and technical means of communication with the objects of adaptive management.

Publications: more than 200 scientific publications, including the 1 manual, 4 monographs, 24 textbooks; 15 patents of the RF.



Светлана Олеговна
Шаровина
Svetlana O. Sharovina

Сведения об авторе: канд. техн. наук, главный специалист ООО «МЦЭ-Инжиниринг».

Область научных интересов: идентификация и адаптация в системах управления, автоматизация проектирования систем оптимального управления технологическими процессами и производствами.

Публикации: 23, в том числе 4 патента РФ.

Information about author: PhD. techn. sciences, chief specialist of "EMC Engineering".

Research area: identification and adaptation of control systems, automata-tization system design optimal process control and production.

Publications: 23, including 4 patents of the RF.

Введение. Постановка задачи исследования

Эффективность работы ректификационной колонны определяется функцией потерь сырья, $\Delta J_B(jT_S) = f\{Q(jT_S)\}$, минимум которой дрейфует в пространстве управляющих координат.

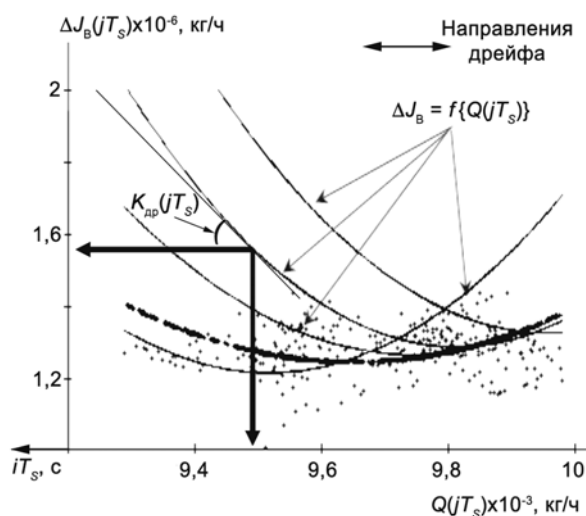


Рис. 1. Дрейф критерия управления эффективностью работы колонны
Fig. 1. The drift criterion of performance management column

На рис. 1 точками представлено поле экспериментальных данных, аппроксимация которых показывает, что зависимость текущих потерь сырья, $\Delta J_B(jT_S)$, от расхода отбираемого дистиллята, $Q(jT_S)$, дрейфует в реальном масштабе времени, а вместе с ней дрейфует и положение оптимального расхода, $Q(jT_S)$. Интенсивность перемещения зависимости характеризуется текущим значением скорости дрейфа, $K_{др}(jT_S)$, которая подлежит текущей идентификации при адаптивном управлении.

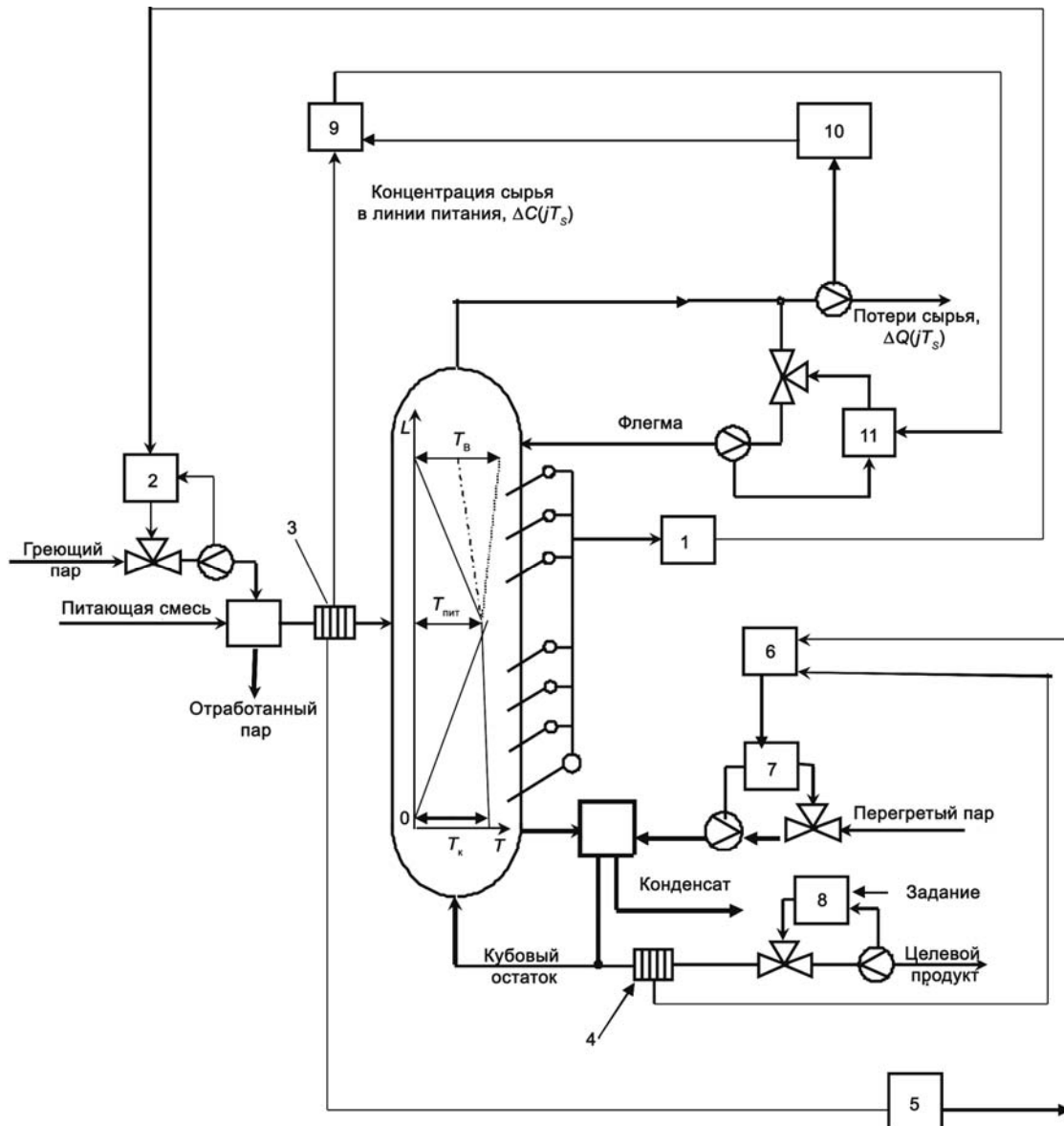
Автоматическое управление эффективностью функционирования процесса ректификации включает в себя (см. [1] и рис. 2) определение текущего температурного профиля колонны, вычисление текущего значения эффективности работы ректификационной колонны (см. рис. 2, блок 12), которое устанавливается в качестве задания регулятору температуры питающей смеси (блок 2).

Робастная стабилизация температуры нижней точки температурного профиля колонны осуществляется путем изменения расхода греющего пара в кипятильнике с коррекцией по концентрации целевого продукта и компенсации возмущений со стороны линии питания (см. рис. 2, блоки 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Адаптивное управление верхней точкой температурного профиля осуществляется путем изменения расхода флегмы в зависимости от средней скорости

текущее значение количества сырья в дистилляте, прогнозируемое по математической модели верхней части ректификационной колонны; $f_{in}(jT_s)$ – текущее значение количества сырья в дистилляте, прогнозируемое блоком 9 по результатам измерения концентрации сырья в питающей смеси промышленным хроматографом 3.

где $K_{др}(jT_S)$ – текущее значение скорости дрейфа критерия управления (зависимости текущих потерь сырья от расхода отбираемого дистиллята); $f(jT_S)$ –



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"
SPACE

Текущее значение количества сырья в дистилляте, прогнозируемое по результатам измерения концентрации сырья в питающей смеси промышленным хроматографом 3, вычисляется блоком 9 по соотношению $f_{ij}(T_S) = \Delta Q_{п}(jT_S) \Delta C(jT_S)$, где $\Delta Q_{п}(jT_S)$ – текущие значения расхода питающей смеси; $\Delta C(jT_S)$ – текущие значения концентрации сырья в линии питания с регистратора показаний промышленного хроматографа 3.

Текущие значения скорости дрейфа, $K_{др}(jT_s)$, вычисляются блоком 9 по показаниям регистратора промышленного хроматографа (см. рис. 2, блок 3) и регистратора расхода отбираемого дистиллята (см. рис. 2, блок 10) как оценка производной зависимости текущих потерь сырья от расхода отбираемого дистиллята [2, 3]:

$$K_{др}(jT_s) \approx \frac{\Delta J_b(jT_s)}{\Delta Q(jT_s)} \approx \frac{\Delta C(jT_s) \Delta Q(jT_s)}{\Delta Q^2(jT_s)},$$

где $\Delta Q(jT_s)$ – текущие значения показаний регистратора измерителя расхода отбираемого дистиллята (блок 10); $\Delta C(jT_s)$ – текущие значения концентрации сырья в линии питания с регистратора показаний промышленного хроматографа 3.

Среднее значение отклонения расхода отбираемого дистиллята от величины задания на периоде идентификации вычисляется как

$$\Delta Q(NT_s) \approx \frac{1}{N+1} \sum_{j=0}^N \{\Delta Q(jT_s)\}.$$

Среднее значение отклонения концентрации сырья в питающей смеси от величины задания на периоде идентификации вычисляется как

$$\Delta C(NT_s) \approx \frac{1}{N+1} \sum_{j=0}^N \{\Delta C(jT_s)\}.$$

Количественная оценка скорости дрейфа текущих потерь сырья на периоде идентификации будет равна (см. рис. 2 и работу [1])

$$K_{др}(NT_s) \approx \frac{\sum_{j=0}^N \Delta C(jT_s) \Delta Q(jT_s)}{\sum_{j=0}^N \Delta Q^2(jT_s)},$$

где $\Delta Q(jT_s)$ – текущие значения показаний регистратора измерителя расхода отбираемого дистиллята; $\Delta C(jT_s)$ – текущие значения концентрации сырья в линии питания с регистратора показаний промышленного хроматографа; T_s – длина циклограммы хроматографа, мин; $K_{др}(NT_s)$ – количественная оценка скорости дрейфа критерия управления (зависимость текущих потерь сырья от расхода отбираемого дистиллята); N – длина массивов накапливаемой информации.

Результаты исследований

Исследование метрологических характеристик процессов адаптивного управления при количественной оценке эффективности сложных теплотехнических объектов возможно только методами имитационного моделирования [4].

На рис. 3 представлена блок-схема имитации процессов управления в ректификационной колонне тарельчатого типа по алгоритму, представленному в [3]. На рис. 3 приняты следующие обозначения: $X_1(iT_s)$, $X_2(iT_s)$, $X_3(iT_s)$, $X_4(iT_s)$ – расходы перегретого пара,

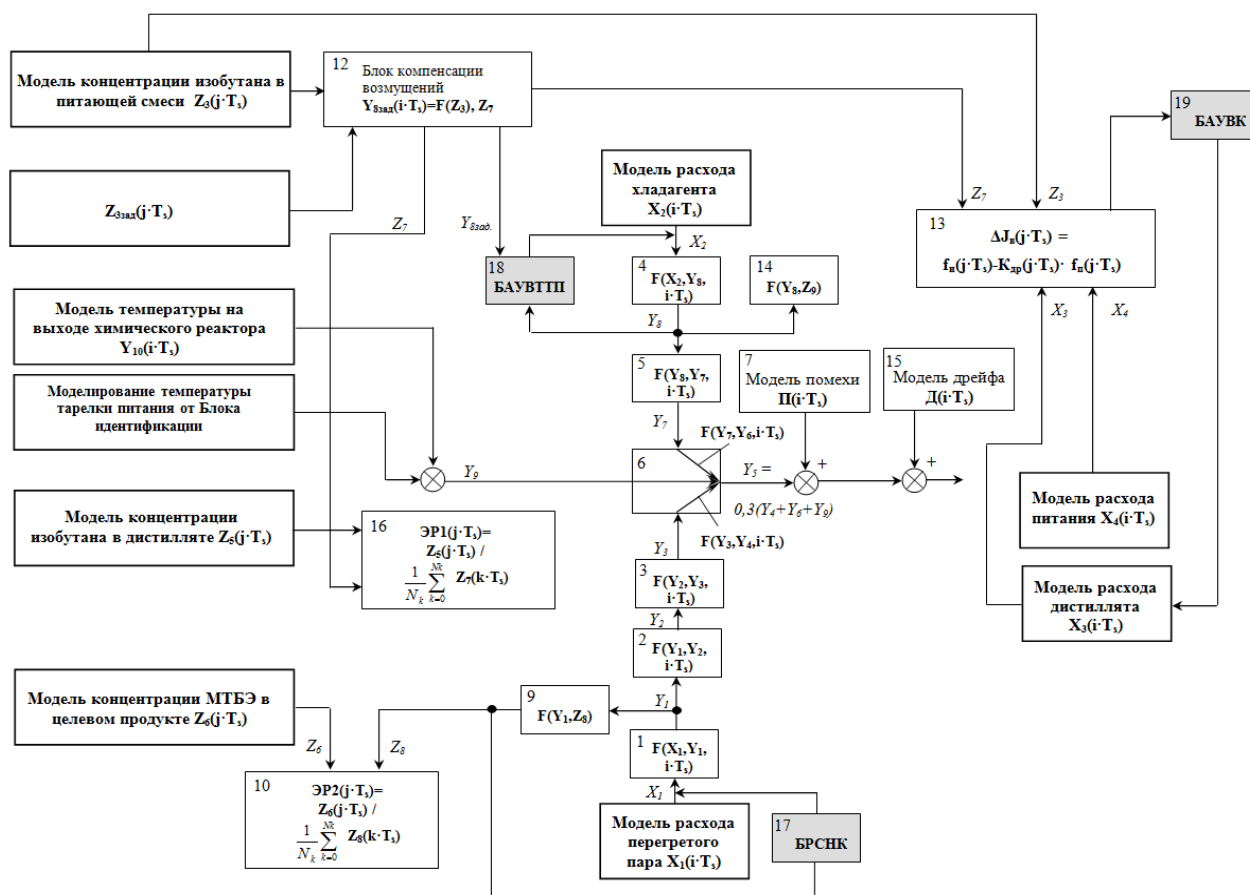
хладагента, дистиллята и питающей смеси соответственно; $Y_1(iT_s)$, $Y_2(iT_s)$, $Y_3(iT_s)$, $Y_5(iT_s)$, $Y_7(iT_s)$, $Y_8(iT_s)$ – температуры низа колонны, 16-й, 22-й, 28-й (тарелка питания), 37-й тарелок и верха колонны соответственно; $Y_4(iT_s)$ – температура тарелки питания (со стороны исчерпывающей части); $Y_6(iT_s)$ – температура тарелки питания (со стороны укрепляющей части); $Y_9(iT_s)$ – температура питающей смеси со стороны химического реактора и блока идентификации; $Y_{10}(iT_s)$ – температура на выходе химического реактора; $Y_{1зад}(iT_s)$ – заданная температура куба колонны; $Y_{8зад}(iT_s)$ – заданная температура верха колонны; $Z_3(jT_s)$ – концентрация изобутана в питающей смеси; $Z_{3зад}(jT_s)$ – заданная концентрация изобутана в питающей смеси (по регламенту); $Z_4(jT_s)$ – концентрация метилтетрабутилового эфира (МТБЭ) в питающей смеси; $Z_7(jT_s)$ – концентрация изобутана на выходе компенсатора (прогноз по модели компенсатора); $Z_9(jT_s)$ – концентрация изобутана по модели колонны; $Z_8(jT_s)$ – концентрация МТБЭ по модели колонны; $Z_6(jT_s)$ – концентрация МТБЭ, измеренная хроматографом; $ЭР1(jT_s)$, $ЭР2(jT_s)$ – значения эффективности работы верхней и нижней частей ректификационной установки; $\Delta J_b(jT_s)$ – критерий качества управления верхней частью колонны.

Блок-схема включает в себя: модель температурного профиля исчерпывающей части колонны (блоки 1-3); модель укрепляющей части колонны (блоки 4, 5); модель управления колонной по каналу «концентрация изобутана в верхней части колонны – температура верха» (блок 14 и [1]); модель управления колонной по каналу «концентрация МТБЭ в нижней части колонны – температура куба» (блок 9 и [1]); модель имитации температуры на выходе химического реактора [1]; модель формирования температуры тарелки питания (блок 6 и [1]); модель имитации процесса регулирования температуры питания; алгоритм вычисления критерия качества управления верхней частью колонны 13; алгоритм вычисления эффективности работы (блоки 10, 16). К выходному сигналу температуры тарелки питания аддитивно приложены сигналы помехи и дрейфа (блоки 7 и 15). Блок-схема содержит также блоки моделирования стационарных и нестационарных сигналов параметров, таких как концентрации изобутана и целевого продукта в питающей смеси, концентрация изобутана в дистилляте, концентрация целевого продукта, расходы перегретого пара, хладагента, дистиллята, питающей смеси [1]. Наличие блоков управления: 17 (робастной стабилизации низа колонны – БРСНК), 18 (адаптивного управления верхней точкой температурного профиля – БАУВТТП) и 19 (адаптивного управления верхней частью колонны – БАУВК) – позволяют провести имитацию процессов управления в условиях, наиболее приближенных к реальным, то есть в условиях действия помех измерения и дрейфа характеристик ректификационной колонны [1]. Например, БАУВТТП рассчитывает, как температура верха колонны $Y_8(jT_s)$ (после блока 4) после-



В блоке 6 происходит формирование температуры тарелки питания $Y_5(jT_S)$ как среднего значения между температурой паров, поступающих на тарелку питания снизу $Y_4(jT_S)$, температурой жидкости, поступающей на тарелку питания сверху, $Y_7(jT_S)$, и температурой смеси, приходящей из химического реактора, $Y_9(jT_S)$. Температура $Y_9(jT_S)$, помимо вклада химического реактора в формирование температуры тарелки питания, включает в себя также составляющую, образуемую блоком идентификации [4]. Текущие значения концентраций изобутана в дистилляте $Z_5(jT_S)$ и МТБЭ в целевом продукте $Z_6(jT_S)$ поступают на блоки вычисления эффективности работы верхней и нижней частей колонны. В результате обработки полученных данных на выходе блоков 16 и 10 фор-

Международный издательский дом научной периодики "Спейс" 



На рис. 4 показан переходный процесс на тарелке питания, полученный имитационным моделированием. Из рис. 4 видно, что отклонение моделируемой последовательности от заданного по технологическому регламенту значения режимного параметра – температуры питающей смеси – не превышает 5%.

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology
© Scientific Technical Centre «TATA», 2015

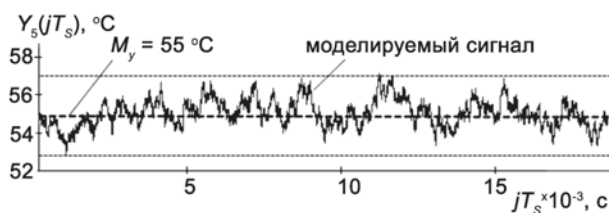


Рис. 4. Имитация текущих значений температуры тарелки питания
Fig. 4. Simulated current values of the temperature of the plate supply

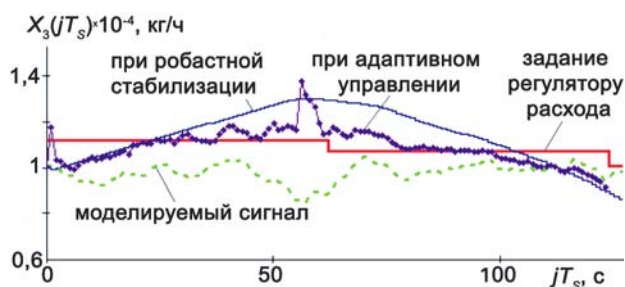


Рис. 5. Тренды текущих значений управляющего воздействия
Fig. 5. Trends of the current values of the control action

При этом текущие значения коэффициента дрейфа колеблются относительно выбранной стратегии изменения (рис. 6). Прямая соответствует заданному значению коэффициента дрейфа [1], а зависимость $K_{др}^M$ определяет моделируемую последовательность.

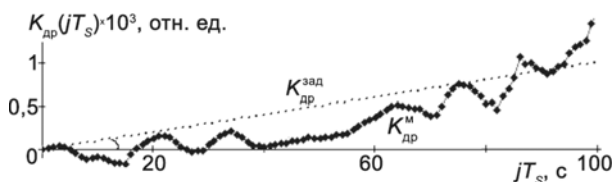


Рис. 6. Тренд текущих значений коэффициента дрейфа
Fig. 6. The trend of the current values of coefficient drift

На рис. 7 представлена мнемосхема автоматизированного рабочего места (АРМ) для управления процессом ректификации. На экране «Окно главного оператора-технолога» показано наиболее важное технологическое оборудование с основными функциональными связями. Из рис. 7 видно, что также предусмотрен контроль основных режимных параметров процесса ректификации, реализованный посредством вывода текущих значений параметров в специальные области («ячейки»).

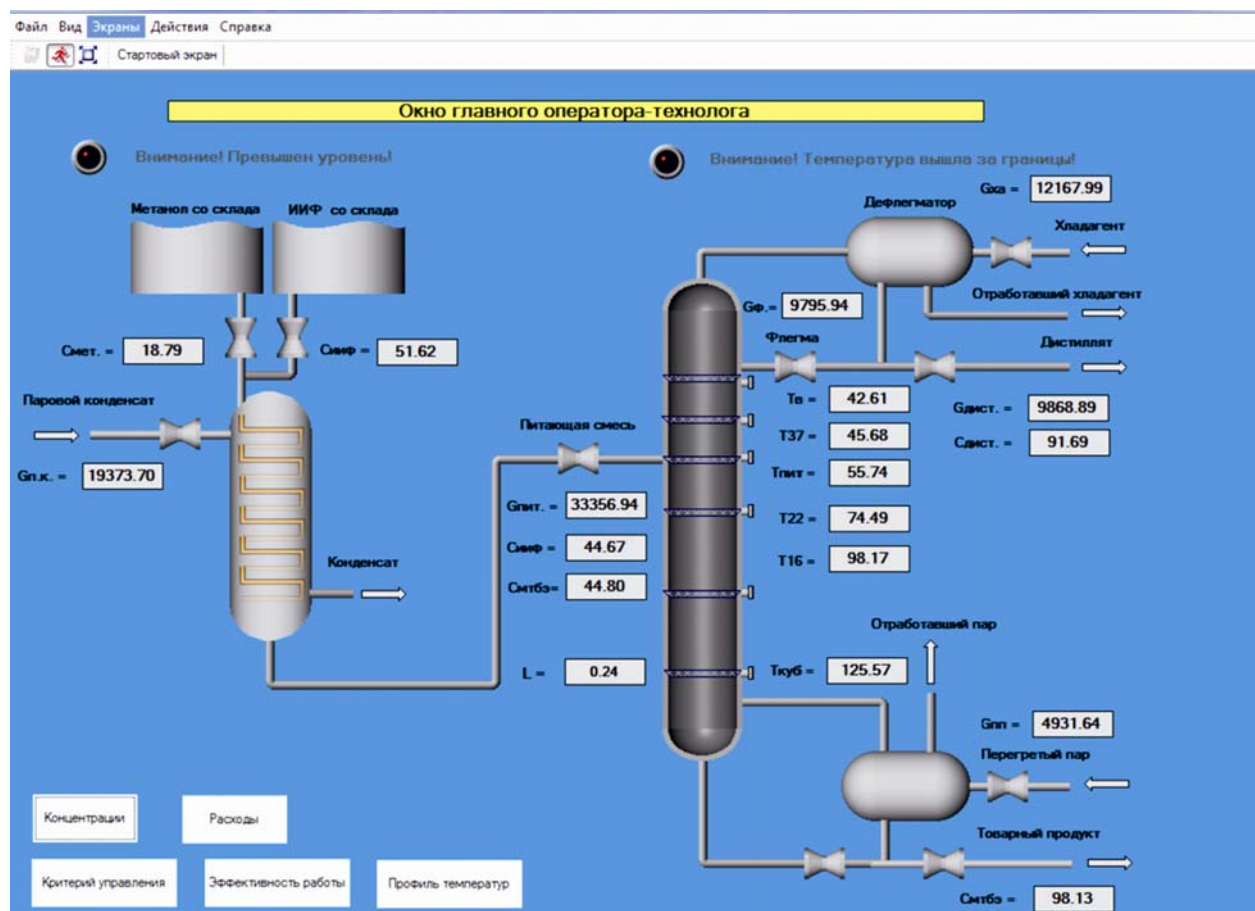


Рис. 7. Главное окно ППП «Адаптивное управление процессом ректификации» [1]
Fig. 7. The main window of the SPT "Adaptive control rectification process" [1]

Представлены индикаторы световой сигнализации превышения уровня кубового остатка в колонне и выхода температуры за допустимые границы. В случае аварии клапаны перекрываются и реагенты перестают поступать внутрь колонны. Предусмотрена возможность защиты от несанкционированного доступа. Здесь же предусмотрены кнопки перехода на другие экраны. На экране «Концентрации» [1] визуализируются случайные сигналы концентраций изобутана и метилтетрабутилового эфира (МТБЭ) в шихте и в питающей смеси, изобутана в дистилляте и МТБЭ в товарном продукте. На экране «Потери сырья» [1] представлены тренды зависимости потерь сырья от времени.

Заключение

Анализ технологического процесса ректификации на примере синтеза метилтетрабутилового эфира показал, что показатели качества работы ректификационной установки напрямую зависят от текущего значения потерь сырья, которые предлагается оценивать разностью текущего значения концентрации изобутана, поступающего на тарелку питания и текущего значения концентрации изобутана, отводимого с потоком дистиллята на интервале одной циклограммы промышленного хроматографа. Эффективность работы ректификационной колонны предлагается оценивать по критерию минимума суммарных потерь сырья на интервале времени: NT_S , где N – длина массива накапливаемой информации; T_S – время одного измерения концентрации промышленным хроматографом [1]. При этом адаптивное управление верхней точкой температурного профиля реализуется за счет применения каскадно-комбинированной системы регулирования расхода флегмы,

изменяемого в зависимости от текущего значения потерь сырья [3].

С течением времени накопления информации, необходимой для идентификации, в результате воздействия дрейфа, оптимальный режим «уплывает», при этом потери при управлении возрастают (см. рис. 5). Таким образом, необходим компромисс между увеличением объема выборки, N , и скоростью дрейфа, $K_{др}(jT_S)$. Искомый компромисс и обеспечивает оптимальный режим функционирования алгоритма управления, при котором достигаются минимальные потери сырья. Компромиссное время накопления информации для рассматриваемого объекта управления достигается при накоплении 63 измерений, произведенных хроматографом.

В результате исследования на имитационной модели (см. рис. 5) установлено, что при накоплении 63 значений хроматографа жесткая стабилизация приводит к сокращению потерь на 27% в сравнении с этим же показателем без управления. Адаптивное управление позволяет снизить потери сырья на 14% в сравнении с этим же показателем при робастной стабилизации. Таким образом, в рассматриваемом процессе применение алгоритмов адаптивного управления эффективно. Применение системы адаптивного управления позволяет повысить уровень интеллекта всей системы управления, что приведет к повышению надежности и работоспособности за счет исключения человеческого фактора. Разработанный в работе [1] пакет прикладных программ положен в основу стенда-тренажера для подготовки аппаратчиков, что ведет к повышению качества получаемого продукта, ускоренному развитию предприятия и, как следствие, улучшению материального и социального положения обслуживающего персонала.

Список литературы

1. Шаровина С.О. Адаптивное управление температурным профилем ректификационной колонны тарельчатого типа // Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. МЭИ, 2014.
2. Шевчук В.П., Шаровина С.О. Способ автоматического управления температурным профилем теплотехнического объекта // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 16. С. 107-110.
3. Патент на изобретение № 2509593. Способ автоматического управления процессом ректификации и устройство для его осуществления / В.П. Шевчук, С.А. Агринская, С.О. Шаровина // Бюл. № 8 от 20.03.2014.
4. Шевчук В.П. Моделирование метрологических характеристик интеллектуальных измерительных приборов и систем. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.

References

1. Šarovina S.O. Adaptivnoe upravlenie temperaturnym profilom rektifikacionnoj kolonny tarel'čatogo tipa // Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.13.06. MĖI, 2014.
2. Ševčuk V.P., Šarovina S.O. Spособ avtomatičeskogo upravleniâ temperaturnym profilom teplotehničeskogo ob'ekta // Al'ternativnââ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 16. S. 107-110.
3. Patent na izobretenie № 2509593. Spособ avtomatičeskogo upravleniâ processom rektifikacii i ustrojstvo dlâ ego osušeštvenîâ / V.P. Ševčuk, S.A. Agrinskââ, S.O. Šarovina // Bûl. № 8 ot 20.03.2014.
4. Ševčuk V.P. Modelirovanie metrologičeskikh harakteristik intellektual'nyh izmeritel'nyh priborov i sistem. M.: FIZMATLIT, 2011.

Транслитерация по ISO 9:1995

К ВОПРОСУ ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР В СТЕНКЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА ПОСТОЯННОЙ ТОЛЩИНЫ ВАРИАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

А.В. Машков

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Предложена расчетная схема построения приближенных решений стационарного двумерного уравнения теплопроводности без внутренних источников тепла вариационными методами для эллиптической трубы постоянной толщины. При построении и решении уравнения теплопроводности в стенке эллиптического цилиндра используется криволинейная система координат специального вида, учитывающая геометрию сечения. В качестве иллюстрации рассмотрены два примера решения краевой задачи при граничных условиях первого рода в виде заданных функций и в виде постоянных значений температуры.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности, эллиптическая труба, вариационные методы.

TO A QUESTION OF APPROXIMATE CALCULATIONS OF A STATIONARY FIELD OF TEMPERATURES IN A WALL OF THE ELLIPTIC CYLINDER OF EQUAL THICKNESS BY A VARIATIONS METHOD

A.V. Mashkov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The calculation scheme of creation of approximate solutions of the stationary two-dimensional equation of heat conductivity without internal sources of heat by variation methods for an elliptic pipe of constant thickness is offered.

At creation of the equation of heat conductivity in a wall of the elliptic cylinder the curvilinear system of coordinates of a special type considering geometry of section is used. As an example, two examples of the solution of a border task are reviewed under boundary conditions of the first sort in the form of the set functions and in the form of constant values of temperature.

Keywords: equation of heat conductivity, an elliptic pipe, variation methods.



Александр Васильевич
Машков
Alexander V. Mashkov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Саратовский госуниверситет (1972).

Область научных интересов: нелинейная теория упругости высокоэластических материалов, теория теплопроводности в твердых телах, методы математической статистики в моделировании процессов теплоэнергетики.

Публикации: более 60.

Information about author: Ph.D. (Tech.), associate professor, professor of the Department of «Heat power engineering and heat engineering» Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Saratov State University (1972).

Research area: nonlinear elasticity highly elastic materials, the theory of heat conduction in solids, statistical methods in modeling of the processes of heat and power engineering.

Publications: more than 60.

Введение

В настоящей работе предложен вариант приближенного расчета стационарного поля температур в стенке трубы эллиптического сечения равной толщины вариационным методом с использованием специальной криволинейной системы координат.

В технике наряду с цилиндрическими трубами в ряде случаев используются трубы эллиптического сечения. Расчет поля температур в стенке эллиптического цилиндра представляет собой самостоятельную, существенно двумерную задачу, решение которой не может быть получено на основании известных решений для кругового цилиндра. Одним из вариантов технологии изготовления труб эллиптического сечения является метод прокатки на оправке эллиптического сечения. При такой технологии толщина стенки трубы $S = \text{const}$ по периметру постоянна, а внутренняя поверхность трубы представляет собой эллиптический цилиндр с полуосями a и b ($a > b$). Длина L эллиптической трубы предполагается значительно большей, чем большая полуось эллипса $L \gg a$. В силу предположения о стационарности задачи и условия $L \gg a$ задача расчета поля температур в стенке эллиптического цилиндра рассматривается как плоская. При этом элемент объема, элемент поверхности и другие характеристики рассчитываются на единицу длины трубы. Внутренние источники тепла в стенке трубы отсутствуют.

Анализ

Решение для толстостенной эллиптической трубы равной толщины строится с использованием специального вида системы координат и вариационных методов решения полученного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.

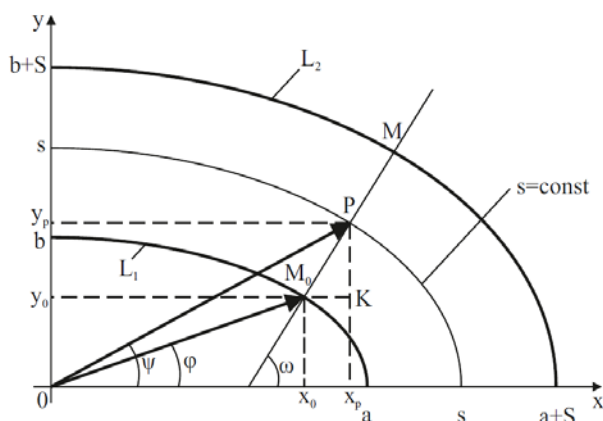


Рис. 1. Расчетная схема сечения эллиптической трубы. (φ, s) криволинейная система координат.

Вектор-радиусы точек M_0 и P : $\vec{r}_0 = \vec{OM}_0$; $\vec{r} = \vec{OP}$

Fig. 1. Design scheme of elliptical cross section of the pipe. (φ, s) curvilinear coordinate system.

Vector-points and radii: M_0 and P : $\vec{r}_0 = \vec{OM}_0$; $\vec{r} = \vec{OP}$

Таким образом, рассматриваемая эллиптическая труба имеет сечение, ограниченное с внутренней стороны базовым эллипсом (кривая L_1 , рис. 1), а с внешней стороны – эвольвентой эволюты базового эллипса. Толщина S стенки предполагается постоянной по периметру сечения. При этом каждая точка сечения внешней поверхности эллиптической стенки (эвольвента L_2 , рис. 1) находится на одном расстоянии в направлении соответствующей нормали M_0M к базовому эллипсу (кривая L_1 , рис. 1). Данная модель геометрии сечения эллиптической стенки соответствует возможной технологии изготовления эллиптических труб равной толщины методом прокатки листа на оправке эллиптического сечения.

При решении задачи используются декартова система координат $(OXYZ)$ с базисом $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, ось Z которой направлена вдоль оси трубы, и специальная система координат. При введенных предположениях задачу можно считать плоской и имеющей симметрию относительно осей OX и OY . Поэтому рассматривается четверть сечения трубы в первом квадранте декартовой системы координат $OXYZ$ с базисом $(\vec{i}, \vec{j})$. Пусть, соответственно, a и b – большая и меньшая полуоси базового эллипса (рис. 1, кривая L_1); $M_0(x_0, y_0)$ – произвольная точка базового эллипса; M_0M – нормаль к эллипсу в точке M_0 ; $P \in M_0M$ – произвольная точка нормали с координатами (x_p, y_p) ; $\vec{r}_0$ и $\vec{r}$ – радиусы-векторы точек M_0 и M ; $\vec{n}$ – единичный вектор в направлении нормали M_0M ; φ и ψ – углы, образованные, соответственно, радиусами-векторами $\vec{r}_0$ и $\vec{r}$ с осью OX ; ω – угол, образованный нормалью M_0M с осью OX ; s – длина вектора $\vec{M_0P}$ ($0 \leq s \leq S$).

Угол наклона касательной ω находится через угол φ (рис. 1) с использованием углового коэффициента нормали к эллипсу [1] в виде

$$\operatorname{tg} \omega = (a/b) \operatorname{tg} \varphi. \quad (1)$$

Результаты и их обсуждение

При введенных обозначениях вектор-радиус $\vec{r}$ произвольной точки нормали $P(x_p, y_p)$ может быть представлен в виде

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + s \cdot \vec{n}, \quad (2)$$

где единичный вектор в направлении нормали $\vec{n}$ является функцией угла φ и равен

$$\vec{n}(\varphi) = \vec{i} \cos \omega + \vec{j} \sin \omega. \quad (3)$$

Используя тригонометрические выражения для $\cos \omega$ и $\sin \omega$ через $\operatorname{tg} \omega$, из (1), (2) и (3) можно получить выражение для вектора-радиуса $\vec{r}$:

$$\vec{r} = \vec{i} \left[a \cos \varphi + \frac{sb \cos \varphi}{\rho} \right] + \vec{j} \left[b \sin \varphi + \frac{sa \sin \varphi}{\rho} \right], \quad (4)$$

где

$$\rho = \sqrt{a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi}. \quad (5)$$

Из приведенных соотношений следует, что положение произвольной точки области сечения $P(x_p, y_p)$ однозначно определяется углом φ и расстоянием s , отсчитываемым от точки M_0 в направлении нормали M_0M . Линия L_2 , ограничивающая область сечения с внешней стороны (рис. 1), является координатной линией и имеет уравнение $s = S$. Следует отметить, линия L_2 не является эллипсом.

Для построения двумерного уравнения теплопроводности вводится система координат (φ, s) , в которой вектор-радиус $\vec{r}$ произвольной точки определяется (4). Координатными линиями в системе (φ, s) являются: $\varphi = \text{const}$ – определяют положение нормали в точке M_0 базового эллипса; $s = \text{const}$ являются координатными линиями в рассматриваемой области, равноудаленными от базового эллипса. При этом значению $s = 0$ соответствует линия базового эллипса L_1 , то есть внутренняя граница рассматриваемой области. Значению $s = S$ соответствует внешняя граница области L_2 (рис. 1). В принятой постановке задачи функция температуры есть функция координат (φ, s) : $u = u(\varphi, s)$. Ко- и контравариантные векторы базиса $(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3)$, $(\vec{r}^1, \vec{r}^2, \vec{r}^3)$ введенной системы координат (φ, s) находятся из (4) в виде

$$\vec{r}_1 = \vec{i} \left[-a \sin \varphi - \frac{sa^2 b \sin \varphi}{\rho^3} \right] + \vec{j} \left[b \cos \varphi + \frac{sab^2 \cos \varphi}{\rho^3} \right];$$

$$\vec{r}^1 = -\frac{\rho a \sin \varphi}{\rho^3 + sab} \vec{i} + \frac{\rho b \cos \varphi}{\rho^3 + sab} \vec{j}; \quad (6)$$

$$\vec{r}_2 = \vec{i} \left[\frac{b \cos \varphi}{\rho} \right] + \vec{j} \left[\frac{a \sin \varphi}{\rho} \right]; \quad (7)$$

$$\vec{r}^2 = \frac{b \cos \varphi}{\rho} \vec{i} + \frac{a \sin \varphi}{\rho} \vec{j};$$

$$\vec{r}^3 = \vec{r}_3 = \vec{k}. \quad (8)$$

Из (6) и (7) находятся скалярные произведения ковариантных векторов базиса:

$$\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2 = 0; \quad \vec{r}_1 \cdot \vec{r}_3 = 0; \quad \vec{r}_2 \cdot \vec{r}_3 = 0; \quad (9)$$

$$\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_1 = \left[\rho + sab/\rho^2 \right]^2; \quad \vec{r}_2 \cdot \vec{r}_2 = 1; \quad \vec{r}_3 \cdot \vec{r}_3 = 1. \quad (10)$$

Из (8) и (9) следует, что введенная система координат (φ, s) является ортогональной. При этом на

основании (8), (9) и (5) коэффициенты Ляме [2] H_1, H_2, H_3 системы координат (φ, s) равны:

$$H_1 = \rho + \frac{sab}{\rho^2}; \quad H_2 = H_3 = 1. \quad (11)$$

Из (6), (7) и (11) следуют соотношения, связывающие векторы ко- и контравариантных базисов, а также вид оператора Гамильтона:

$$\vec{r}^1 = \frac{1}{H_1^2} \cdot \vec{r}_1; \quad \vec{r}^2 = \vec{r}_2; \quad \vec{r}^3 = \vec{r}_3 = \vec{k};$$

$$\bar{\nabla} = \vec{r}^1 \frac{\partial}{\partial \varphi} + \vec{r}^2 \frac{\partial}{\partial s} = \frac{1}{H_1^2} \vec{r}_1 \frac{\partial}{\partial \varphi} + \vec{r}_2 \frac{\partial}{\partial s}.$$

При решении задачи предполагается, что коэффициент теплопроводности материала трубы – величина постоянная, а внутренние источники тепла отсутствуют. Тогда с учетом (11) можно записать уравнение теплопроводности $\bar{\nabla} \cdot \bar{\nabla} u = 0$ (уравнение Лапласа) относительно функции температуры $u = u(\varphi, s)$ в системе координат (φ, s) в виде [2]

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} - \frac{1}{H_1} \frac{\partial H_1}{\partial \varphi} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + H_1 \frac{\partial H_1}{\partial s} \frac{\partial u}{\partial s} + H_1^2 \frac{\partial^2 u}{\partial s^2} = 0. \quad (12)$$

Используя выражение для ρ (5) и (11), (12) можно привести к виду

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + R(\varphi, s) \frac{\partial u}{\partial \varphi} + Q(\varphi, s) \frac{\partial u}{\partial s} + P(\varphi, s) \frac{\partial^2 u}{\partial s^2} = 0, \quad (13)$$

где переменные коэффициенты определяются равенствами

$$R(\varphi, s) = -\frac{1}{H_1} \frac{\partial H_1}{\partial \varphi} = -\frac{a^2 - b^2}{2\rho^2} \frac{\rho^3 - 2sab}{\rho^3 + sab} \sin 2\varphi;$$

$$Q(\varphi, s) = H_1 \frac{\partial H_1}{\partial s} = \frac{ab(\rho^3 + sab)}{\rho^4}; \quad (14)$$

$$P(\varphi, s) = H_1^2 = \frac{(\rho^3 + sab)^2}{\rho^4}.$$

Граничные условия

Случай 1. Для полного сечения эллиптической трубы граничные условия первого рода на внутренней $s = 0$ и внешней $s = S$ поверхности имеют вид

$$u(\varphi, 0) = f_1(\varphi) \quad \text{при } s = 0; \quad (15)$$

$$u(\varphi, S) = f_2(\varphi) \quad \text{при } s = S. \quad (16)$$

В (15) и (16) граничные функции $f_1(\varphi)$ и $f_2(\varphi)$ в области $\varphi \in [0, 2\pi]$ периодические, непрерывные и трижды непрерывно дифференцируемые.

Для четверти сечения трубы $\varphi \in [0, \pi/2]$, рассматриваемой в силу симметрии как часть полной трубы, граничные условия первого рода имеют вид

$$\frac{\partial u(\varphi, s)}{\partial \varphi} = 0 \text{ при } \varphi = 0; \quad \frac{\partial u(\varphi, s)}{\partial \varphi} = 0 \text{ при } \varphi = \pi/2; \quad (17)$$

$$u(\varphi, 0) = f_1(\varphi) \text{ при } s = 0; \quad u(\varphi, S) = f_2(\varphi) \text{ при } s = S. \quad (18)$$

В граничных условиях (17) и (18) функции $f_1(\varphi)$ и $f_2(\varphi)$ определены и трижды непрерывно дифференцируемы на отрезке $\varphi \in [0, \pi/2]$.

Случай 2. Для четверти сечения трубы, как отдельной панели эллиптической трубы, граничные условия первого рода имеют вид

$$u(\varphi, s) = g_1(s) \text{ при } \varphi = 0; \quad u(\varphi, s) = g_2(s) \text{ при } \varphi = \pi/2; \quad (19)$$

$$u(\varphi, 0) = f_1(\varphi) \text{ при } s = 0; \quad u(\varphi, S) = f_2(\varphi) \text{ при } s = S. \quad (20)$$

В граничных условиях (19) и (20) функции $f_1(\varphi)$ и $f_2(\varphi)$ определены и трижды непрерывно дифференцируемы на отрезке $\varphi \in [0, \pi/2]$; функции $g_1(s)$ и $g_2(s)$ определены и трижды непрерывно дифференцируемы на отрезке $s \in [0, S]$.

Таким образом, решение задачи расчета стационарного поля температур в стенке эллиптической трубы сведено к решению линейного дифференциального уравнения с переменными коэффициентами (13) при граничных условиях (15)–(16) для полного сечения трубы, условиях (17)–(18) для четверти сечения трубы как части полного сечения, условиях (19)–(20) для отдельной панели эллиптической трубы соответственно.

Построение приближенных численных решений (13) при граничных условиях (19)–(20) может быть проведено различными методами. Применение стандартной процедуры метода конечных разностей [3] позволяет для (13) построить шаблонное уравнение вида

$$u_{i+1,j} F_{ij} + u_{ij} G_{ij} + u_{i-1,j} M_{ij} + u_{i,j+1} N_{ij} + u_{i,j-1} S_{ij} = 0 \quad (i = 2, 3, \dots, N_\varphi; j = 2, 3, \dots, N_s), \quad (21)$$

где узловые значения коэффициентов, с учетом (14), определяются равенствами

$$F_{ij} = \left[\frac{1}{h_{\varphi(i,j)}^2} + \frac{R_{ij}}{2h_{\varphi(i,j)}} \right]; \quad G_{ij} = \left[-\frac{2}{h_{\varphi(i,j)}^2} - \frac{2P_{ij}}{h_s^2} \right]; \\ M_{ij} = \left[\frac{1}{h_{\varphi(i,j)}^2} - \frac{R_{ij}}{2h_{\varphi(i,j)}} \right]; \quad N_{ij} = \left[\frac{Q_{ij}}{2h_s} + \frac{P_{ij}}{h_s^2} \right]; \\ S_{ij} = \left[-\frac{Q_{ij}}{2h_s} + \frac{P_{ij}}{h_s^2} \right]; \quad (i = 1, 2, \dots, N_\varphi + 1; j = 1, 2, \dots, N_s + 1). \quad (22)$$

В настоящей работе для построения приближенных решений (13) используется вариационный метод Ритца [5-7]. Учитывая вид оператора Гамильтона в векторном базисе $(\bar{r}^1, \bar{r}^2, \bar{r}^3)$, можно установить, что решение (12) эквивалентно нахождению точки минимума функционала $I(u)$ [5]:

$$I(u) = \int_{\Omega} (\bar{\nabla} u \cdot \bar{\nabla} u) d\omega = \int_{\Omega} \left[\frac{1}{H_1^2} (\partial u / \partial \varphi)^2 + (\partial u / \partial s)^2 \right] d\omega, \quad (23)$$

где интегрирование проводится по двумерной области $\Omega \{0 \leq \varphi \leq \pi/2; 0 \leq s \leq S\}$, в которой находится решение (12); $d\omega = H_1(\varphi, s) d\varphi ds$ – элемент площади области Ω [2]. Учитывая симметрию, рассматривалось решение (12) для четверти сечения трубы при граничных условиях (17)–(18). Следуя методу Ритца [5-6], приближение искомой функции $u(\varphi, s)$ принималось в виде

$$u(\varphi, s) = U_0(\varphi, s) + \sum_{i=1}^n \alpha_i U_i(\varphi, s), \quad (24)$$

где функция $U_0(\varphi, s)$ удовлетворяет граничным условиям (18); функции $U_i(\varphi, s)$ удовлетворяют граничным условиям (17); α_i – подлежащие определению коэффициенты. Ограничиваясь в качестве примера двумя членами ряда в (24) и учитывая условия, налагаемые на функции $U_0(\varphi, s)$ и $U_i(\varphi, s)$, было рассмотрено приближение для функции $u(\varphi, s)$ вида

$$u(\varphi, s) = \left[\frac{s}{S} f_2(\varphi) + \left(1 - \frac{s}{S} \right) f_1(\varphi) \right] + \\ + a_1 \left[\varphi^2 (\pi/2 - \varphi)^2 \eta(s) \right] + a_2 \left[\varphi^3 (\pi/2 - \varphi)^3 \eta^2(s) \right], \quad (25)$$

где $\eta(s) = (s/S)(1 - s/S)$. Вариативная часть функции $u(\varphi, s)$ (25) в развернутом виде представляет собой полином относительно переменных φ и s вида $\varphi^n \cdot \tilde{s}^k$ ($\tilde{s} = s/S; n, k = 1, 2, \dots$). Доказательство полноты системы функций $\varphi^n \cdot \tilde{s}^k$ [5-6] и сходимость ряда (25) к решению, представляющие собой отдельную задачу, в настоящей работе не рассматривались. Определяя из (25) производные $\partial u / \partial \varphi$, $\partial u / \partial s$ и подставляя в (23), находим вид функционала $I(u)$:

$$I(u) = \int_{\Omega} \left[\frac{1}{H_1^2} (\partial u / \partial \varphi)^2 + (\partial u / \partial s)^2 \right] d\omega = \\ = \int_{\Omega} \Psi_0(\varphi, s) d\omega + a_1^2 \int_{\Omega} \Psi_1(\varphi, s) d\omega + a_2^2 \int_{\Omega} \Psi_2(\varphi, s) d\omega + \\ + a_1 \int_{\Omega} \Psi_3(\varphi, s) d\omega + a_2 \int_{\Omega} \Psi_4(\varphi, s) d\omega + a_1 a_2 \int_{\Omega} \Psi_5(\varphi, s) d\omega. \quad (26)$$

В (26):

$$\begin{aligned}
\Psi_0(\varphi, s) &= (1/H_1^2)(\partial u/\partial \varphi)^2 + (\partial u/\partial s)^2; \\
\Psi_1(\varphi, s) &= (4/H_1^2)T_1^2 + V_1^2; \\
\Psi_2(\varphi, s) &= (9/H_1^2)T_2^2 + 4V_2^2; \\
\Psi_3(\varphi, s) &= (4/H_1^2)(\partial U_0/\partial \varphi)T_1 + 2(\partial U_0/\partial s)V_1; \\
\Psi_4(\varphi, s) &= (6/H_1^2)(\partial U_0/\partial \varphi)T_2 + 4(\partial U_0/\partial s)V_2; \\
\Psi_5(\varphi, s) &= (12/H_1^2)T_1T_2 + 4V_1V_2; \\
U_0(\varphi, s) &= (s/S)f_2(\varphi) + (1-s/S)f_1(\varphi). \quad (27)
\end{aligned}$$

В (27) функции $T_1(\varphi, s)$, $T_2(\varphi, s)$, $V_1(\varphi, s)$, $V_2(\varphi, s)$ определяются равенствами

$$\begin{aligned}
T_1(\varphi, s) &= \varphi[(\pi/2) - \varphi][(\pi/2) - 2\varphi]\eta(s); \\
T_2(\varphi, s) &= \varphi^2[(\pi/2) - \varphi]^2[(\pi/2) - 2\varphi]\eta^2(s); \\
V_1(\varphi, s) &= \varphi^2[(\pi/2) - \varphi]^2(d\eta/ds); \\
V_2(\varphi, s) &= \varphi^3[(\pi/2) - \varphi]^3\eta(s)(d\eta/ds). \quad (28)
\end{aligned}$$

Аналитическое вычисление интегралов в (26), с учетом вида коэффициента Ляме $H_1 = \rho + (sab/\rho^2)$ и (27), достаточно проблематично, поэтому использовался численный метод определения интегралов. С этой целью область $\Omega\{0 \leq \varphi \leq \pi/2; 0 \leq s \leq S\}$ разбивается на множество попарно не пересекающихся элементов $\Omega_\alpha\{\varphi_i \leq \varphi \leq \varphi_{i+1}; s_j \leq s \leq s_{j+1}\}$ системой узлов $(\varphi_i; s_j)$, где α – номер элемента и $\alpha = 1, 2, \dots, N_\varphi N_s$; N_j – число интервалов разбиения по углу φ с шагом $\Delta\varphi = \pi/2N_\varphi$; N_s – число интервалов разбиения по координате s с шагом $h_s = S/N_s$. При этом значения интегралов в (26) приближенно принимались равными суммам значений интегралов по каждому элементу Ω_α . Например, для функции $\Psi_3(\varphi, s)$

$$\int_{\Omega} \Psi_3(\varphi, s) d\omega \approx \sum_{\alpha=1}^{N_\varphi N_s} \int_{\Omega_\alpha} \Psi_3(\varphi, s) d\omega_\alpha. \quad (29)$$

Далее значения подынтегральных функций на элементе Ω_α в (29) аппроксимировались средним значением функции $\Psi_3(\varphi, s)$ в узлах элемента. При этом приближенное значение интеграла на элементе Ω_α равно

$$\begin{aligned}
&\int_{\Omega_\alpha} \Psi_3(\varphi, s) d\omega_\alpha \approx \frac{1}{4} \times \\
&\times \int_{\Omega_\alpha} [\Psi_3(\varphi_i, s_j) + \Psi_3(\varphi_{i+1}, s_j) + \Psi_3(\varphi_i, s_{j+1}) + \Psi_3(\varphi_{i+1}, s_{j+1})] d\omega_\alpha, \quad (30)
\end{aligned}$$

а приближенное значение элемента площади в выбранной системе координат равно [2]

$$d\omega_\alpha = H_1 d\varphi ds \approx \frac{1}{2} [H_1(\varphi_i, s_j) + H_1(\varphi_i, s_{j+1})] \Delta\varphi \cdot h_s. \quad (31)$$

В качестве первого примера применения изложенной методики рассматривалась эллиптическая труба с размерами: $a = 4$; $b = 2$; $S = 1$; $N_j = 20$; $N_s = 5$ и граничными функциями вида

$$\begin{aligned}
f_1(\varphi) &= 10 - 3\cos(2\varphi) + 2\cos(4\varphi); \\
f_2(\varphi) &= 15 + 5\cos(2\varphi) - 4\cos(4\varphi). \quad (32)
\end{aligned}$$

Данные функции можно рассматривать как первые слагаемые рядов Фурье, в которые могут быть разложены граничные функции более общего вида. Функции (32) имеют производные, равные нулю на границах интервала $\varphi \in [0, \pi/2]$, что соответствует (17). Для данного примера $\Delta\varphi = \pi/(2N_\varphi) = 0,0785$; $h_s = S/N_s = 0,2$, число элементов равно $N_\varphi N_s = 100$. Для принятых численных значений параметров задачи функционал $I(u)$ (26) имеет вид

$$\begin{aligned}
I(u) &= I_0 + 0,121321a_1^2 + 0,00202a_2^2 + (-0,8702)a_1 + \\
&+ (-0,06868)a_2 + 0,02061a_1a_2. \quad (33)
\end{aligned}$$

В соответствии с методом Ритца [5, 6] дифференцирование функционала (33) по a_1 и a_2 дает систему двух линейных уравнений относительно этих коэффициентов, имеющую решение

$$a_1 = 6,3294; \quad a_2 = -2,2859. \quad (34)$$

Подставляя найденные значения коэффициентов в (25), находим вид приближенного решения (12):

$$\begin{aligned}
u(\varphi, s) &= [(s/S)f_2(\varphi) + (1-s/S)f_1(\varphi)] + \\
&+ 6,3294\varphi^2(\pi/2 - \varphi)^2[(s/S)(1-s/S)] - \\
&- 2,2859\varphi^3(\pi/2 - \varphi)^3[(s/S)(1-s/S)]^2. \quad (35)
\end{aligned}$$

Непосредственной проверкой можно установить, что построенная функция $u = u(\varphi, s)$ не имеет экстремума в рассматриваемой области, что соответствует теореме о максимуме гармонической функции [2, 5].

Вид разверток сечений поверхности функции температуры $u = u(\varphi, s)$ по углу φ , для $s = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ и $\varphi = \varphi_i (i = 1, 2, \dots, 21)$ приведен на рис. 2. Для $s = 0$ и $s = 1$ сечения поверхности $u = u(j, s)$ представляют собой, соответственно, граничные функции $f_1(j)$ и $f_2(j)$. Следует отметить, что секущие координатные поверхности $s = \text{const}$ не являются плоскостями. Поэтому точки близких значений температур кривых на рис. 2 ($\varphi \approx 1,1781$) имеют различные значения полярного угла ψ для различных точек и не

совпадают на физической плоскости OXY рис. 1. Значение полярного угла ψ определяется формулой

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{s \sin \omega + \rho \sin \varphi}{s \cos \omega + \rho \cos \varphi}. \quad (36)$$

В качестве второго примера применения изложенной методики рассматривалась эллиптическая труба с размерами: $a = 4$; $b = 2$; $S = 1$; $N_j = 20$; $N_s = 5$ и граничными функциями, принимающими постоянные значения при $s = 0$ и $s = S$, соответственно:

$$f_1(\varphi) = 20; f_2(\varphi) = 5. \quad (37)$$

Из равенств (37) и формулы (25) следует, что на границах области $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi/2$ функция температуры $u = u(\varphi, s)$ линейна по переменной s .

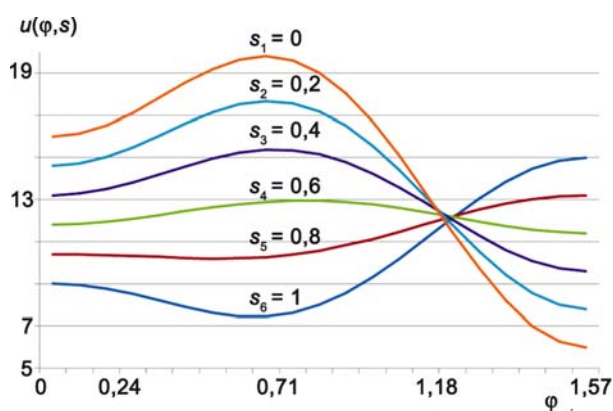


Рис. 2. Вид разверток сечений поверхности функции температуры $u = u(\varphi, s)$ по углу φ , для $s = 0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0$ и $\varphi = \varphi_i$ ($i = 1, 2, \dots, 21$)
Fig. 2. Type of scans of surface sections of function of temperature $u = u(\varphi, s)$ for a corner φ , for $s = 0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0$ and $\varphi = \varphi_i$ ($i = 1, 2, \dots, 21$)

Для принятых численных значений параметров задачи и граничных функций (37) функционал $I(u)$ (26) имеет вид

$$I(u) = I_0 + 0,121321a_1^2 + 0,00202a_2^2 + 1,4392a_1 + 0,12515a_2 + 0,02061a_1a_2. \quad (38)$$

В соответствии с используемым методом Ритца из условия минимума функционала (37) находятся значения варьируемых коэффициентов:

$$a_1 = -5,8237; a_2 = -1,2693. \quad (39)$$

Подставляя найденные значения коэффициентов (39) в (25), находим вид приближенного решения (12) при граничных функциях (37):

$$u(\varphi, s) = [5s/S + 20(1-s/S)] - 5,8237\varphi^2(\pi/2 - \varphi)^2[(s/S)(1-s/S)] - 1,2693\varphi^3(\pi/2 - \varphi)^3[(s/S)(1-s/S)]^2. \quad (40)$$

Вид развертки сечения поверхности функции температуры, $u = u(\varphi, s)$ (40) по углу φ , для $s = 0,4$ и $\varphi = \varphi_i$ ($i = 1, 2, \dots, 21$) приведен на рис. 3.

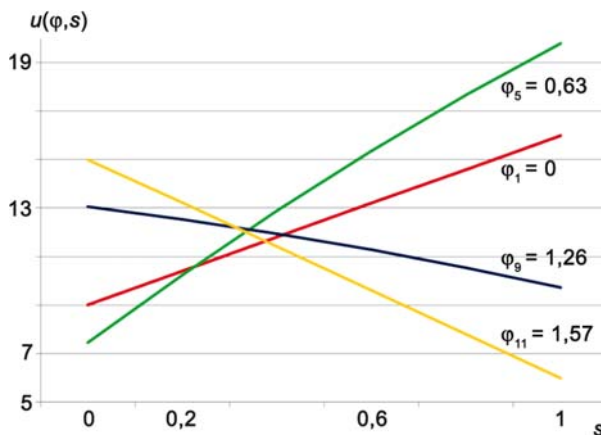


Рис. 3. Вид разверток сечений поверхности температуры $u = u(\varphi, s)$ координатными поверхностями $\varphi = 0; 0.63; 1.26; 1.57$
Fig. 3. Type of scans of sections of the surface temperature $u = u(\varphi, s)$ of the coordinate surfaces $\varphi = 0; 0.63; 1.26; 1.57$

Более общий вид квадратичного функционала, минимум которого позволяет обеспечить одновременное выполнение уравнения теплопроводности с внутренними источниками тепла и граничных условий первого, второго и третьего рода на отдельных участках внешней поверхности тела, имеет вид [5-7]

$$I(u) = \int_V [\bar{\nabla}(u) \cdot \bar{\nabla}(u) - 2\psi(q^i)u] dv + \int_{\Sigma} [2uf(q^i) + u^2g(q^i)] d\sigma, \quad (41)$$

где V – рассматриваемый объем тела, ограниченный кусочно-гладкой поверхностью Σ ; q^i ($i = 1, 2, 3$) – используемая криволинейная система координат; $\psi(q^i)$ – мощность внутренних источников тепла в стенке трубы; $f(q^i)$ и $g(q^i)$ – заданные на элементах поверхности трубы функции.

Заключение

Рассмотрен вариант приближенного построения решения стационарного уравнения теплопроводности при отсутствии внутренних источников тепла в стенке эллиптического сечения постоянной толщины вариационным методом. В качестве примера использования предложенной расчетной схемы получены решения при граничных условиях первого рода. Предложенный подход позволяет проводить приближенный расчет полей температур и тепловых потоков при нагреве в заготовках и поковках при изготовлении труб эллиптического сечения постоянной толщины и корпусов задвижек высокого давления эллипсоидальной формы.

Список литературы

1. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии. М.: Наука, 1968.
2. Смирнов В.И. Курс высшей математики. М.: Изд. Физ.-мат. литературы, 1962. Т. 2.
3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966.
4. Арфкен Г. Математические методы в физике. М.: Атомиздат, 1970.
5. Михлин С.Г. Численная реализация вариационных методов. М.: Наука, 1966.
6. Эльсгольц Л.Э. Вариационное исчисление. Изд. 2-е. М.: Гос. Изд-во технико-теоретической лит-ры, 1958.
7. Шехтер Р.С. Вариационный метод в инженерных расчетах. М.: Мир, 1971.

References

1. Aleksandrov P.S. Lekcii po analitičeskoj geometrii. M.: Nauka, 1968.
2. Smirnov V.I. Kurs vysšej matematiki. M.: Izd. Fiz.-mat. literatury, 1962. T. 2.
3. Tihonov A.N., Samarskij A.A. Uravneniâ matematičeskoj fiziki. M.: Nauka, 1966.
4. Arfken G. Matematičeskie metody v fizike. M.: Atomizdat, 1970.
5. Mihlin S.G. Čislennaâ realizaciâ variacionnyh metodov. M.: Nauka, 1966.
6. Èl'sgol'c L.È. Variacionnoe isčislenie. Izd. 2-e. M.: Gos. Izd-vo tehniko-teoretičeskoj lit-ry, 1958.
7. Šehter R.S. Variacionnyj metod v inženernyh rasčetah. M.: Mir, 1971.

Транслитерация по ISO 9:1995



ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ УСЛОВНОГО ТОПЛИВА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Н.В. Ершов, А.В. Машков

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В настоящей работе в качестве альтернативы базовому методу расчета фактических и прогнозируемых значений удельных расходов условного топлива (УРУТ) рассмотрена возможность использования методов математической статистики в качестве основы для создания алгоритма прогнозирования УРУТ на ТЭЦ. Предлагаемый метод основан на построении статистических математических моделей расчета прогнозных значений УРУТ в виде соответствующих уравнений нелинейной множественной регрессии и позволяет решить проблемы оперативного прогноза УРУТ в режиме реального времени.

Ключевые слова: удельный расход условного топлива, методы математической статистики, уравнение регрессии.

STUDY THE POSSIBILITY OF PREDICTING SPECIFIC CONSUMPTION OF CONDITIONAL FUEL IN THERMAL POWER PLANTS USING STATISTICAL METHODS

N.V. Yershov, A.V. Mashkov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

In this paper, alternatively, the underlying method of calculation of the actual and predicted values of specific consumption of conditional fuel (SCCF), considered the possibility of using the methods of mathematical statistics as the basis for creating the prediction algorithm SCCF in CHP plants. The proposed method is based on the construction of statistical mathematical models of calculation of forecast values SCCF in the respective equations of nonlinear multiple regression and allows to solve problems of operational forecast SCCF in real time.

Keywords: specific consumption of conditional fuel, methods of mathematical statistics, regression equation.



*Никита
Владимирович
Ершов
Nikita V. Yershov*

Сведения об авторе: машинист центрального теплового щита управления паровыми турбинами в ООО «Лукойл-Волгоградэнерго» Волжская ТЭЦ-2.
Образование: ВФ МЭИ.

Information about author: engineer of Central heating control panel steam turbines of "LUKOIL-Volgogradenergo" Volga HPP-2.
Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute.



Александр Васильевич
Машков
Alexander V. Mashkov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Саратовский госуниверситет (1972).

Область научных интересов: нелинейная теория упругости высокоэластических материалов, теория теплопроводности в твердых телах, методы математической статистики в моделировании процессов теплоэнергетики.

Публикации: более 60.

Information about author: Ph.D. (Tech.), associate professor, professor of the Department of «Heat power engineering and heat engineering» Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Saratov State University (1972).

Research area: nonlinear elasticity highly elastic materials, the theory of heat conduction in solids, statistical methods in modeling of the processes of heat and power engineering.

Publications: more than 60.

Введение

В настоящее время работа поставщиков электрической энергии (ТЭЦ или энергосистем) на оптовом рынке электрической энергии и мощности (ОРЭМ) требует оперативной (на сутки, двое или трое вперед) оценки топливной составляющей себестоимости производимой электрической энергии, так как именно по этому критерию из условия минимизации стоимости электрической энергии системным оператором осуществляется выбор поставщиков. Точность прогноза топливной составляющей себестоимости электрической энергии в режиме реального времени является определяющим фактором финансового результата работы ТЭЦ. В свою очередь топливная составляющая себестоимости рассчитывается по величине удельных расходов условного топлива (УРУТ) на производство электрической энергии. Тем самым качество оперативного прогноза величин УРУТ определяет, будет ли принята системным оператором ОРЭМ ценовая заявка ТЭЦ на участие в торгах, а также принесет ли участие в торгах прибыль или убыток.

Анализ

Ошибка в прогнозе УРУТ приводит:

- к необоснованному занижению ценовой заявки от ТЭЦ и продаже энергии по цене ниже относительного прироста стоимости расхода условного топлива, что в итоге приводит к убыткам;

- к ошибочному завышению ценовой заявки, что приводит к снижению конкурентоспособности станции на ОРЭМ, снижению эффекта от продажи электроэнергии и как следствие – к упущенной выгоде.

В качестве базовой методики расчета фактических значений и прогнозирования УРУТ рассматривалась методика определения нормативов УРУТ на ТЭЦ, разработанная фирмой ОРГРЭС и утвержденная Министерством энергетики РФ [1].

Расчет фактических и прогнозируемых значений УРУТ по расчетному макету [1] требует задания дос-

товерных технических характеристик работающего оборудования. Проведенный анализ методики [1] показал, что используемый в ней алгоритм имеет ряд источников погрешностей, связанных с использованием устаревших энергетических характеристик оборудования, погрешностей определения объемов потоков пара и воды в технологической схеме, использованием системы коэффициентов, задаваемых в виде диапазонов их значений, и др.

В настоящей работе в качестве альтернативы базовому методу расчета фактических и прогнозируемых значений УРУТ [1] рассматривается возможность использования методов математической статистики в качестве основы для создания алгоритма прогнозирования УРУТ на ТЭЦ. Предлагаемый метод основан на построении статистических математических моделей расчета прогнозных значений УРУТ в виде соответствующих уравнений нелинейной множественной регрессии и позволяет решить проблемы оперативного прогноза УРУТ в режиме реального времени.

Основными положениями, которые используются в данной работе при построении математических статистических моделей, являются:

- 1) множественный корреляционный анализ для оценки уровня статистической связи между независимыми факторами и параметрами задачи;
- 2) регрессионный анализ для построения уравнений регрессии;
- 3) дисперсионный анализ для оценки адекватности построенных моделей в форме квадратичных уравнений регрессии.

Основными расчетными величинами являются коэффициенты корреляции, коэффициенты полученных уравнений регрессии, а также величины среднеквадратических отклонений, рассчитанных по уравнениям регрессии значений параметров и дисперсии воспроизводимости расчета УРУТ по макету [1].

В настоящей работе для построения уравнений регрессии для УРУТ на производство электрической энергии (b_e) и производство тепловой энергии ($b_{тп}$) используются статистические выборки фактических

данных одной из ТЭЦ. Обработка материалов выборок и все основные расчеты проведены по соотношениям и зависимостям математической статистики, приведенным в работах [2-4].

Результаты и их обсуждение

Построение уравнений регрессии производилось в среде Microsoft Excel. При выборе методологии расчета использовались результаты работ [5, 6].

В качестве расчетных параметров были приняты фактические значения УРУТ на электрическую ($b_э$) и тепловую энергию ($b_{тэ}$). На первом этапе в качестве независимых факторов приняты: выработка электрической энергии по теплофикационному ($\mathcal{E}_{тф}$) и конденсационному ($\mathcal{E}_{кн}$) циклу; отпуск тепловой энергии в паре ($Q_{пар}$) и теплофикационной воде ($Q_{вода}$); вакуум в конденсаторах турбоагрегатов (W); температура циркуляционной воды на входе в конденсатор турбины ($T_{ц.в}$); температуры холодного воздуха ($T_{хол.возд}$) и уходящих газов ($T_{ух.г}$) перед и после котлоагрегата соответственно.

На основе обработки данных выборки были найдены парные коэффициенты корреляции между параметрами и отдельными факторами, а также множественные коэффициенты корреляции между параметрами и парными взаимодействиями факторов. Оценка значимости коэффициентов корреляции проводилась при доверительной вероятности 0,95 по формуле [2]

$$r_{кр} = \frac{t_p}{\sqrt{t_p^2 + n - 2}},$$

где t_p – значение t -критерия Стьюдента, определяемое вероятностью ошибки опыта и объемом выборки данных; n – объем выборки данных.

На основе проведенного корреляционного анализа в уравнения регрессии был введен ряд независимых факторов и их совокупностей. Значения коэффициентов корреляции между $b_э$, $b_{тэ}$ и выбранной совокупностью двух базовых факторов представлены в таблице.

Оценка адекватности полученных уравнений регрессии и результатов расчета достигалась сравнением полученных расчетных значений с фактическими (исходными данными выборок) значениями УРУТ в режиме прогноза. Объем выборки составил 36 значений (среднемесячные значения параметров за 3 года).

По параметру ($b_э$) среднее квадратическое отклонение расчетных данных от фактических составило $\sigma_R = 99,1$. По параметру ($b_{тэ}$) среднее квадратическое отклонение расчетных данных от фактических составило $\sigma_R = 11,3$.

Оценка дисперсии воспроизводимости фактических значений УРУТ по макету [1] принималась при уровне погрешности $\pm 1\%$.

Значения критерия Фишера для ($b_э$) составило $F_{расч} = 2,15$, а для ($b_{тэ}$) – $F_{расч} = 1,19$.

Значения коэффициентов корреляции между $b_э$, $b_{тэ}$, независимыми факторами и совокупностью двух базовых факторов

The values of correlation coefficients between $b_э$, $b_{тэ}$, independent factors and the combination of two basic factors

Независимые факторы	Коэффициент корреляции, r	
	$b_э$	$b_{тэ}$
$\mathcal{E}_{тф}$	0,858	0,849
$\mathcal{E}_{кн}$	0,671	0,611
$Q_{пар}$	0,862	0,859
$Q_{вода}$	0,856	0,849
W	0,593	0,581
$T_{ц.в}$	0,791	0,802
$T_{хол.возд}$	0,82	0,834
$Q_{вода} T_{хол.возд}$	0,806	0,802
$\mathcal{E}_{тф} W$	0,858	0,849
$\mathcal{E}_{тф} T_{ц.в}$	0,829	0,819
$Q_{пар} W$	0,864	0,859
$Q_{пар} T_{ц.в}$	0,839	0,836
$Q_{вода} W$	0,856	0,849
$Q_{вода} T_{ц.в}$	0,835	0,83
$T_{хол.возд} W$	0,811	0,826
$T_{хол.возд} T_{ц.в}$	0,825	0,844

На основе полученных значений критерия Фишера при уровне доверительной вероятности 0,95 можно принять гипотезу, что полученные уравнения регрессии адекватно описывают фактические данные и могут использоваться для прогноза значений ($b_э$) и ($b_{тэ}$).

Сопоставление расчетных, прогнозных и фактических значений удельных расходов условного топлива на производство электрической энергии ($b_э$) приведено на рис. 1.

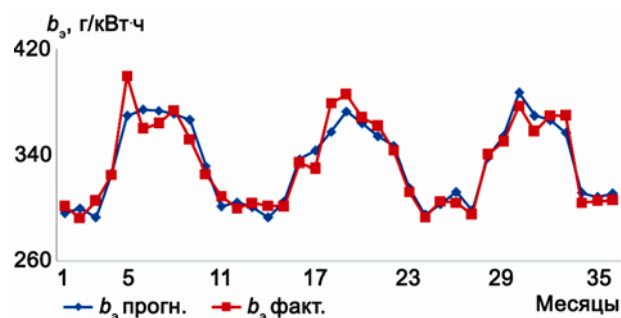


Рис. 1. Сопоставление значений прогнозных и фактических $b_э$, г/кВт·ч (36 месяцев, 2011-2013 г.)

Fig. 1. A comparison of the forecasted and actual values $b_э$, g/kWh (36 months, 2011-2013)

Максимальное отклонение расчетных значений b_3 от фактических составило $\Delta b_3^{\max} = 7,59\%$.

Среднее отклонение расчетных значений b_3 от фактических за 36 месяцев составило $\Delta b_3^{\text{cp}} = 2,24\%$.

Сопоставление расчетных прогнозных и фактических значений удельных расходов условного топлива на производство электрической энергии ($b_{т3}$) приведено на рис. 2.

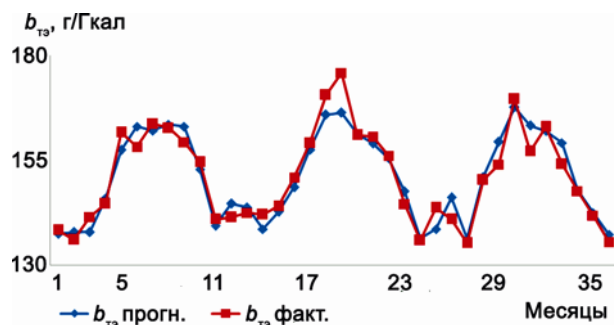


Рис. 2. Сопоставление значений прогнозных и фактических $b_{т3}$, г/Гкал (36 месяцев, 2011-2013 г.)
Fig. 2. A comparison of the forecasted and actual values $b_{т3}$, g/Gcal (36 months, 2011-2013)

Список литературы

1. Министерство энергетики РФ «Об утверждении порядка определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии». М.: «ОРГРЭС», 2008.
2. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975.
3. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971.
4. Вьюков И.Е., Зорин И.Ф., Петров В.П. Математические модели и управление технологическими процессами целлюлозно-бумажной промышленности // Лесная промышленность. 1975.
5. Машков А.В., Чубко Ю.М. О возможности использования статистических методов для оперативного прогнозирования удельных расходов условного топлива на ТЭЦ // Сборник материалов Межрегиональной научно-практической конференции. Волжский: Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2009.
6. Таран А.С. Управление режимами работы ТЭЦ в условиях оптового рынка электроэнергии России // Научный вестник НГТУ. 2012. № 3.

Максимальное отклонение расчетных значений $b_{т3}$ от фактических составило $\Delta b_{т3}^{\max} = 5,39\%$.

Среднее отклонение расчетных значений $b_{т3}$ от фактических за 36 месяцев составило $\Delta b_{т3}^{\text{cp}} = 1,69\%$.

Заключение

Используемые фактические значения УРУТ имеют явно выраженные выбросы [2, 3], положения которых соответствуют периодам отключения и включения теплосети и объясняются нестабильными режимами работы оборудования. В области устойчивых режимов осенне-зимнего максимума нагрузок максимальные выбросы для прогноза УРУТ не превосходят величины 2,5%, что позволяет сделать вывод о возможности и перспективности использования статистического подхода к оперативному прогнозированию УРУТ для ТЭЦ в режиме реального времени для подготовки ценовых заявок на РСВ (рынок «на сутки вперед») и балансирующем рынке.

В то же время из анализа полученных результатов и полученных величин отклонений следует, что для увеличения точности прогнозирования УРУТ целесообразна разработка двух моделей прогноза: для отопительного и неотопительного периодов.

References

1. Ministerstvo ènergetiki RF «Ob utverždenii porâdka opredeleniâ normativov udel'nogo rashoda topliva pri proizvodstve èlektričeskoj i teplovoj ènergii». M.: «ORGRES», 2008.
2. Kramer G. Matematičeskie metody statistiki. M.: Mir, 1975.
3. Rumšinskij L.Z. Matematičeskaâ obrabotka rezul'tatov èksperimenta. M.: Nauka, 1971.
4. V'ûkov I.E., Zorin I.F., Petrov V.P. Matematičeskie modeli i upravlenie tehnologičeskimi processami cellûlozno-bumažnoj promyšlennosti // Lesnaâ promyšlennost'. 1975.
5. Maškov A.V., Čubko Ū.M. O vozmožnosti ispol'zovaniâ statističeskikh metodov dlâ operativnogo prognozirovaniâ udel'nyh rashodov uslovnogo topliva na TÈC // Sbornik materialov Mežregional'noj naučno-praktičeskoj konferencii. Volžskij: Filial GOUVPO «MEI (TU)» v g. Volžskom, 2009.
6. Taran A.S. Upravlenie režimami raboty TÈC v usloviâh optovogo rynka èlektroènergii Rossii // Naučnyj vestnik NGTU. 2012. № 3.

Транслитерация по ISO 9:1995



НОВАЯ СХЕМА ЭФФЕКТИВНОЙ ГАЗОПАРОВОЙ УСТАНОВКИ***М.С. Иваницкий, А.Д. Грига, А.В. Благочиннов***

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
 404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
 Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В статье рассмотрены наиболее распространенные конструкции газотурбинных установок, эксплуатируемые в широком диапазоне режимных характеристик и климатических условий. Отмечены достоинства и недостатки схемных решений газопаровых установок.

Приведено описание новой схемы газопаровой установки, в которой рабочий процесс осуществляется в двух проточных частях энергетических газотурбинных установок, частично объединенных, с отдельными выходами газов. Пар генерируется в выходном потоке одной проточной части установки и подводится в проточную часть другой энергетической газотурбинной установки. Показано, что повышается эффективный КПД установки, увеличивается мощность. Тепловая схема ГПУ разработана с учетом современных экологических требований.

Отмечено, что вопрос о целесообразности улавливания введенных в камеру сгорания водяных паров не имеет универсального решения и определяется конкретными условиями работы вновь сооружаемых или реконструируемых ТЭС.

Ключевые слова: газопаровая установка, генерация пара, мощность, котел-утилизатор.

THE NEW SCHEME EFFECTIVE GAS-STEAM INSTALLATION***M.S. Ivanitskii, A.D. Griga, A.V. Blagochinnov***

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
 69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
 Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The article describes the most common design of gas turbine units operated in a wide range of performance characteristics and climatic conditions. The advantages and disadvantages schematics of gas-steam units.

The description of the new scheme of gas turbine installations in which the working process is carried out in two flow-through units of power gas turbines, partially combined, with separate outputs gases. Steam is generated in the output stream of one flow-through part of the installation and is supplied to the flow path of the other energy gas turbine power plant. Shown that increases the effective efficiency of the plant increases capacity. Thermal scheme of the GPU designed to meet modern environmental requirements.

Observed that the question whether the capture is introduced into the combustion chamber water vapor does not have a universal solution and is determined by the specific working conditions of newly built or renovated power station.

Keywords: gas-steam-turbine facility, steam generation, power, the recovery boiler.



*Максим Сергеевич
 Иваницкий
 Maxim S. Ivanitskii*

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 47.

Author information: Ph.D., associate professor of department "Heat and Heat Engineering".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research interests: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 47.



Анатолий Данилович
Грига
Anatoliy D. Griga

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Харьковский авиационный институт (1961).

Область научных интересов: компрессоры, экология энергетики.

Публикации: более 200.

Author information: Ph.D., professor of "Heat and Heat Engineering".

Education: Kharkov Aviation Institute (1961).

Research area: compressors, ecology of energy.

Publications: more than 200.



Алексей Викторович
Благочиннов
Alexey V. Blagochinnov

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: ВФ МЭИ (2010).

Область научных интересов: газотурбинные установки.

Публикации: 3.

Author information: art. lecturer of department "Heat and Heat Engineering".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2010).

Research area: gas turbine plants.

Publications: 3.

Введение

Энергетическая отрасль страны нуждается в обновлении оборудования в условиях роста потребности тепла и наметившегося роста потребления электроэнергии. Тем самым угроза небаланса электрической мощности в период сезонного максимума нагрузки становится вполне реальной (небольшой расчетный дефицит тепловой мощности существует уже сегодня). При этом сохраняется огромный недостаток инвестиций, затрудняющий ввод новых мощностей, модернизацию действующего оборудования, освоение новых технологий. Крайне неблагоприятным фактором является сокращение поставок природного газа электростанциям, что также потребует значительных дополнительных капиталовложений в энергетику.

Важная задача для энергетических систем – выбора оптимальных в техническом и экономическом плане решений для предотвращения дефицита энергии.

Выбор таких решений потребовал проведения предварительного сравнительного технико-экономического анализа существующих технологий, их ранжирования по стоимости выработки электроэнергии, срокам окупаемости капитальных затрат, степени готовности к внедрению в энергетику.

Проанализируем энергоустановки, относящиеся к газопаровым установкам (ГПУ), в которых с целью уменьшения температуры газа перед турбиной до приемлемых значений в камеру сгорания впрыскивается водяной пар. В газотурбинных установках простого цикла это достигается за счет того, что в камеру сгорания (КС) подается от компрессора воздуха

больше, чем это требуется для сгорания топлива. Коэффициент избытка воздуха находится на уровне 2,0–2,5, поэтому для сжатия избыточного воздуха, т.е. воздуха, не участвующего в горении, затрачивается значительная доля работы турбины. Эту работу можно уменьшить, если уменьшить коэффициент избытка воздуха, что может быть достигнуто за счет ввода в цикл дополнительного рабочего тела, которое требует малых затрат энергии на его сжатие. Этому требованию отвечает пароводяное рабочее тело, которое сжимается в жидкой фазе и характеризуется относительно малой работой сжатия. Ввод пароводяной среды в газовый поток является средством повышения удельной работы установки. При этом относительный расход вводимой среды может достигать 50–60% по отношению к расходу воздуха. Соответственно этому увеличивается мощность и КПД ГТУ.

Газопаровые установки, в свою очередь, подразделяются на установки с впрыском пара (STIG) и установки с вводом в газовый тракт воды и пароводяной смеси (НАТ и СНАТ). В первом случае пар, генерируемый в котле-утилизаторе, вводится в проточную часть высокого давления после компрессора (в камеру сгорания). Во втором случае вода или пароводяная смесь испаряется в самом тракте высокого давления как до, так и после камеры сгорания. В обоих типах ГПУ предусматривается химическая очистка поступающей воды. При этом пары воды вместе с уходящими продуктами сгорания выбрасываются в атмосферу, что приводит к потере теплоты испарения и воды [1–3].

Парогазовая установка STIG

Существует парогазовая установка с впрыском вырабатываемого в котле-утилизаторе пара в камеру сгорания ГТУ и использованием парового охлаждения лопаточного аппарата. За рубежом эта технология получила название ПГУ-STIG (при наличии промежуточного охлаждения воздуха в компрессоре – ISTIG). После проведения проектными институтами сравнительного технико-экономического анализа существующих технологий более подготовленной к практической реализации оказалась технология ПГУ-STIG с впрыском пара. Областью ее преимущественного применения является замещение выводимых из эксплуатации работающих на газе паротурбинных блоков.

Рост мощности в ПГУ-STIG достигается увеличением расхода рабочего тела (впрыск пара в КС). Кроме того, исключается расход сжатого воздуха на охлаждение лопаток (замена воздушного охлаждения более эффективным паровым) использованием термодинамически более благоприятных свойств добавляемого пара.

Дополнительный выигрыш можно получить, если сработать часть потенциала перегретого пара высокого давления в противодавленческой паровой турбине-приводе компрессора с последующим возвратом пара в цикл ГТУ или применить вторичный подогрев рабочего тела ПТУ во второй (промежуточной) КС перед силовой турбиной.

Значительный резерв повышения удельной и абсолютной мощности установки содержится в использовании охлаждения воздуха в компрессоре (впрыском воды или с помощью поверхностного охладителя) с целью реализации квазиизотермического сжатия воздуха взамен адиабатического [3].

В теплофикационном варианте ПГУ-STIG вырабатываемый в котле-утилизаторе (КУ) пар может быть использован в технологических целях или для нужд теплофикации. При этом распределение пара между КС и производством определяется диспетчерским графиком и может варьироваться (в ограниченных пределах). Кроме того, для теплофикации может быть использовано физическое и скрытое тепло продуктов сгорания за КУ и физическое тепло, отданное воде в охладителе компрессора.

Необходимо подчеркнуть, что ввод пара в камеру сгорания существенно снижает эмиссию NO_x , особенно при воздействии высоких температур.

Преимуществами ПГУ-STIG по сравнению с традиционными ПТУ являются:

- высокий электрический КПД (51-55% по сравнению с 38-43% у ПТУ);
- более низкие (на 20-25%) капитальные затраты (они на 10-12% ниже, чем у ПТУ бинарного цикла);
- меньшая себестоимость электроэнергии (на 25-30%);
- более быстрая окупаемость инвестиций (в 2-3 раза);

- более простой состав оборудования, компактность, более низкие массогабаритные показатели;
- меньший срок ввода в эксплуатацию;
- улучшенные экологические характеристики.

Недостаток ПГУ-STIG – потеря с уходящими газами рабочего тела (воды), которую следует компенсировать подпиткой.

Энергетическая установка ПГУ – Водолей

В рассматриваемом варианте газопаротурбинной установки (ГПТУ) существенный резерв мощности скрыт в теплоте конденсации водяного пара, полученного в котле-утилизаторе ПГУ-STIG и введенного в качестве дополнительного рабочего тела в камеру сгорания ГТУ. Пар конденсируется в контактном конденсаторе, установленном по ходу газов вслед за теплофикационным (сетевым) подогревателем воды КУ в тракте ПТУ. Аппарат подобного типа в течение длительного времени успешно работает в ПГУ-STIG «Водолей» мощностью 25 МВт на стенде НПО Машпроект (г. Николаев).

Этого тепла в количественном отношении достаточно, чтобы обеспечить приемлемую тепловую мощность установки. Соотношение электрической и тепловой мощностей составит примерно 1:1, что позволяет оптимизировать теплофикационные возможности ТЭЦ, реконструируемой с помощью ПГУ-STIG.

Однако тепло, отводимое в контактном конденсаторе (КК), низкопотенциальное, поскольку для того чтобы обеспечить достаточно полную конденсацию водяных паров, вода, циркулирующая в контуре охлаждения контактного конденсатора, должна иметь невысокую температуру (не превышающую 25-30 °С). Повысить уровень температуры отводимого в КК тепла до температуры воды в напорном коллекторе теплосети позволяет теплонасосная установка.

Газотурбинная установка «Водолей-16» (ГТУ-16К) имеет целый ряд преимуществ по сравнению с предыдущими конструкциями такого типа. Среди главных – увеличение в 1,5 раза мощности, уменьшение на 25% расходов топлива и значительное снижение количества вредных выбросов в атмосферу. Такого эффекта удалось достичь путем внедрения новой схемы работы двигателя. Она состоит в использовании энергии уже отработанных в турбине продуктов сгорания топлива. В установке «Водолей-16» пар, произведенный в утилизационном котле, используется принципиально новым способом. На пути выпускных газов после утилизационного котла установлено еще одно устройство – контактный конденсатор, отбирающий влагу, которая всегда присутствует в продуктах сгорания топлива. Она превращается в утилизационном котле в пар и направляется в турбину, разделяясь по дороге на два потока. Первый (энергетический) попадает в камеру сгорания и дает возможность получить дополнительную мощность. Второй поток (экологический) поступает в топливные форсунки турбины и, в конечном счете, обеспе-



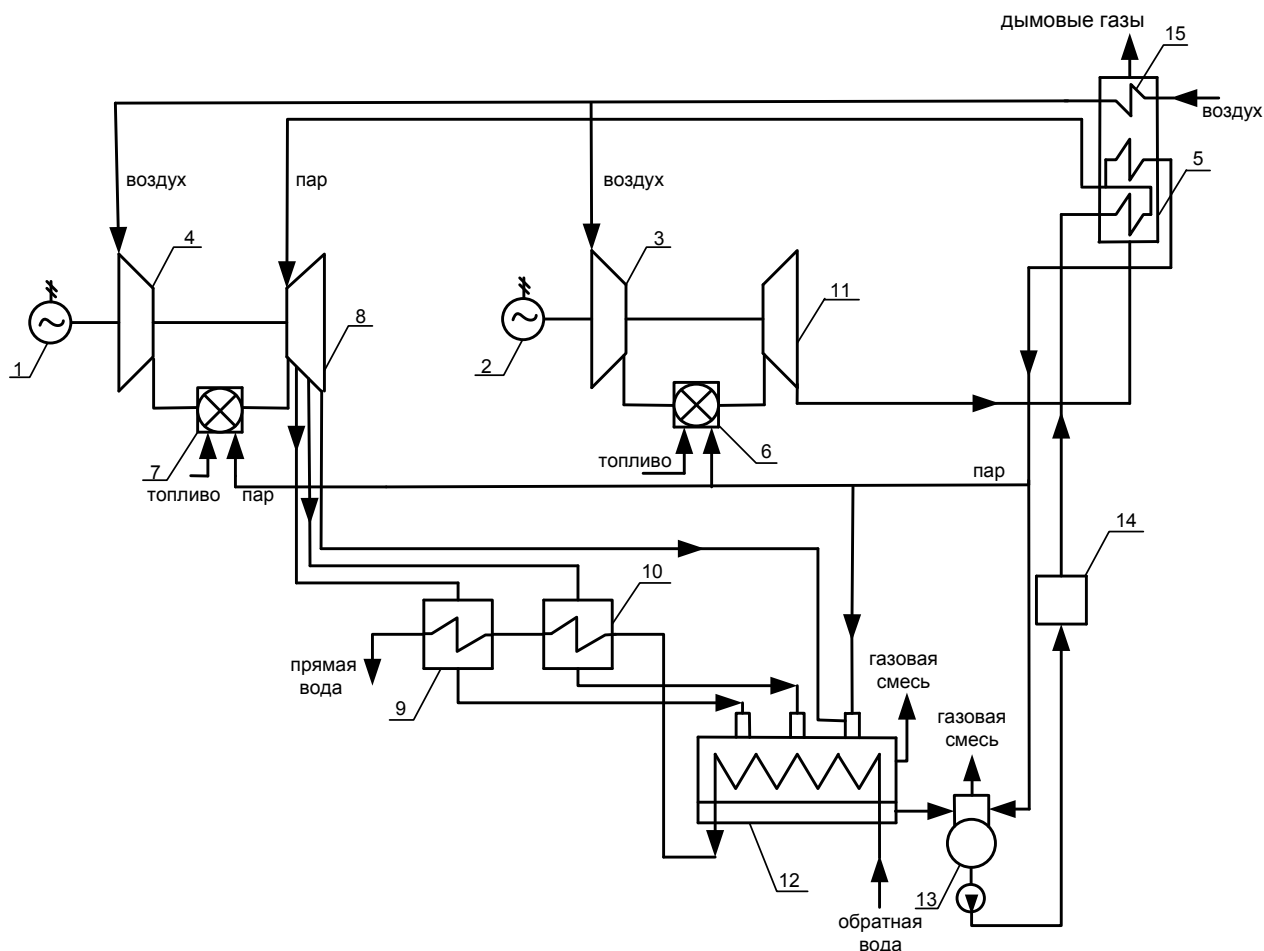
чивает резкое уменьшение вредных выбросов. Установка окупается за 3-4 года. Однако ее конструкция имеет потенциальные резервы. Сегодня срок эксплуатации газопаротурбинной технологии «Водолей» составляет около 30 тысяч часов, однако при серийном производстве создаются условия для дальнейшего совершенствования и обеспечения моторесурса установки до 50 тысяч часов.

В последние годы все большую популярность и развитие получают энергетические установки, сочетающие в себе газовый и пароводяной циклы. В их числе и парогазовые установки, в которых весь генерируемый в котле-утилизаторе пар направляется на впрыск в проточную часть газовой турбины и камеру сгорания, а полученная газопаровая смесь расширяется и совершает работу в турбине. Охлаждение этой смеси происходит по традиционной схеме в котле-утилизаторе. Поскольку водяной пар, содержащийся в газовой смеси, имеет высокое значение теплоты конденсации, невыгодно с точки зрения тепловой экономичности выбрасывать ее в окружающую среду, дополнительно при этом теряется и рабочее тело (вода), прошедшее соответствующую очистку.

Пиковая ГТУ на базе ГПУ с котлом-утилизатором двух давлений

Схема установки сочетает в себе технологии вышеперечисленных установок. Пар генерируется в котле-утилизаторе, а затем подводится в промежуточные ступени ГТУ для охлаждения дисков и лопаток рабочих колес. При этом увеличивается расход рабочей среды через проточную часть турбины (энергетический впрыск), а также в камеры сгорания (экологический впрыск). Конденсацию пара из продуктов сгорания осуществляют в двух сетевых подогревателях, в которых происходит нагрев сетевой воды для нужд теплового потребителя, и в трехступенчатом пароструйном эжекторе, в который подается пар из котла-утилизатора, образующийся при этом конденсат подвергают очистке в деаэраторе и конденсатоочистном устройстве, а затем направляют в котел-утилизатор.

Схема ГПТУ, реализующая указанный способ работы, представлена на рисунке.



Газопаровая турбоустановка
The gas-steam turbine plant

Газопаротурбинная установка состоит из двух независимых двигателей, которые включают потребителей мощности 1 и 2, компрессоры 3 и 4, котел-утилизатор двух давлений 5, камеры сгорания 6 и 7, газовую турбину 8, два сетевых подогревателя 9 и 10, газопаровую турбину 11, трехступенчатый пароструйный эжектор 12, деаэратор 13, противоточное конденсатоочистное устройство 14 и воздухоподогреватель 15.

Работа газопаротурбинной установки осуществляется следующим образом. Компрессоры обоих двигателей 3 и 4 всасывают предварительно подогретый в воздухоподогревателе 15 воздух, сжимают его и подают в камеры сгорания 6 и 7, а продукты сгорания ГТУ расширяются в турбинах 8 и 11. Получаемая при расширении избыточная мощность передается потребителям 1 и 2. На выхлопе турбины 11 размещен котел-утилизатор двух давлений 5, испаряющий подаваемую в него воду за счет утилизации остаточного тепла выхлопных газов, причем пар, полученный в первом контуре котла-утилизатора 5, подводится в промежуточные ступени ГПТУ 8 для охлаждения дисков и лопаток рабочих колес, а пар более высоких параметров, полученный во втором контуре, направляется в турбину для увеличения расхода рабочей среды через турбину (энергетический впрыск) и в камеры сгорания 6 и 7 (экологический впрыск) при соотношении расхода пара к расходу топлива не более 0,2. Часть пара подается на трехступенчатый пароструйный эжектор 12 и деаэратор 13. При этом концентрация пара в выхлопном потоке турбины 8 получается повышенной. Два отбора ГПТУ на сетевые подогреватели 9 и 10 позволяют нагреть воду для потребителя и сконденсировать часть подводимого пара в ГПТУ. Газовая

смесь после трехступенчатого пароструйного эжектора 12 и деаэратора 13 направляется на выхлоп. Пароводяная смесь с подогревателями 9 и 10 поступает в конденсационную установку для полной конденсации паров. Весь конденсат направляется в противоточное конденсатоочистное устройство 14, где очищается от примесей и направляется в котел-утилизатор двух давлений.

Выводы

По совокупности теплотехнических характеристик и величины капитальных затрат ГПУ обеспечивают более низкую стоимость производства электроэнергии в сравнении с бинарными установками, имеют относительно простую тепловую схему и обеспечивают более быстрый возврат капитала.

ГПУ в сочетании с теплофикационной установкой могут обеспечивать базовую часть сезонного графика тепловой нагрузки. Они, как и бинарные теплофикационные ПГУ, должны быть дополнены пиковыми водогрейными котлами, или их котлы-утилизаторы должны иметь возможность сжигать дополнительное топливо.

Вопрос о целесообразности улавливания введенных в камеру сгорания водяных паров не имеет универсального решения и определяется конкретными условиями работы вновь сооружаемых или реконструируемых ТЭС.

Разработка тепловых схем и малотоксичных камер сгорания ГПУ с учетом современных экологических требований является одним из приоритетных направлений «Энергетической стратегии развития России до 2030 года».

Список литературы

1. Стырикович М.А., Фаворский О.Н., Батенин В.М. Парогазовая установка с впрыском пара: возможности и оптимизация параметров цикла // Теплоэнергетика. 1995. № 10. С. 52-57.
2. Батенин В.М. и др. Парогазовая установка с вводом пара в газовую турбину – перспективное направление развития энергетических установок // Теплоэнергетика. 1993. № 10. С. 46-52.
3. Цанев С.В., Буров В.Д., Земцов А.С., Осыка А.С. Газотурбинные энергетические установки. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.

References

1. Styrikovič M.A., Favorskij O.N., Batenin V.M. Parogazovaâ ustanovka s vpryskom para: vozmožnosti i optimizaciâ parametrov cikla // Teploënergetika. 1995. № 10. S. 52-57.
2. Batenin V.M. i dr. Parogazovaâ ustanovka s vvodom para v gazovuû turbinu – perspektivnoe napravlenie razvitiâ ènergetičeskikh ustanovok // Teploënergetika. 1993. № 10. S. 46-52.
3. Canev S.V., Burov V.D., Zemcov A.S., Osyka A.S. Gazoturbinnye ènergetičeskie ustanovki. M.: Izdatel'skij dom MÈI, 2011.

Транслитерация по ISO 9:1995



О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ЭНЕРГООБЛОКАМИ С РАЗНЫМИ ВИДАМИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

В.С. Кузеванов, М.М. Султанов

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В работе сформулирован критерий целесообразности переброса тепловой и (или) электрической нагрузок с одного энергоблока на другой, если эти энергоблоки работают на разных видах топлива. Рассмотрена ситуация, когда стоимость топлива изменилась и (или) изменились штрафные санкции за вредные выбросы с продуктами сгорания топлива. На простых примерах продемонстрирована работоспособность алгоритма расчета экономически целесообразных изменений в распределении тепловой и электрической нагрузок между турбоагрегатами.

Ключевые слова: электрическая нагрузка, тепловая нагрузка, турбоагрегат, теплофикационный отбор, промышленный отбор, стоимость топлива, вредные выбросы.

ABOUT DISTRIBUTION OF LOADS BETWEEN POWER UNITS WITH DIFFERENT TYPES OF ORGANIC FUEL

V.S. Kuzevanov, M.M. Sultanov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

This paper shows the reasonableness of redistribution of heat and (or) electric loads from one power equipment to another when that equipment uses different types of fuel. The situation had been reviewed when the fuel cost and (or) the fine sanctions for emissions with combustion products had been changed. Basic examples demonstrate working capacity of calculation algorithm of economically profitable changes in redistribution of heat and electric loads between turbine equipment.

Keywords: electric load, heat load, turbine equipment, thermal-clamping selection, industrial selection, fuel cost, emissions.



Вячеслав Семенович
Кузеванов
Vyacheslav S.
Kuzevanov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».
Образование: МЭИ (1971).
Область научных интересов: тепловая и атомная энергетика, ресурсосбережение, моделирование технологических процессов.
Публикации: 149.

Author information: Dr. Sci (Tech.), professor of Thermal Engineering and Heat Engineering Department Volzhskiy Branch of Moscow Power Engineering Institute.
Education: Moscow Power Engineering Institute (1971).
Research interests: thermal and nuclear energy, resource conservation, modeling of technological processes.
Publications: 149.



Махсуд Мансурович
Султанов
Magsud M. Sultanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».
Образование: ВФ МЭИ (2001).
Область научных интересов: исследование и оптимизация режимов работы ТЭС.
Публикации: 27.

Author information: Ph.D., associate professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky Branch of MPEI.
Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2001).
Research interests: the study and optimization of thermal power plant operation.
Publications: 27.

Рассмотрим задачу об алгоритме принятия решения о перебросе электрической и (или) тепловой мощности с одного генерирующего объекта (индекс «1») на другой (индекс «2»). Эти два объекта различаются между собой видом топлива, используемого в котлах, и (или) совершенством очистных устройств по тракту дымовых газов (продуктов сгорания топлива), уровнем эффективности турбогенераторов (выработанным ресурсом). Предполагается, что такое перераспределение нагрузок возможно вследствие неполной загрузки объектов генерации электрической и тепловой энергии.

Такой вопрос – вопрос о целесообразности перераспределения нагрузок – неизбежно возникает при изменении стоимости конкретного вида топлива, замене топлива на резервное и (или) увеличении штрафных санкций вследствие негативного воздействия на окружающую среду при выбросах продуктов сгорания топлива.

Для наглядности предлагаемого алгоритма рассмотрим вариант, когда генерирующие объекты «1» и «2» являются моноблоками или имеют только по одному турбогенератору для оперативного приема или сброса нагрузки.

Обозначим s – стоимость энергетической единицы топлива, руб/(МВт·ч), а B – эквивалентный расход топлива: $B = \tilde{B}Q_{т.с}$, МВт, где $\tilde{B}$ – расход топлива, т/ч или м³/ч; $Q_{т.с}$ – удельная теплота сгорания топлива, МВт·ч/т или МВт·ч/м³.

Обозначим b – удельные выплаты за негативное воздействие на окружающую среду, руб/(МВт·ч), фиксируемые для источника выброса вредных веществ индивидуально.

Тогда общие затраты генерирующих объектов «1» и «2» в единицу времени на топливо и штрафные выплаты

$$S_{\text{общ}} = B_1(s_1 + b_1) + B_2(s_2 + b_2). \quad (1)$$

Пусть объекты функционируют в приемлемом варианте исходного распределения нагрузок: электрической $N_3 = N_{3,1} + N_{3,2}$ и тепловой $Q_T = Q_{т,1} + Q_{т,2}$.

Пусть параметры s_1, b_1, s_2, b_2 изменились – все или часть из них, причем по объекту «2» (s_2 и/или b_2) – обязательно. Будем считать приоритетом значение $S_{\text{общ}}$. Тогда при изменении (увеличении) s_1, b_1, s_2, b_2 необходимо менять B_1 и B_2 так, чтобы было выполнено условие сохранения или уменьшения $S_{\text{общ}}$.

То есть

$$\Delta S_{\text{общ}} = B_1 \Delta \gamma_1 + \gamma_1 \Delta B_1 + B_2 \Delta \gamma_2 + \gamma_2 \Delta B_2 \leq 0, \quad (2)$$

где $\gamma = s + b$.

Если в исходном состоянии $\gamma_1/\gamma_2 = k$, а в момент принятия решения $\Delta \gamma_1/\Delta \gamma_2 = m$, то (2) может быть записано так:

$$\frac{1}{\gamma_2} \Delta S_{\text{общ}} = k \Delta B_1 + \Delta B_2 + (B_1 m + B_2) \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \leq 0. \quad (3)$$

Воспользуемся данными работы [1], где показано, что расход топлива, отнесенный к конкретному турбоагрегату, можно представить как

$$B = \bar{\alpha} + \bar{\beta} N_3 + \bar{\chi} Q_T, \quad (4)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \bar{\alpha} &= B^{\text{ном}} - c(N_3^{\text{ном}}/\tilde{\eta}^{\text{ном}} + Q_T^{\text{ном}}); \\ \bar{\beta} &= c/\tilde{\eta}; \\ \bar{\chi} &= c \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

причем c – константа, определяемая по трем режимам работы турбоагрегата – номинальному (индекс «ном»), произвольному (базовому) и конденсационному, полученному при переходе с базового режима.

Из (4), с учетом (5) для $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ и $\bar{\chi}$, получаем

$$\begin{aligned} \Delta B &= N_3 c \Delta(1/\tilde{\eta}) + c(1/\tilde{\eta}) \Delta N_3 + c \Delta Q_T = \\ &= c \{ N_3 \Delta(1/\tilde{\eta}) + (1/\tilde{\eta}) \Delta N_3 + \Delta Q_T \}. \end{aligned}$$

И, переходя к общей записи (3), будем иметь:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\gamma_2} \Delta S_{\text{общ}} = & \\ = k c_1 \{ N_{\text{э},1} \Delta(1/\tilde{\eta}_1) + (1/\tilde{\eta}_1) \Delta N_{\text{э},1} + \Delta Q_{\tau,1} \} + & \\ + c_2 \{ N_{\text{э},2} \Delta(1/\tilde{\eta}_2) + (1/\tilde{\eta}_2) \Delta N_{\text{э},2} + \Delta Q_{\tau,2} \} + & \\ + (B_1 m + B_2) \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \leq 0. & \quad (6) \end{aligned}$$

Будем считать, что потребности внешних объектов в электрической и тепловой энергии не изменяются. Тогда $\Delta N_{\text{э},1} = -\Delta N_{\text{э},2}$ и $\Delta Q_{\tau,1} = -\Delta Q_{\tau,2}$.

$$\begin{aligned} \frac{1}{\gamma_2} \Delta S_{\text{общ}} = & \\ = k c_1 \{ -N_{\text{э},1} \Delta \tilde{\eta}_1 / \tilde{\eta}_1^2 + (1/\tilde{\eta}_1) \Delta N_{\text{э},1} + \Delta Q_{\tau,1} \} + & \\ + c_2 \{ (N_{\text{э},1} - N_{\text{э}}) \Delta \tilde{\eta}_2 / \tilde{\eta}_2^2 - (1/\tilde{\eta}_2) \Delta N_{\text{э},1} - \Delta Q_{\tau,1} \} + & \\ + (B_1 m + B_2) \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \leq 0. & \quad (7) \end{aligned}$$

Согласно данным работы [1], коэффициент $\tilde{\eta}$ характеризует специфику проточной части турбоагрегата, степень участия разных отборов в обеспечении отпуска тепла и параметры точек отбора, отражая относительную эффективность отпуска потребителям тепла по сравнению с отпуском электроэнергии. Этот коэффициент изменяется, если меняется долевое участие $\varepsilon_j = Q_j / Q_{\tau}$ любого отбора j в общем отпуске тепла Q_{τ} потребителям, а также если меняются начальные и (или) конечные параметры рабочего цикла.

Запишем $\tilde{\eta}$ в модельном представлении [1]:

$$\tilde{\eta} = \bar{\eta}_0 \sum_{j=1}^n \kappa_j \varepsilon_j, \quad (8)$$

где $\bar{\eta}_0$ – константа, определяемая по параметрам двух режимов работы турбоагрегата – базового и конденсационного; $\kappa_j = \frac{1 - T_k / \tilde{\gamma} T_j}{1 - T_k / T_0}$; $\tilde{\gamma}$ – поправочный коэффициент; n – число отборов пара.

Будем считать, что при перебросе нагрузки начальные параметры перегретого пара и давления в конденсаторах турбоагрегатов не изменяются.

Тогда $\kappa_j = \text{const}$ и

$$\Delta \tilde{\eta} = \bar{\eta}_0 \sum_{j=1}^n \kappa_j \Delta \varepsilon_j, \quad (9)$$

В итоге, подставляя (9) в (7), будем иметь условие целесообразности каких-либо перебросов электрической и (или) тепловой нагрузок в случае изменения цен на определенный вид топлива или ужесточения штрафных санкций на выброс вредных веществ в окружающую среду, а также при переходе отдельных энергоблоков на другой вид топлива:

$$\begin{aligned} \frac{k c_1}{\tilde{\eta}_1} \left\{ -N_{\text{э},1} \frac{\sum_{j=1}^{n_1} (\kappa_j \Delta \varepsilon_j)_1}{\sum_{j=1}^{n_1} (\kappa_j \varepsilon_j)_1} + \Delta N_{\text{э},1} + \tilde{\eta}_1 \Delta Q_{\tau,1} \right\} + & \\ + \frac{c_2}{\tilde{\eta}_2} \left\{ (N_{\text{э},1} - N_{\text{э}}) \frac{\sum_{j=1}^{n_2} (\kappa_j \Delta \varepsilon_j)_2}{\sum_{j=1}^{n_2} (\kappa_j \varepsilon_j)_2} - \Delta N_{\text{э},1} - \tilde{\eta}_2 \Delta Q_{\tau,1} \right\} + & \\ + (B_1 m + B_2) \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \leq 0. & \quad (10) \end{aligned}$$

Заметим, что (10) можно назвать критерием целесообразности перераспределения нагрузки.

Таким образом, алгоритмом принятия решения будет расчет уровней перераспределяемых тепловой и электрической мощностей с выполнением критерия (10).

Продemonстрируем работоспособность предлагаемого алгоритма на простейших примерах.

Пусть турбоагрегат «1» и турбоагрегат «2» имеют только один отбор пара внешнему потребителю – промышленный или теплофикационный. Тогда $n_1 = n_2 = 1$, $\varepsilon_1 = 1$ и $\Delta \varepsilon_1 = 0$.

Для таких объектов (10) выглядит так:

$$\begin{aligned} \frac{k c_1}{\tilde{\eta}_1} (\Delta N_{\text{э},1} + \tilde{\eta}_1 \Delta Q_{\tau,1}) - \frac{c_2}{\tilde{\eta}_2} (\Delta N_{\text{э},1} + \tilde{\eta}_2 \Delta Q_{\tau,1}) + & \\ + (B_1 m + B_2) \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \leq 0. & \quad (11) \end{aligned}$$

Рассмотрим вариант, при котором $\Delta \gamma_1 = 0$ и анализируется целесообразность перераспределения только тепловой энергии. При этом из (11) следует

$$\Delta Q_{\tau,1} \geq B_2 \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \frac{1}{c_2 - \kappa c_1}, \quad (12)$$

Рассмотрим другой вариант, при котором $\Delta \gamma_1 = 0$, но анализируется целесообразность перераспределения только электрической энергии. При этом из (11) следует

$$\Delta N_{\text{э},1} \geq B_2 \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \frac{1}{c_2 / \tilde{\eta}_2 - \kappa c_1 / \tilde{\eta}_1}, \quad (13)$$

Элементарный анализ (12) и (13) позволяет сделать предварительный вывод о том, что условие целесообразности переброса тепловой нагрузки на турбоагрегат «1» отличается от условия переброса электрической энергии на тот же турбоагрегат:

- по тепловой энергии должно выполняться неравенство $c_2 > \kappa c_1$ при $\Delta \gamma_2 > 0$ и $c_2 < \kappa c_1$ при $\Delta \gamma_2 < 0$;
- по электрической энергии должно выполняться неравенство $c_2 / \tilde{\eta}_2 > \kappa c_1 / \tilde{\eta}_1$ при $\Delta \gamma_2 > 0$ и $c_2 / \tilde{\eta}_2 < \kappa c_1 / \tilde{\eta}_1$ при $\Delta \gamma_2 < 0$.



Естественно, что если $c_2 < kc_1$ ($\Delta\gamma_2 > 0$) и (или) $c_2/\tilde{\eta}_2 < kc_1/\tilde{\eta}_1$ ($\Delta\gamma_2 > 0$), то следует рассматривать вариант перераспределения тепловой энергии и (или) электрической энергии с передачей нагрузки на турбоагрегат «2».

При анализе целесообразности переброса нагрузок к условиям вида (12), (13) необходимо добавить дополнительные эксплуатационные требования:

$$\left. \begin{aligned} N_{\text{I}}^{\text{HOM}} - N_{\text{a},1} &> \Delta N_{\text{a},1} > -N_{\text{a},1}; \\ Q_{\text{r},1}^{\text{HOM}} - Q_{\text{r},1} &> \Delta Q_{\text{r},1} > -Q_{\text{r},1}; \\ N_{\text{a},2} &> \Delta N_{\text{a},2} > -(N_{\text{a},2}^{\text{HOM}} - N_{\text{a},2}); \\ Q_{\text{r},2} &> \Delta Q_{\text{r},2} > -(Q_{\text{r},2}^{\text{HOM}} - Q_{\text{r},2}) \end{aligned} \right\}. \quad (14)$$

Полученное выше позволяет качественно отобразить области целесообразного и технически возможного перераспределения нагрузки, построенные по соотношениям (12)-(14), в графической форме (рис. 1 и 2).

На рис. 1 и 2 линии $\zeta = \text{const}$ соответствуют любой сравниваемой паре однотипных турбоагрегатов (К, Т, ПТ), различающихся хотя бы одним значимым параметром: видом топлива, номинальной мощностью, давлением и температурой пара, глубиной вакуума в конденсаторе и т.п.

Поясним, что отражают рис. 1 и 2 и обозначенные на них области I и II.

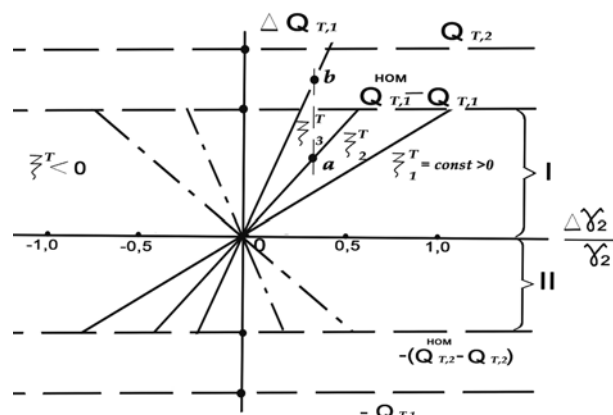


Рис. 1. Лучевая диаграмма перераспределения тепловой нагрузки $\zeta^T = c_2 - kc_1$; $\zeta_1^T > \zeta_2^T > \zeta_3^T$

Fig. 1. Ray-type diagram of redistribution of heat load $\zeta^T = c_2 - kc_1$; $\zeta_1^T > \zeta_2^T > \zeta_3^T$

Во-первых, если расчет правой части (12) или (13) дает $\Delta Q_{\text{r},1} > 0$ или $\Delta N_{\text{a},1} > 0$, то следует догружать именно турбоагрегат «1». При $\Delta Q_{\text{r},1} < 0$ должен быть переброс тепловой нагрузки, а при $\Delta N_{\text{a},1} < 0$ – электрической нагрузки на турбоагрегат «2».

Во-вторых, если значения правых частей соотношений (12) и (13) соответствуют точкам *a*, рис. 1 и рис. 2 (области I и II), то рекомендуемое (12) и (13) перераспределение нагрузок будет экономически выгодным.

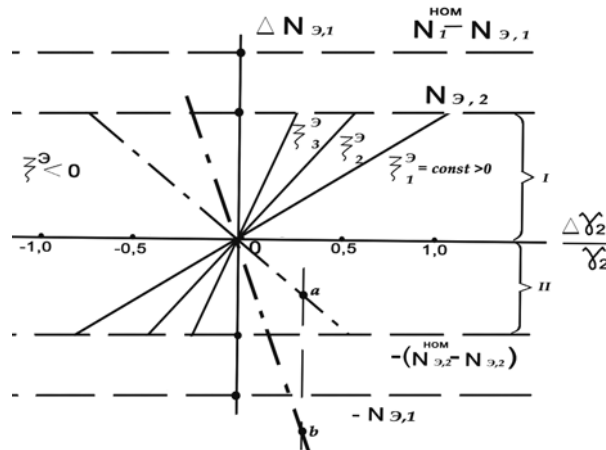


Рис. 2. Лучевая диаграмма перераспределения электрической нагрузки $\zeta^E = c_2/\tilde{\eta}_2 - kc_1/\tilde{\eta}_1$, $\zeta_1^E > \zeta_2^E > \zeta_3^E$

Fig. 2. Ray-type diagram of redistribution of the electrical load $\zeta^E = c_2/\tilde{\eta}_2 - kc_1/\tilde{\eta}_1$, $\zeta_1^E > \zeta_2^E > \zeta_3^E$

В-третьих, если значения правых частей (12) и (13) соответствуют точкам *b*, рис. 1 и рис. 2 (вне областей I и II), то рекомендуемое (12) и (13) перераспределение нагрузок целесообразно только как технологическое переключение для минимизации экономических потерь.

Таким образом, область I является областью экономически целесообразного нагружения турбоагрегата «1» с разгрузкой турбоагрегата «2», а область II – экономически целесообразного нагружения турбоагрегата «2».

Рассмотрим еще один простой вариант возможного переброса нагрузок – теперь при наличии двух энергоблоков с турбоагрегатами типа ПТ, различающихся видом топлива. Решим задачу о целесообразности перераспределения промышленной и теплофикационной нагрузок при условии: $Q_{\text{r}} = Q_{\text{r},1} + Q_{\text{r},2} = \text{const}$; $N_{\text{a}} = N_{\text{a},1} + N_{\text{a},2} = \text{const}$; $Q_{\text{r},1} = \text{const}$; $N_{\text{a},1} = \text{const}$; $Q_{\text{r}}^{\text{тф}} = \text{const}$; $Q_{\text{r}}^{\text{пром}} = \text{const}$, где индексы «тф» и «пром» относятся к теплофикационному и промышленному отборам пара соответственно.

Будем считать, что исходный вариант эксплуатационных режимов работы турбоагрегатов «1» и «2» вполне «устраивал» как потребителя, так и генерацию. Изменились ценовые условия по топливу энергоблока «2»: $\Delta\gamma_2 \neq 0$.

Соотношение (10) при учете оговоренных условий будет выглядеть так:

$$-\frac{kc_1}{\tilde{\eta}_1} N_{\text{a},1} \frac{(k_{\text{пром}} \Delta\epsilon_{\text{пром}} + k_{\text{тф}} \Delta\epsilon_{\text{тф}})_1}{(k_{\text{пром}} \epsilon_{\text{пром}} + k_{\text{тф}} \epsilon_{\text{тф}})_1} - \frac{c_2}{\tilde{\eta}_2} N_{\text{a},2} \frac{(k_{\text{пром}} \Delta\epsilon_{\text{пром}} + k_{\text{тф}} \Delta\epsilon_{\text{тф}})_2}{(k_{\text{пром}} \epsilon_{\text{пром}} + k_{\text{тф}} \epsilon_{\text{тф}})_2} + B_2 \frac{\Delta\gamma_2}{\gamma_2} \leq 0$$

или

$$a \left(\Delta \epsilon_{\text{пром},1} + \frac{k_{\text{тф},1}}{k_{\text{пром},1}} \Delta \epsilon_{\text{тф},1} \right) + d \left(\Delta \epsilon_{\text{пром},2} + \frac{k_{\text{тф},2}}{k_{\text{пром},2}} \Delta \epsilon_{\text{тф},2} \right) + B_2 \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2} \leq 0$$

где

$$a = -\frac{k_{c1}}{\tilde{\eta}_1} \frac{N_{\Sigma,1} k_{\text{пром},1}}{(k_{\text{пром}} \epsilon_{\text{пром}} + k_{\text{тф}} \epsilon_{\text{тф}})_1};$$

$$d = -\frac{c_2}{\tilde{\eta}_2} \frac{N_{\Sigma,2} k_{\text{пром},2}}{(k_{\text{пром}} \epsilon_{\text{пром}} + k_{\text{тф}} \epsilon_{\text{тф}})_2}.$$

Примем во внимание, что $\Delta \epsilon_{\text{тф},2} = -(\dot{Q}_{\text{т},1}/\dot{Q}_{\text{т},2}) \Delta \epsilon_{\text{тф},1}$

и $\Delta \epsilon_{\text{пром},2} = -(\dot{Q}_{\text{т},1}/\dot{Q}_{\text{т},2}) \Delta \epsilon_{\text{пром},1}$

Получаем простое неравенство для анализа:

$$p \Delta \epsilon_{\text{пром},1} + q \Delta \epsilon_{\text{тф},1} \geq B_2 \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2}, \quad (15)$$

где p и q – параметры, зависящие от индивидуальных характеристик турбоагрегатов и их исходных (перед переключениями нагрузок) рабочих режимов;

$$p = d(\dot{Q}_{\text{т},1}/\dot{Q}_{\text{т},2}) - a; \quad q = d \frac{k_{\text{тф},2}}{k_{\text{пром},2}} \frac{\dot{Q}_{\text{т},1}}{\dot{Q}_{\text{т},2}} - a \frac{k_{\text{тф},1}}{k_{\text{пром},1}}.$$

И, окончательно, для оценки целесообразности одновременного переброса теплофикационной нагрузки и промышленной нагрузки, то есть переключения двух отборов каждого турбоагрегата, имеем:

$$\Delta \epsilon_{\text{пром},1} \geq \frac{B_2}{p-q} \frac{\Delta \gamma_2}{\gamma_2}. \quad (16)$$

Для иллюстрации (16), как и ранее (рис. 1, рис. 2), можно построить лучевую диаграмму перераспределения тепловой нагрузки. В качестве примера на рис. 3 представлена такая диаграмма для оценки целесообразности переброса промышленной и теплофикационной нагрузки с турбоагрегата «1» и наоборот.

Список литературы

1. Кузеванов В.С., Султанов М.М. К вопросу об эффективности планирования режимов работы оборудования ТЭЦ // Вестник Воронежского гос. технического университета. 2009. Т. 5, № 11. С. 115-119.
2. Султанов М.М., Кузеванов В.С. Разработка и апробация метода оптимизации режимов работы энергетического оборудования ТЭЦ // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 12. С. 24-28.

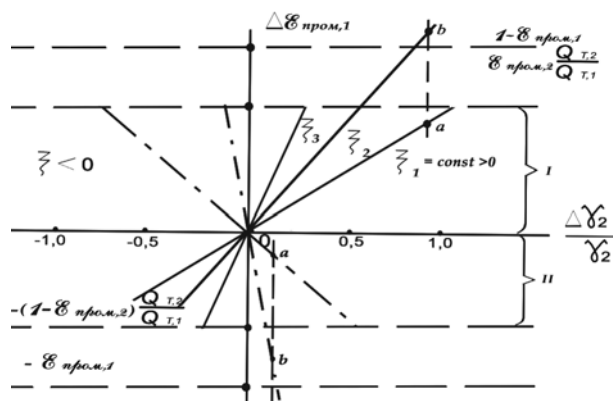


Рис. 3. Лучевая диаграмма одновременного перераспределения промышленной и теплофикационной нагрузок $\zeta = p - q$; $\zeta_1 > \zeta_2 > \zeta_3$

Fig. 3. Ray-type diagram simultaneous redistribution of industrial and district heating loads $\zeta = p - q$; $\zeta_1 > \zeta_2 > \zeta_3$

Так же, как и на рис. 1 и 2, на рис. 3 прямая $\zeta = \text{const}$ соответствует любой сравниваемой паре турбоагрегатов типа ПТ, различающихся хотя бы одним значимым параметром.

Расчетные точки a соответствуют экономически выгодному варианту; точки b – возможному режиму уменьшения экономических потерь. При этом, если расчетная точка a (b) находится в первом или втором квадранте ($\Delta \epsilon_{\text{пром},1} > 0$), то турбоагрегат «1» следует нагружать по промышленному потребителю и уменьшать его теплофикационную нагрузку.

Если расчетная точка a (b) находится в третьем или четвертом квадранте ($\Delta \epsilon_{\text{пром},1} < 0$), то турбоагрегат «1» передает промышленную нагрузку турбоагрегату «2» и принимает от него теплофикационную нагрузку.

В заключение отметим, что реальные оценки эффективности перераспределения нагрузки гораздо сложнее, чем в приведенных примерах. Однако любой анализ мы можем провести по базовому соотношению – критерию целесообразности (10). При этом все определяющие параметры либо являются исходными данными задачи, либо легко рассчитываются по характеристикам трех режимов каждого турбоагрегата [2], взятым по архивным данным работы энергоблоков (режимным картам).

References

1. Kuzevanov V.S., Sultanov M.M. K voprosu ob effektivnosti planirovaniâ režimov raboty oborudovaniâ TÊC // Vestnik Voronežskogo gos. tehničeskogo universiteta. 2009. T. 5, № 11. S. 115-119.
2. Sultanov M.M., Kuzevanov V.S. Razrabotka i aprobaciâ metoda optimizacii režimov raboty ènergetičeskogo oborudovaniâ TÊC // Ènergobereženie i vodopodgotovka. 2009. № 12. S. 24-28.

Транслитерация по ISO 9:1995



О ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТАХ

М.В. Трохимчук¹, К.А. Трохимчук²

¹Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

²Волгоградский государственный архитектурно-строительный институт
400074 Волгоград, ул. Академическая, д. 1
Тел.: 8-961-07-77-95, e-mail: tro232957@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Проведены исследования загрязнения мелкодисперсной пылью атмосферного воздуха городских территорий при выполнении строительных работ, связанных со вскрытием дисперсных грунтовых массивов (глинистых, суглинистых, лесовых и искусственных пылеватых грунтов). Использовалась методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением компьютерных технологий. Показаны принципы районирования городских территорий по степени интенсивности пылевыделения дисперсных грунтовых массивов при проведении строительных работ. Районирование выполнено на примере г. Волгограда, характеризующегося преобладанием в зоне оснований и фундаментов дисперсных грунтов (до 70%). Территория г. Волгограда разбита на три типа районов, для которых разработаны рекомендации и мероприятия, обеспечивающие функционирование застраиваемых территорий с минимальной техногенной нагрузкой на атмосферный воздух городской среды.

Ключевые слова: пылевыделение, атмосферные загрязнения, дисперсный грунт, районирование, земляные работы.

ABOUT AIR ENVIRONMENT POLLUTION OF URBAN TERRITORY DURING EXCAVATION

M.V. Trokhimchuk¹, K.A. Trokhimchuk²

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

¹Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

²Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering
1 Academicheskaya str., Volgograd, 400074, Russia
Tel: 8-961-07-77-95, e-mail: tro232957@mail.ru

Researches finely dispersed dust pollution atmospheric air city territories during construction works associated with the autopsy of dispersed soil masses (clay, loam, silty loess soils and artificial). Used the methodology microscopic analysis of particulate dust using computer technology. The principles of zoning city territories by the degree of intensity of a dust dispersed soil masses during construction. Zoning performed by the example of Volgograd, characterized by a predominance in the area of bases and foundations grained soils (70%). Volgograd territory is divided into three types of regions for which developed recommendations and measures to ensure the functioning of the built-up territories with minimal anthropogenic load on atmospheric air of the urban environment.

Keywords: dust emission, atmospheric pollution, dispersed soils, zoning, earthworks.



Марина Викторовна
Трохимчук
Marina V.
Trokhimchuk

Сведения об авторе: канд. геол.-минерал. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

Образование: Волгоградский инженерно-строительный институт (1988).

Область научных интересов: теплоэнергетика, экология.

Публикации: 112, 11 патентов на изобретения.

Information about the author: candidate of geol.-mineral. sciences, associate professor, acting head of the department "Industrial power system" Moscow Power «Engineering Institute Branch» in Volzhsky.

Education: Volgograd Institute of Civil Engineering (1988).

Research area: heat power engineering, ecology.

Publications: 112, 11 patents.



Катерина Алексеевна
Трохимчук
Katerina A.
Trokhimchuk

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета.

Образование: Волгоградский гос. архитектурно-строительный университет (2012).

Область научных интересов: экология городов, охрана атмосферного воздуха.

Публикации: 25, 3 патента РФ.

Information about the author: graduate student of department "Safety in Technosphere", Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering.

Education: Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (2012).

Research area: urban ecology, atmospheric air protection.

Publications: 25, 3 patents of the RF.

Введение

Земляные работы составляют до 20% всех видов строительных операций. Они связаны со вскрытием грунтового массива, его перемещением, формированием отвалов и, как следствие, изменением физико-механических свойств, что приводит к интенсивному пылевыведению. Дисперсные грунты занимают около 70% территории юга России и являются важным компонентом геологической среды обитания человека. При проведении земляных работ уровень запыленности на дисперсных породах превышает предельно-допустимые концентрации и величину выбросов в атмосферу. Для жизнедеятельности человека особенно опасны частицы с размерами менее 2,5 мкм ($PM_{2.5}$) и не более 10 мкм (PM_{10}), относящиеся к мелкодисперсным и обладающие высокой адсорбционной способностью с возможностью поглощения вредных примесей, содержащихся в различных газах. Система обеспыливания во время проведения земляных работ не используется. Такие ра-

боты часто проводятся в черте города, что при воздействии воздушных потоков приводит к загрязнению воздуха внутри кварталов, придомовых территорий, детских площадок, офисов, квартир и т.п. Поэтому исследования запыленности городских зон, особенно жилых районов, при земляных работах являются актуальной задачей.

Теоретический анализ

При производстве земляных работ главным параметром, влияющим на степень пылевыведения, а также основанием для подбора машин, механизмов, способов ведения землеройных работ являются характер и физико-механические свойства грунтового массива. В качестве объекта для исследований выбран г. Волгоград, для которого характерны: своеобразие климата; определенные особенности атмосферной циркуляции, с преобладанием погоды антициклонального типа с частым образованием приземных инверсий; значительная повторяемость

высоких скоростей ветра при блокирующих процессах и прохождении атмосферных фронтов; хорошо выраженный широтный перенос воздушных масс; разреженная растительность; преобладание дисперсных горных пород, в частности глинистых, лессовых пород и осадочных несвязанных грунтов, имеющих, в связи с засушливостью климата и высокой испаряемостью, низкую увлажненность и значительную чувствительность к изменению влажности. Землеройные работы чаще всего проводятся в теплое время года, когда грунт «размораживается» [1] и усиливается ветровая нагрузка, приводящая к переносу пылевых выбросов на значительные расстояния. Данные факторы способствуют увеличению уровня загрязнения воздушного бассейна Волгограда.

Анализ динамики заболеваемости населения Волгограда, а также соотношение смертности и рождаемости свидетельствуют о значительном снижении уровня здоровья населения. В атмосферном воздухе Волгограда экологами отмечалось повышенное содержание пыли (1,3 ПДК). По данным официальной статистики, в перечне заболеваемости населения Волгоградской области болезни органов дыхания за последнее десятилетие занимают первое место, в их структуре на хронические обструктивные болезни легких приходится 13,3%.

Методика эксперимента

Для исследования дисперсного состава пыли использовалась методика микроскопического анализа с применением ПК, которая позволяет оценить характер мелкодисперсной пыли [2]. Методика предназначена для измерений дисперсного состава пылевидных частиц путем разностороннего фотографирования через микрофотоприставку образцов, полученных со строительных объектов, ведущих земляные работы, и увеличенных под микроскопом в 200-2000 раз. Снятие изображения с фотоаппарата и последующая обработка производится с помощью графического пакета Adobe PhotoShop.

Авторами выполнен анализ дисперсного состава пыли в воздушной среде в зоне строительных котлованов, траншей, в искусственных выемках для различных видов дисперсных массивов. Общее количество точек отбора – 216. Исследования проводились для глинистых грунтов (морского и аллювиального происхождения), лессовых пород валдайского горизонта и верхнехвалынских-современных лессовых пород, для песчаных и супесчаных отложений, для искусственных переотложенных пород. Они относятся к дисперсным породам и занимают около 70% территории Волгограда [3].

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований получены доли мелкодисперсной пыли в воздухе при проведении земляных работ в зоне залегания дисперс-

ных грунтовых массивов Волгограда (табл. 1). Выявлено, что наиболее пылевывделяющими являются искусственные переотложенные породы и лессовые отложения, наименее – глинистые грунты.

Таблица 1
Доли мелкодисперсной пыли в воздухе при проведении земляных работ в зоне залегания дисперсных грунтовых массивов
Table 1
The proportion of fine dust in the air during excavation work in the area of occurrence of dispersed soil masses

Наименование дисперсного грунта	Диапазон измерения доли мелкодисперсной пыли, %		Максимальный размер частиц, мкм
	PM _{2,5}	PM ₁₀	
1. Глинистый грунт	0-0,4	2,0-8,0	60
2. Песчаные и супесчаные отложения	0,3-0,7	7,0-22,0	55
3. Лессовая порода	0,5-1,8	8,0-100,0	15
4. Искусственные породы	0,4-1,8	45-95	18

На основании проведенных исследований выполнено районирование территории Волгограда по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении строительных работ. Районирование по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении землеройных работ – завершающий этап исследований, который включает системный анализ комплекса различных данных: пылеобразование под действием различных характеристик метеорологического режима (температуры воздуха, скорости ветра, солнечной радиации и др.), анализ распределения массы частиц, представляющих собой дисперсный состав пыли в зоне разработки грунтов, характеристики пылевыведения грунтовых массивов на основе экспериментальных методов, физико-механических и химических показателей грунтов, условий процесса изменения грунтового массива под влиянием техногенной деятельности.

Основное назначение районирования – выделение и последовательное подразделение грунтовых массивов на соподчиненные части, отличающиеся высокой степенью однородности характеристик по степени интенсивности пылевыведения. При составлении карты районирования территории Волгограда по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении строительных работ, являющейся синтетической, произведено объединение серии покомпонентных карт (геоморфологической, геологической, инженерно-геологического районирования, климатической: осадков, температуры воздуха, направления ветра и др.) путем наложения отдельных карт друг на друга и генерализации информации.

Таблица 2

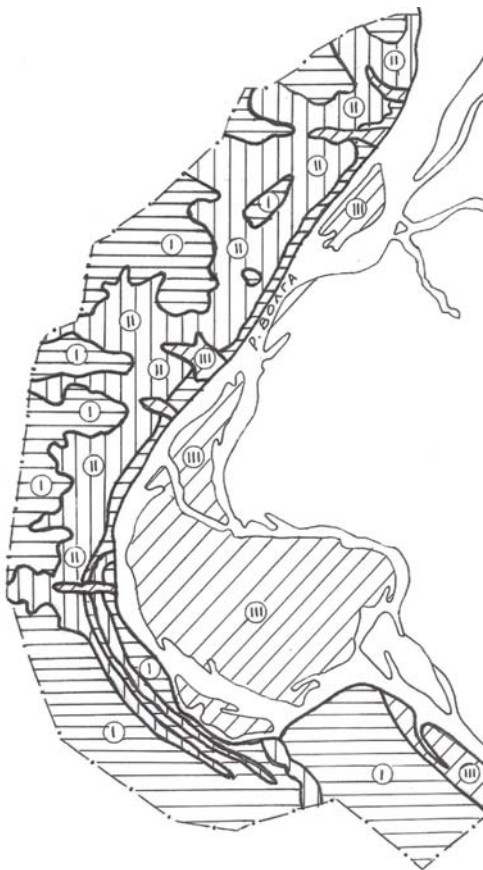
Экспликация к схематической карте районирования территории Волгограда по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении землеройных работ

Table 2

Explication to the schematic map of zoning of the territory Volgograd on the degree of intensity of dust emission of soil masses at carrying out excavation works

Показатель	Интенсивность пылевого загрязнения района		
	I. Низкая	II. Средняя	III. Высокая
Естественная влажность породы	высокие показатели влажности	влажные (от 0,03 до 0,30)	маловлажные
Степень выветриваемости	низкая	средняя	высокая
Степень уплотнения: при естественном залегании; при длительном воздействии атмосферы воздуха; при искусственном уплотнении	средняя высокая средняя	высокая	средняя низкая средняя
Рекомендации по снижению интенсивности пылевыведения при инженерном освоении городских территорий в зонах земляных работ	Использование средств защиты от пыли только при длительном нахождении котлованов и траншей на открытом воздухе	Применение пылезащитных устройств локально (зоны отвалов и накоплений, котлованы и траншеи и др.)	Усиленные противопылевые мероприятия вокруг всего строительного объекта и внутри него

Экспликация районирования (табл. 2) использована при составлении схематической карты районирования территории Волгограда по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении землеройных работ (рисунок).



При районировании выделено три типа района, позволяющих разработать рекомендации и мероприятия, обеспечивающие функционирование застраиваемых территорий с минимальной техногенной нагрузкой на атмосферный воздух городской среды.

I. Район низкой интенсивности пылевого загрязнения – район преимущественного распространения глинистых грунтов морского, аллювиального, озерно-аллювиального происхождения. Охватывает локально верхнюю часть Волжского склона и широко отмечается в Кировском и Красноармейском районах.

II. Район средней интенсивности пылевого загрязнения – район распространения лессовых пород, а также песчаных и супесчаных отложений (мощностью от 3-4 до 10 м), подстилающихся глинистыми породами. Слагает склоны Приволжской возвышенности и Ергений, занимает значительную часть северной и центральной территории Волгограда.

Схематическая карта районирования территории Волгограда по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении землеройных работ:

-  I. Район низкой интенсивности;
 -  II. Район средней интенсивности;
 -  III. Район высокой интенсивности
- Schematic chart zoning of the territory of Volgograd on the degree of intensity of dust emission arrays of ground at carrying out excavation works:
-  I. The area of low intensity dust pollution;
 -  II. The area of medium intensity of dust pollution;
 -  III. The area of high intensity of dust pollution

III. Район высокой интенсивности пылевого загрязнения – район преимущественного распространения искусственных намывных и насыпных переотложенных пород, образованных за счет ликвидации долин мелких речек, оврагов, балок, пониженных форм рельефа, берегоукрепительных работ, а также залегания супесчаных отложений. Искусственные грунты имеют неоднородный гранулометрический состав, часто содержат мелкодисперсные частицы. Локально распространен по территории Волгограда, занимает часть Красноармейского района и зоны поймы Волги, пониженные формы рельефа.

Данная картографическая модель районирования позволяет учесть при проектировании и строительстве сооружений на дисперсных грунтах возможность загрязнения воздушной среды и предусмотреть защитные мероприятия.

Заключение

Микроскопический анализ, выбранный в качестве способа исследования свойств мелкодисперсного состава пыли, образующейся при выполнении земляных работ в зонах залегания дисперсных грунто-

вых массивов, позволил получить основные характеристики пыли, что дает возможность рекомендовать данный метод для использования в строительной отрасли. Проведенный анализ дисперсного состава пыли, отобранной при разработке глинистых, лессовых и осадочных несвязанных пород четвертичной системы на территории Волгограда, показал, что наиболее пылевывделяющими являются искусственные переотложенные породы и лессовые отложения, наименее – глинистые грунты.

Выполненное районирование территории Волгограда по степени интенсивности пылевыведения грунтовых массивов при проведении строительных работ может служить основой для разработки пространственно-временной структуры мониторинга при строительном освоении территории городской агломерации; мероприятий по экологическому оздоровлению территорий, подверженных строительной деятельности. Принципы, положенные в основу составления данной картографической модели районирования, и разработанные рекомендации по освоению могут использоваться для других городов юго-востока Русской платформы, что неизбежно окажет благоприятное воздействие на здоровье населения.

Список литературы

1. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Терентьев О.М. Технология строительных процессов. М.: Изд. Высшая школа. Серия: Строительные технологии. Ч. 2, 2006. С. 186-234.
2. Азаров В.Н., Юркин В.Ю., Сергина Н.М. и др. Методика микроскопического анализа дисперсионного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) // Законодательная и прикладная метрология. 2004. № 1. С. 46-48.
3. Трохимчук К.А., Лапынин Ю.Г. Способ снижения загрязнения атмосферного воздуха при пылевыведении дисперсных грунтовых массивов // Фундаментальные исследования. 2014. № 11, ч. 1. С. 24-27.

References

1. Teličenko V.I., Lapidus A.A., Terent'ev O.M. Tehnologija stroitel'nyh processov. M.: Izd. Vysšaa škola. Seria: Stroitel'nye tehnologii. Č. 2, 2006. S. 186-234.
2. Azarov V.N., Ūrkin V.Ū., Sergina N.M. i dr. Metodika mikroskopičeskogo analiza dispersionnogo sostava pyli s primeneniem personal'nogo komp'ûtera (PK) // Zakonodatel'naâ i prikladnaâ metrologiâ. 2004. № 1. S. 46-48.
3. Trohimčuk K.A., Lapynin Ū.G. Spособ sniženiâ zagrâzneniâ atmosfernogo vozduha pri pylevydelenii dispersnyh gruntovyh massivov // Fundamental'nye issledovaniâ. 2014. № 11, č. 1. S. 24-27.

Транслитерация по ISO 9:1995



КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА, УГЛЕРОДА И БЕНЗ(А)ПИРЕНА НА СУММАРНУЮ ТОКСИЧНОСТЬ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ КОТЛОВ ТЭЦ: ЧАСТЬ 1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОТЛЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

М.С. Иваницкий

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

В статье приведен корреляционный анализ взаимного влияния компонентов дымовых газов на суммарную токсичность продуктов сгорания. Определены коэффициенты парной корреляции бенз(а)пирена и оксидов азота, бенз(а)пирена и оксидов углерода, оксидов азота и углерода для энергетических котлов большой мощности.

В условиях обеспечения заданного режима работы котла в зависимости от технологических факторов предложен подход для осуществления минимального уровня токсичности выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий рассеивания или нарушений в работе газоочистных установок.

Показана роль взаимного воздействия компонентов сгорания на формирование общей токсичности выбросов в атмосферу воздуха.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, горение, суммарная токсичность, продукты сгорания.

CORRELATION ANALYSIS OF THE MUTUAL INFLUENCE OF OXIDES OF NITROGEN, CARBON AND BENZ(A)PYRENE IN THE TOTAL TOXICITY OF EXHAUST GASES OF BOILERS CHP: PART 1. ENERGY GREAT POWER BOILERS

M.S. Ivanitskii

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

The article presents the correlation analysis of the mutual influence of the components of the flue gases to the total toxicity of combustion products. Determined the coefficients of pair correlation benz(a)pyrene and oxides of nitrogen, benz(a)pyrene and oxides of carbon, oxides of nitrogen and carbon for energy large capacity boilers.

Providing a given mode of operation of the boiler depending on technological factors, the proposed approach is to implement a minimum level of toxic emissions during periods of adverse meteorological conditions for dispersion or disruption to the gas cleaning units.

The role of mutual influence of the components of the combustion in the formation of the overall toxicity of emissions of air.

Keywords: benz(a)pyrene, the burning, the total toxicity of the combustion products.



Максим Сергеевич
Иваницкий
Maxim S. Ivanitskii

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Филиал МЭИ (технический университет) в г. Волжском (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 40.

Information about the author: Ph.D., art. lecturer in "Heat and Heat Engineering".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research area: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 40.

Введение

Сжигание топлива в энергетических котельных установках сопровождается образованием токсичных компонентов. В состав дымовых газов входят оксиды азота, углерода, серы, полиароматические углеводороды (ПАУ), в том числе бенз(а)пирен (БП), зола, шлак и другие вредные вещества. Выход токсичных компонентов характеризует экологичность процесса горения топлива. При этом массовый выброс веществ не является показателем, указывающим на суммарную токсичность. При определении суммарной токсичности выбросов необходимо учитывать показатели частной токсичности компонентов горения. Необходимо отметить, что отдельные компоненты уходящих газов усиливают свою токсичность в присутствии других, например, оксиды азота и бенз(а)пирен. В результате такого взаимодействия образуются новые соединения более высокой токсичности – суперэкоотоксиканты. Определение взаимного влияния компонентов уходящих газов позволяет прогнозировать токсическое действие выбросов. В данной работе проведен анализ взаимного влияния компонентов дымовых газов для энергетических котлов большой мощности (свыше 25 МВт) [1-5].

Экспериментальное и численное исследование

В качестве объекта исследования выбран газомазутный котел ТГМ-84 с двухсветным экраном и шестью горелками. Основным топливом является природный газ Саушкинского месторождения. В качестве варьируемых режимных параметров используется коэффициент избытка воздуха в диапазоне 1,01-1,10. Нагрузка котла остается при этом постоянной ($K_D = 1$). Рециркуляция дымовых газов, ступенчатое сжигание топлива и подача влаги в топочную камеру не производится ($K_P = 1$, $K_{CT} = 1$, $K_{ВЛ} = 1$). Теплонапряжение поверхности зоны активного горения топочной камеры $q_{ЛГ} = 0,609$ МВт/м². Теплонапряжение топочно-го объема камеры $q_V = 209,3$ кВт/м³. Объемный расход дымовых газов при изменении коэффициента избытка воздуха в заданном диапазоне варьировался в пределах 91,8-100,3 м³/с.

Для анализа содержания в уходящих газах оксидов азота, серы и углерода применялся переносной газоанализатор TESTO-330XL. В комплект газоанализатора входит никель-хром-никель термopара, погрешность измерений которой 0,5% от измеренного значения температуры. Погрешность измерения давления (разрежения) находится в пределах 1,5% от измеренного значения давления. Потери тепла, измерения КПД котла определялись с погрешностью 0,1%. Измерения O₂, CO₂ выполнялись с погрешностью 0,2% и с быстродействием менее 20 с. Погрешность измерения CO, NO, SO₂ – 5% от измеренного значения при быстродействии менее 30 с [4].

Рассмотрим методы для определения концентрации БП на основе функциональных связей технологических параметров, характеризующих сжигание топлива. Определение концентрации БП в дымовых газах сопряжено с большими трудностями вследствие отсутствия доступных измерительных систем. В настоящее время определение содержания БП в уходящих газах производится в основном аккредитованными лабораториями.

Методика расчетного определения БП в уходящих газах котельных установок основана на обобщении большого количества экспериментальных данных. Погрешность определения содержания БП при этом составляет не более 20%.

Концентрация БП в дымовых газах энергетических котлов при сжигании природного газа $C_{БП}$, приведенная к избытку воздуха в газах $\alpha = 1,4$, рассчитывается по формуле

$$C_{БП} = q_{ЛГ}^{-1,26} (0,0536 + 0,163 \cdot 10^{-3} q_V) \prod_{i=1}^N K_i, \quad (1)$$

где $q_{ЛГ}$ – теплонапряжение поверхности зоны активного горения, МВт/м²; q_V – теплонапряжение топочно-го объема, кВт/м³; $\prod_{i=1}^N K_i = K_\alpha K_P K_D K_{CT} K_{ВЛ}$ – произведение коэффициентов для учета влияния коэффициента избытка воздуха, рециркуляции, нагрузки котла, ступенчатого сжигания топлива, подачи влаги [6].

Суммарный показатель токсичности дымовых газов определяется по формуле

$$\Pi = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (2)$$

где Π_i – частный показатель токсичности i -го компонента выброса.

В табл. 1-3 под обозначением величин x_i и y_i следует понимать соответствующие значения компонентов корреляционных пар.

Рассчитаем линейный коэффициент парной корреляции по формуле

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}}. \quad (3)$$

Подставляя значения параметров из табл. 1, получим, $r_{xy} = -0,904$. Связь обратная, достаточно тесная.

Оценим значимость коэффициентов регрессии и корреляции с помощью t -статистики Стьюдента. Для этого необходимо сравнить табличное значение t -критерия (для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $n - 2 = 10 - 2 = 8$) с расчетными критериями t_r :

$$t_r = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (4)$$

Коэффициент Стьюдента $t_{0,95;8} = 2,31$, следовательно, фактические значения t_r превосходят табличные значения $t_r = 8,11 > t_{0,95;8} = 2,31$ и коэффициент $r_{\text{БП-НО}}$ значимый.

Таблица 1
Данные планирования системы
«бенз(а)пирен-оксид азота»

Table 1

Planning data system
«benz(a)pyrene-nitric oxide»

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$	Π
1	127	113	16129	12769	14351	441035
2	99	119	9801	14161	11781	464950
3	77	127	5929	16129	9779	497643
4	60	139	3600	19321	8340	547592
5	47	146	2209	21316	6862	578711
6	37	150	1369	22500	5550	598798
7	28	154	784	23716	4312	619256
8	22	164	484	26896	3608	646656
9	22	176	484	30976	3872	719637
10	22	191	484	36481	4202	790173
Σ	541	1479	41273	224265	72657	-

Таблица 2
Данные планирования системы
«бенз(а)пирен-монооксид углерода»

Table 2

Planning data system
«benz(a)pyrene-carbon monoxide»

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$	Π
1	127	100	16129	10000	12700	23868
2	99	87	9801	7569	8613	19652
3	77	79	5929	6241	6083	16474
4	60	68	3600	4624	4080	13622
5	47	55	2209	3025	2585	10887
6	37	45	1369	2025	1665	8869
7	28	34	784	1156	952	6714
8	22	20	484	400	440	4714
9	22	13	484	169	286	4063
10	22	10	484	100	220	3811
Σ	541	511	41273	35309	37624	-

Таблица 3
Данные планирования системы
«оксид азота-монооксид углерода»

Table 3

Planning data system
«nitric oxide-carbon monoxide»

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$	Π
1	113	100	12769	10000	11300	434489
2	119	87	14161	7569	10353	460348
3	127	79	16129	6241	10033	494770
4	139	68	19321	4624	9452	545558
5	146	55	21316	3025	8030	576916
6	150	45	22500	2025	6750	597198
7	154	34	23716	1156	5236	617660
8	164	20	26896	400	3280	662261
9	176	13	30976	169	2288	716394
10	191	10	36481	100	1910	786452
Σ	1479	511	224265	35309	68632	-

Для сформированной матрицы значений из табл. 2 рассчитаем линейный коэффициент парной корреляции для системы «бенз(а)пирен-монооксид углерода» по (3), $r_{xy} = 0,949$. Связь прямая, достаточно тесная.

Значимость коэффициентов регрессии и корреляции определим с помощью t -статистики Стьюдента. Для этого сравним табличное значение t -критерия для

уровня значимости с расчетными критериями $t_r = 8,51$. Коэффициент Стьюдента $t_{0,95;8} = 2,31$, следовательно, фактические значения t_r превосходят табличные значения, поэтому коэффициент $r_{\text{БП-СО}}$ значимый.

На основе полученных из табл. 3 данных рассчитаем линейный коэффициент парной корреляции для системы «оксиды азота-монооксид углерода» по (3), $r_{xy} = -0,975$. Связь обратная, достаточно тесная.

Оценим значимость коэффициентов регрессии и корреляции с помощью t -статистики Стьюдента, применяя сравнение табличного значения t -критерия (для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $n - 2 = 10 - 2 = 8$) с расчетными критериями $t_r = 12,42$. Коэффициент Стьюдента $t_{0,95;8} = 2,31$, следовательно, фактические значения t_r превосходят табличные значения, поэтому коэффициент $r_{\text{NO-CO}}$ значимый.

Анализ показывает, что концентрация БП в дымовых газах при работе газовых котлов определяется в значительной степени параллельно идущими процессами генерации других токсичных соединений. На выходе из топочной камеры процессы конверсии БП в полной мере не завершены. В свою очередь, содержание оксидов азота в уходящих газах полностью обеспечивается в топочной камере. Это характеризует достаточно сильное различие в условиях и механизмах генерации БП и оксидов азота.

Обсуждение результатов

Проведенный корреляционный анализ показал, что выбросы БП и оксидов азота достаточно тесно взаимосвязаны вследствие значительного влияния избытка воздуха в топочной камере котла в начальной стадии генерации продуктов сгорания. В системе планирования «бенз(а)пирен-оксид азота» максимальная токсичность уходящих газов достигается при минимальном уровне БП в продуктах сгорания. При этом необходимо отметить, что начальный уровень БП в продуктах сгорания составляет 127 нг/м^3 , в конечный момент 22 нг/м^3 . В соответствии с этим при увеличении избытка воздуха в топочной камере процесс выгорания БП происходит достаточно интенсивно вследствие более полного окисления углеводородов топлива.

Система планирования «бенз(а)пирен-монооксид углерода» характеризует низкий суммарный уровень токсичности продуктов сгорания. В целом данная корреляционная пара отражает процессы неполной конверсии и в значительной степени может характеризовать недостатки топочного режима и пути его совершенствования.

Корреляционная пара «оксид азота-монооксид углерода» по уровню токсичности в исследуемом диапазоне избытка воздуха сравнима с системной парой «бенз(а)пирен-оксид азота». Коэффициенты парной корреляции для оценок систем «бенз(а)пирен-оксид азота» и «оксид азота-монооксид углерода» отрицательны. Это указывает на непосредственную тесную связь БП и монооксида углерода в условиях генерации токсичных соединений при сжигании природного газа. Следует отметить, что исследования взаимного влияния компонентов уходящих газов на суммарную токсичность выбросов при горении углеводородного топлива позволяют сократить границы санитарно-защитной зоны станции посредством проведения оптимизационных работ топочного процесса. Суммарная токсичность выбросов при работе газовых энергетических котлов большой мощности на 2-7% обуславливается присутствием в них БП.

Выводы

Проведен анализ взаимного влияния компонентов сгорания энергетических котлов большой мощности на суммарную токсичность дымовых газов для обеспечения предельно допустимых выбросов и концентраций в зоне расположения теплоэлектростанции.

Для заданного режима работы котла в зависимости от технологических факторов с использованием предлагаемого подхода возможно обеспечение минимального уровня токсичности выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий рассеивания или нарушений в работе газоочистных установок. Вклад бенз(а)пирена в суммарную токсичность выбросов при работе энергетических котлов на природном газе составляет 2-7%.

Список литературы

1. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок и способ автоматического регулирования процесса горения // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3 (83). С. 52-56.

References

1. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie koncentracii benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok i sposob avtomatičeskogo regulirovaniâ processa gorenîâ // Ënergobereženie i vodopodgotovka. 2013. № 3 (83). S. 52-56.

2. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Фокин В.М., Грига С.А. Физико-химические процессы механизмов образования бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 27 (46). С. 28–33.

3. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок малой мощности // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. №14 (136). 2013. С. 67-70.

4. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение предельно допустимых концентраций нитропроизводных полиароматических соединений, образующихся в топках котлов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 11-12. С. 17-23.

5. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в уходящих газах камеры сгорания газовой турбины // Вестник ВГТУ. Серия «Энергетика». 2014. Т. 5, № 10. С. 86-88.

6. РД 153-34. 1-02. 316-2003. Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций. Введ. 01.07.03. Москва, 2003.

2. Ivanickij M.S., Griga A.D., Fokin V.M., Griga S.A. Fiziko-himičeskie processy mehanizmov obrazovaniâ benz(a)pirena pri sžiganii uglevodorodnogo topliva // Vestnik VolgGASU. 2012. № 27 (46). S. 28–33.

3. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok maloj mošnosti // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. №14 (136). 2013. S. 67-70.

4. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie predel'no dopustimyh koncentracij nitroprodukovnyh poliaromatičeskih soedinenij, obrazujuših v topkakh kotlov // Izvestiâ vuzov. Problemy ènergetiki. 2013. № 11-12. S. 17-23.

5. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v uhodâših gazah kamery sgoraniâ gazovoj turbiny // Vestnik VGTU. Seriâ «Ènergetika». 2014. T. 5, № 10. S. 86-88.

6. RD 153-34. 1-02. 316-2003. Metodika rasčeta vybrosov benz(a)pirena v atmosferu parovymi kotlami èlektrostantsij. Vved. 01.07.03. Moskva, 2003.

Транслитерация по ISO 9:1995



КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА, УГЛЕРОДА И БЕНЗ(А)ПИРЕНА НА СУММАРНУЮ ТОКСИЧНОСТЬ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ КОТЛОВ ТЭЦ: ЧАСТЬ 2. КОТЛЫ МАЛОЙ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ

М.С. Иваницкий

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Статья посвящена оценке влияния отдельных компонентов сгорания топлива на суммарную токсичность выброса. Определены предельные уровни токсичности уходящих газов для котлов малой тепловой мощности. Проведен анализ взаимного влияния компонентов сгорания для повышения точности определения общей агрессивности предельно допустимого выброса.

Предложенный подход позволяет более детально оценивать формирование общего фоновый уровня загрязненности воздушного бассейна городской застройки токсичными веществами в тех районах, где преобладающими источниками тепло-снабжения являются котельные установки малой тепловой мощности. Прогнозирование суммарной токсичности выбросов обусловлено необходимостью критической оценки оптимизации топочного режима конкретной энергоустановки.

Ключевые слова: корреляция, бенз(а)пирен, оксиды азота, монооксид углерода, токсичность выброса.

CORRELATION ANALYSIS OF THE MUTUAL INFLUENCE OF OXIDES OF NITROGEN, CARBON AND BENZ(A)PYRENE IN THE TOTAL TOXICITY OF EXHAUST GASES OF BOILERS CHP: PART 2. BOILERS OF SMALL THERMAL POWER

M.S. Ivanitskii

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

The article is devoted to the assessment of the impact of individual components of the combustion fuel to the total toxicity of the emissions. Defined limits of toxicity of exhaust gases for boilers of low thermal capacity. The analysis of the mutual influence of the components of combustion to increase the accuracy of determining the overall aggressiveness of maximum permissible emissions.

The proposed approach allows more detail to assess the formation of a common background level of air pollution urban sprawl toxic substances, in areas where the predominant sources of heat are plants where the low thermal capacity. Forecasting the total toxicity of the emissions caused by the necessity of a critical assessment of the optimization of the combustion mode of a particular plant.

Keywords: correlation, benz(a)pyrene, nitrogen oxides, carbon monoxide, toxic emissions.



Максим Сергеевич
Иваницкий
Maxim S. Ivanitskii

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Филиал МЭИ (технический университет) в г. Волжском (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 40.

Information about the author: Ph.D., art. lecturer in "Heat and Heat Engineering".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research area: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 40.

Введение

При горении органического топлива в топочной камере котельной установки генерируются токсичные вещества. Содержание вредных веществ в дымовых газах характеризует массовый выброс продуктов сгорания, но не является показателем суммарной токсичности. Для определения суммарной токсичности уходящих газов необходимо использовать частные показатели токсичности компонентов.

Частные показатели токсичности учитывают вредность конкретного компонента дымовых газов, например, частный показатель токсичности монооксида углерода – 1; оксида азота (VI) – 41,1; бенз(а)пирена – $12,6 \cdot 10^8$. Бенз(а)пирен обладает канцерогенным и мутагенным действием, вследствие этого характеризуется высоким значением токсичности. Содержание БП в дымовых газах является важной эксплуатационной характеристикой паровых и водогрейных котлов. Необходимо отметить, что пылеугольные котлы характеризуются более высоким содержанием БП в дымовых газах, чем котлы, сжигающие газ или мазут. Определение концентрации бенз(а)пирена в уходящих газах котлов инструментальными методами достаточно сложное и проводится с низкой степенью точности [1-6]. В данной работе проведен корреляционный анализ взаимного влияния выбросов на суммарную токсичность продуктов горения для котлов малой тепловой мощности (менее 25 МВт).

Экспериментальное и численное исследование

В качестве объекта исследования выбран газовый водогрейный котел Buderus S825L-7700 с инжекционной низкоэмиссионной горелкой LAMTEC (FBR) EN 267 CE. В котле поверхности нагрева расположены симметрично, в его конструкции использован принцип трехходового прохождения продуктов сгорания, имеется цилиндрическая жаровая труба и водоохлаждаемая камера с поворотом газового потока.

Основным топливом является природный газ со следующими рабочими характеристиками: $\text{CH}_4 = 94\%$, $\text{H}_2 = 2\%$, $\text{CO}_2 = 0,2\%$, $\text{C}_2\text{H}_4 = 1\%$, $\text{C}_3\text{H}_8 = 1,5\%$, $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,7\%$, $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,6\%$. В качестве варьируемых режимных параметров используется коэффициент избытка воздуха в диапазоне 1,05-1,32. Нагрузка котла остается при этом постоянной ($K_d = 1$). Рециркуляция дымовых газов и ступенчатое сжигание топлива не производится ($K_p = 1$, $K_{ст} = 1$). Теплонапряжение топочного объема камеры $q_V = 460 \text{ кВт/м}^3$. Объемный расход уходящих газов в заданном диапазоне коэффициента избытка воздуха варьировался в пределах 2,96-3,21 м³/с.

Экспериментальное определение содержания оксидов азота, серы и углерода в дымовых газах проводилось при помощи переносного газоанализатора TESTO-330XL. Измерения O_2 , CO_2 выполнялись с погрешностью 0,2%. Погрешность измерения CO , NO , SO_2 – 5% от измеренного значения. Погрешность измерений температуры дымовых газов составляла 0,5% от измеренного значения.

В отношении снижения выбросов БП в воздушный бассейн при стороннем влиянии других компонентов продуктов сгорания сведения практически отсутствуют. Вероятно, что только при комплексном подходе к данной проблеме возможно оценить совместное воздействие отдельных веществ уходящих газов и прогнозировать уровень токсичности выбросов. При этом экологическую безопасность окружающей среды можно обеспечить, если определить оптимальные значения режимных параметров при работе котельной установки [4].

Концентрация БП в сухих дымовых газах водогрейных котлов при сжигании природного газа $C_{\text{Б(а)П}}^{\Gamma}$ в зависимости от диапазона значения коэффициента избытка воздуха и объемного теплонапряжения топочной камеры при $q_V = 250\text{-}500 \text{ кВт/м}^3$ рассчитывается по формулам [3]

$$C_{\text{Б(а)П}}^{\Gamma} = \frac{10^{-6} R (0,11 q_V - 7)}{e^{3,5(\alpha-1)}} \prod_{i=1}^N K_i \text{ при } 1,05 \leq \alpha \leq 1,25; (1)$$

$$C_{\text{Б(а)П}}^{\Gamma} = \frac{10^{-6} R (0,13 q_V - 5)}{1,3 e^{3,5(\alpha-1)}} \prod_{i=1}^N K_i \text{ при } \alpha \geq 1,25, \quad (2)$$

где q_V – теплонепрежение топочного объема, кВт/м³; R – коэффициент, учитывающий тип горелочного устройства (при сжигании газа $R = 1$); α – коэффициент избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки; $\prod_{i=1}^N K_i = K_p K_d K_{CT}$ – произведение коэффициентов для учета влияния рециркуляции, нагрузок котла, ступенчатого сжигания топлива. Погрешность данной методики составляет не более 20% [3].

Суммарный показатель токсичности дымовых газов определяется по формуле

$$\Pi = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (3)$$

здесь Π_i – частный показатель токсичности i -го компонента выброса.

В табл. 1-3 под обозначением величин x_i и y_i следует понимать соответствующие значения компонентов корреляционных пар.

Рассчитаем линейный коэффициент парной корреляции по формуле

$$r_{\text{БП-НО}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}}. \quad (4)$$

Подставляя значения параметров, получим $r_{\text{БП-НО}} = -0,986$. Связь обратная, достаточно тесная.

Таблица 1

Данные планирования системы
«бенз(а)пирен-оксид азота»

Table 1

Planning data system
«benz(a)pyrene-nitric oxide»

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$	Π
1	37	60	1369	3600	2220	7437
2	33	68	1089	4624	2244	8509
3	30	74	900	5476	2220	9330
4	27	82	729	6724	2214	10315
5	24	88	576	7744	2112	10940
6	22	96	484	9216	2112	12119
7	20	108	400	11664	2160	13616
8	17	114	289	12996	1938	14355
9	15	121	225	14641	1815	15525
10	14	131	196	17161	1834	17341
Σ	239	942	6257	93846	20869	-

Таблица 2

Данные планирования системы
«бенз(а)пирен-монооксид углерода»

Table 2

Planning data system
«benz(a)pyrene-carbon monoxide»

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$	Π
1	37	10	1369	100	370	168
2	33	5	1089	25	165	140
3	30	5	900	25	150	131
4	27	2	729	4	54	111
5	24	0	576	0	0	93
6	22	0	484	0	0	85
7	20	0	400	0	0	78
8	17	0	289	0	0	66
9	15	0	225	0	0	59
10	14	0	196	0	0	57
Σ	239	22	6257	154	739	-

Таблица 3

Данные планирования системы
«оксид азота-монооксид углерода»

Table 3

Planning data system
«nitric oxide-carbon monoxide»

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$	Π
1	60	10	3600	100	600	7329
2	68	5	4624	25	340	8399
3	74	5	5476	25	370	9200
4	82	2	6724	4	164	10285
5	88	0	7744	0	0	11104
6	96	0	9216	0	0	12152
7	108	0	11664	0	0	13716
8	114	0	12996	0	0	14525
9	121	0	14641	0	0	15715
10	131	0	17161	0	0	17283
Σ	942	22	93846	154	1474	-

Оценим значимость коэффициентов регрессии и корреляции с помощью t -статистики Стьюдента. Для этого необходимо сравнить табличное значение t -критерия (для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $n - 2 = 8$) с расчетными критериями t_r .

$$t_r = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (5)$$

Коэффициент Стьюдента $t_{0,95;8} = 2,31$, следовательно, фактические значения t_r превосходят табличное значение: $t_r = 16,73 > t_{0,95;8} = 2,31$ коэффициент $r_{\text{БП-NO}}$ значимый.

Линейный коэффициент парной корреляции для системы «бенз(а)пирен-монооксид углерода» определим по формуле (3), $r_{\text{БП-CO}} = 0,889$. Связь прямая, достаточно тесная. Значимость коэффициентов регрессии и корреляции определим с помощью t -статистики Стьюдента. Для этого сравним табличное значение t -критерия для уровня значимости $\alpha = 0,05$ с расчетным критерием $t_r = 5,5$. Коэффициент Стьюдента $t_{0,95;8} = 2,31$, следовательно, фактические значения t_r превосходят табличное значение, поэтому коэффициент $r_{\text{БП-CO}}$ значимый.

Для системы «оксид азота-монооксид углерода» определим линейный коэффициент парной корреляции по (3), $r_{\text{NO-CO}} = -0,815$. Связь обратная, достаточно тесная. Оценим значимость коэффициентов регрессии и корреляции с помощью t -статистики Стьюдента, сравнивая табличное значение t -критерия для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $n - 2 = 8$ с расчетным критерием $t_r = 3,98$. Коэффициент Стьюдента $t_{0,95;8} = 2,31$, следовательно, фактические значения t_r превосходят табличное значение, поэтому коэффициент $r_{\text{NO-CO}}$ значимый.

Обсуждение результатов

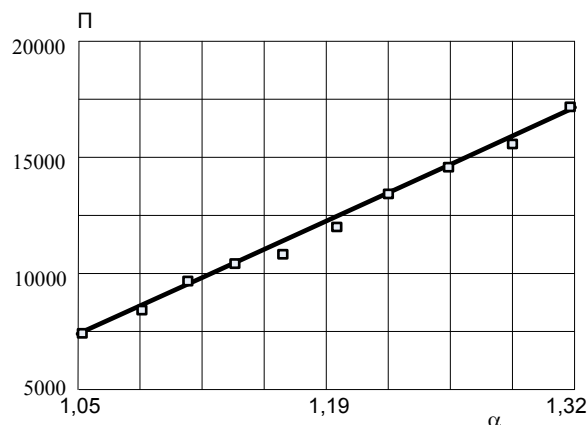
Анализ показал, что выбросы БП, оксидов азота и монооксида углерода тесно взаимосвязаны, что отражается линейными коэффициентами парной корреляции. В компонентной среде «бенз(а)пирен-оксид азота» достигается максимальная токсичность дымовых газов. При этом начальная концентрация БП в продуктах сгорания составляет 37 нг/м^3 , конечное значение 14 нг/м^3 . Высокая токсичность этой пары компонентов обусловлена значительным выходом и частной вредностью оксидов азота.

В системе планирования «бенз(а)пирен-монооксид углерода» суммарная токсичность уходящих газов принимает минимальные значения по сравнению с первой корреляционной парой. Для котлов малой тепловой мощности данная система планирования компонентов позволяет осуществлять более полное выгорание топлива в условиях обеспечения минимальной токсичности выбросов оптимизацией режимных мероприятий.

Коэффициенты парной корреляции для оценочных значений компонентов «бенз(а)пирен-оксид азота» и «оксид азота-монооксид углерода» отрицательны. Система «оксид азота-монооксид углерода» по уровню вредности в диапазоне изменения избытка воздуха соизмерима с корреляционной парой «бенз(а)пирен-оксид азота», что характеризует пря-

мую связь БП и монооксида углерода в заданных условиях. Суммарная вредность уходящих газов в приведенных условиях на 0,9-2,2% обуславливается частной токсичностью БП. Положительная сторона изложенного подхода состоит в том, что в перспективе его можно уточнить на базе новых опытных данных измерения концентрации БП в уходящих газах котлов малой мощности.

Построим графическую зависимость суммарной токсичности выбросов от коэффициента избытка воздуха, используя данные табл. 1 (рисунок).



Зависимость суммарной токсичности выбросов от коэффициента избытка воздуха для газового водогрейного котла Buderus S825L-7700
The dependence of the total toxicity of emissions from air excess factor for gas hot water boiler Buderus S825L-7700

Приведенная зависимость показывает, что при увеличении избытка воздуха в пределах от 1,05 до 1,32 суммарная токсичность выбросов увеличивается более чем в 2 раза. Это происходит за счет увеличения выхода оксидов азота в результате большей подачи воздуха для сжигания топлива и соответствующим снижением образования БП.

Выводы

Проведен анализ суммарной токсичности уходящих газов котлов малой тепловой мощности. Установлено, что суммарная вредность дымовых газов в приведенных диапазонах режимных характеристик на 0,9-2,2% обуславливается частной токсичностью БП. Прогнозирование суммарной токсичности выбросов обусловлено необходимостью критической оценки оптимизации топочного режима конкретной энергоустановки. Предложенный подход позволяет более детально оценивать формирование общего фоновое уровня загрязненности воздушного бассейна городской застройки токсичными веществами в тех районах, где преобладающими источниками теплоснабжения являются котельные установки малой тепловой мощности.

Список литературы

1. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок и способ автоматического регулирования процесса горения // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3 (83). С. 52-56.
2. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Фокин В.М., Грига С.А. Физико-химические процессы механизмов образования бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 27(46). С. 28-33.
3. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М., 1999.
4. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок малой мощности // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14(136). С. 67-70.
5. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение предельно допустимых концентраций нитропроизводных полиароматических соединений, образующихся в топках котлов // Известия вузов. Проблемы энергетика. 2013. № 11-12. С. 17-23.
6. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в уходящих газах камеры сгорания газовой турбины // Вестник ВГТУ. Серия «Энергетика». 2014. Т. 5, № 10. С. 86-88.

References

1. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie koncentracii benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok i sposob avtomatičeskogo regulirovaniâ processa gorenîâ // Ènergobereženie i vodopodgotovka. 2013. № 3 (83). S. 52-56.
2. Ivanickij M.S., Griga A.D., Fokin V.M., Griga S.A. Fiziko-himičeskie processy mehanizmov obrazovaniâ benz(a)pirena pri sžiganiî uglevodorodnogo topliva // Vestnik VolgGASU. 2012. № 27(46). S. 28-33.
3. Metodika opredeleniâ vybrosov zagrâznâûših vešestv v atmosferu pri sžiganiî topliva v kotlah proizvoditel'nost'û menee 30 tonn para v čas ili menee 20 Gkal v čas. M., 1999.
4. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok maloj mošnosti // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 14(136). S. 67-70.
5. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie predel'no dopustimyh koncentracij nitroproduzvodnyh poli-aromatičeskih soedinenij, obrazuûšihâ v topkah kotlov // Izvestiâ vuzov. Problemy ènergetiki. 2013. № 11-12. S. 17-23.
6. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v uhodâših gazah kamery sgoraniâ gazovoj turbiny // Vestnik VGTU. Seriâ «Ènergetika». 2014. T. 5, № 10. S. 86-88.

Транслитерация по ISO 9:1995



СУММАРНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПРИ РАБОТЕ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ КОТЛОВ ТЭЦ

А.Д. Грига, М.С. Иваницкий

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Статья посвящена определению суммарной токсичности выбросов пылеугольных котлов. Показано, что при расчете суммарной токсичности выброса необходимо учитывать частные показатели токсичности компонентов уходящих газов, в частности, бенз(а)пирен и монооксид углерода. Общая токсичность выброса является показателем экологичности работы энергоблока. Для различного угольного топлива в зависимости от его рабочих характеристик приведен алгоритм определения уровня недожога по монооксиду углерода. Показана возможность расчета концентрации монооксида углерода по известной концентрации бенз(а)пирена и в обратном порядке.

Показатель суммарной вредности выбросов позволяет оценивать общий фоновый уровень загрязненности атмосферы канцерогенными и токсичными веществами, особенно в районах расположения крупных угольных энергообъектов. Знание концентрации фона в свою очередь позволит проводить мероприятия по оптимизации границ санитарно-защитной зоны и способствовать минимизации воздействия угольных кластеров в районе застройки.

Ключевые слова: оксид углерода, бенз(а)пирен, токсичность, оксиды азота, горение топлива.

THE TOTAL TOXICITY OF PRODUCTS OF COMBUSTION DURING OPERATION OF COAL-FIRED BOILERS CHP

A.D. Griga, M.S. Ivanitskii

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

The article is devoted to determination of total toxic emissions from coal-fired boilers. It is shown that when calculating total emissions must be considered private indicators of toxic components of exhaust gases, in particular, benz(a)pyrene and carbon monoxide. The general toxicity of emissions is an indicator of the ecological operation of the unit. For various coal fuel, depending on its operating characteristics of the algorithm determining the level of underburning on carbon monoxide. The possibility of calculating the concentration of carbon monoxide by known concentrations of benz(a)pyrene and in reverse order.

The total harmful emissions allows us to estimate the total background level of atmospheric pollution is carcinogenic and toxic substances, especially in areas of large coal-fired power. Knowledge of the concentration of background, in turn, will allow optimization of the boundaries of the sanitary protection zone and to help minimise the impact of carbon clusters in the area.

Keywords: carbon monoxide, benz(a)pyrene toxicity, nitrogen oxides, combustion of fuel.



Анатолий Данилович
Грига
A.D. Griga

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Харьковский авиационный институт (1961).

Область научных интересов: компрессоры, экология энергетики.

Публикации: более 200.

Author information: Ph.D., professor of "Heat and Heat Engineering".

Education: Kharkov Aviation Institute (1961).

Research area: compressors, ecology of energy.

Publications: more than 200.



Максим Сергеевич
Иваницкий
Maxim S. Ivanitskii

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Филиал МЭИ (технический университет) в г. Волжском (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 40.

Author information: Ph.D., art. lecturer in "Heat and Heat Engineering".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research interests: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 40.

Введение

При сжигании ископаемого топлива на объектах энергетики в атмосферу выбрасываются вредные компоненты сгорания. Наиболее активными источниками выбросов являются котельные установки, сжигающие угольное топливо. При этом в атмосферу вносятся оксиды азота, углерода, серы, полиароматические углеводороды (ПАУ), парниковые газы и другие токсичные компоненты. Ярким канцерогенным представителем ПАУ является бенз(а)пирен (БП). Показатель токсичности БП превышает токсичность оксидов азота на семь порядков. Несмотря на низкий уровень массового выброса БП, необходимо учитывать его вклад в общую токсичность продуктов сгорания. При горении угольного топлива влияние степени метаморфизма топлива на общий выход продуктов недожога оказывается более весомым по сравнению со сжиганием природного газа или мазута. Необходимо отметить, что в последние годы внимание специалистов-экологов к загрязнению воздушного бассейна канцерогенными веществами повышается. Воздействие полиароматических соединений на окружающую среду и человека носит глобальный характер. Поэтому разработка прогнозных моделей для определения уровня загрязненности токсичными веществами прилегающих к объектам тепловых электростанций и районных котельных территорий носит актуальный характер [1-6].

Численное исследование

Концентрация БП в сухих дымовых газах котлов за золоуловителями при факельном сжигании углей $C_{\text{БП}}^T$, приведенная к избытку воздуха в газах $\alpha = 14$, рассчитывается по формуле

$$C_{\text{БП}}^T = \frac{AQ_H^P}{e^{1,5\alpha} \prod_{i=1}^N K_i}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки в зависимости от вида шлакоудаления (для топок с жидким шлакоудалением

$A = 0,378$, для котлов с твердым шлакоудалением $A = 0,521$); Q_H^P – теплотворная способность топлива, МДж/кг; α – коэффициент избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки; $\prod_{i=1}^N K_i = K_{\text{д}} K_{\text{зв}}$ – произведение коэффициентов для учета влияния нагрузки котла и степени улавливания БП золоуловителями. Погрешность методики составляет не более 20% [7].

Степень выгорания топлива $\beta_{\text{СТ}}$ зависит от величины химического и механического недожога и определяется по уравнению

$$\beta_{\text{СТ}} = 1 - q_3 - q_4. \quad (2)$$

Коэффициент избытка воздуха характеризует степень выгорания топлива и связан с ним соотношением

$$\alpha = C\beta_{\text{СТ}}^m, \quad (3)$$

где C – эмпирический коэффициент, определяемый по экспериментальным данным; m – показатель степени.

Химический недожог q_3 можно выразить через удельное содержание монооксида углерода СО в продуктах сгорания следующей зависимостью:

$$q_3 = \frac{1,013\text{CO}}{RQ_H^P}, \quad (4)$$

где R – коэффициент, зависящий от вида сжигаемого топлива и типа горелочного устройства; при сжигании твердого топлива $R = 0,5$.

Удельный выход СО с дымовыми газами определим по выражению

$$\text{CO} = C_{\text{СО}} \left[V_{\text{Г}}^0 + 1,0161(\alpha - 1)V_{\text{В}}^0 \right] \frac{t_{\text{yx}} + 273}{273}, \quad (5)$$

где $C_{\text{СО}}$ – содержание монооксида углерода в продуктах сгорания, мг/м³; $V_{\text{Г}}^0$, $V_{\text{В}}^0$ – теоретический объем дымовых газов и воздуха при сжигании 1 кг топлива, м³/кг; t_{yx} – температура уходящих газов, °С.

При этом концентрацию монооксида углерода (%) в продуктах сгорания можно вычислить по величине кислорода, содержанию трехатомных газов и характеристике твердого топлива β , она выражается следующей известной зависимостью:

$$C_{CO} = \frac{21 - O_2 - (1 + \beta)RO_2}{0,605 + \beta}, \quad (6)$$

где $RO_2 = CO_2 + SO_2 + H_2O$ – содержание трехатомных газов в продуктах сгорания топлива, %; O_2 – концентрация кислорода в дымовых газах, %.

Характеристика угля β зависит от его химического состава при рабочих параметрах и определяется выражением

$$\beta = 2,35 \frac{H^p - 0,126O^p + 0,038N^p}{C^p + 0,375S_{OP+K}^p}, \quad (7)$$

где $H^p, O^p, N^p, C^p, S_{OP+K}^p$ – содержание водорода, кислорода, азота, углерода и серы (органической и колчеданной) в топливе при рабочих условиях.

Таблица 1

Характеристики
пылеугольных котельных установок

Table 1

Characteristics of coal-fired boiler plants

Параметр	Тип котла				
	ТП-85	П-57	П-59	ПК-39-2	П-49
Паропроизводительность, т/ч	420	1650	860	950	1300
Тип системы шлакоудаления	ТШУ	ТШУ	ЖШУ	ТШУ	ЖШУ
Теплота сгорания топлива, МДж/кг	16,95	25,12	27,42	14,44	22,94
Концентрация монооксида углерода, мг/м ³	53	69	71	42	55
Потери теплоты с химическим недожогом, %	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05
Коэффициент избытка воздуха в топке	1,2	1,15	1,23	1,27	1,21
Концентрация бенз(а)пирена в уходящих газах, мкг/м ³	0,141	0,224	0,157	0,107	0,136
Суммарная токсичность выброса, П	77110	311497	110389	164818	187661

Суммарный показатель токсичности дымовых газов определяется по формуле

$$\Pi = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (8)$$

где Π_i – частный показатель токсичности i -го компонента выброса, например, частный показатель токсичности монооксида углерода – 1; бенз(а)пирена – $12,6 \cdot 10^8$.

В табл. 1-3 приведены расчетные данные, обуславливающие экологичность процесса сжигания угольного топлива на различных нагрузках котлов. Данные приведены с учетом 80%-го уровня задержки БП в электрофильтре.

В табл. 1 представлены данные расчета концентраций продуктов неполного сгорания и суммарной токсичности выбросов при работе пылеугольных котлов на нагрузке 25% от номинальной.

В табл. 2 представлены данные расчета концентраций продуктов неполного сгорания и суммарной токсичности выбросов при работе пылеугольных котлов на нагрузке 50% от номинальной при постоянных значениях коэффициента избытка воздуха.

В табл. 3 представлены данные расчета концентраций продуктов неполного сгорания и суммарной токсичности выбросов при работе пылеугольных котлов на полной нагрузке.

Таблица 2

Соотношение выбросов бенз(а)пирена
и монооксида углерода

Table 2

The ratio of emissions of benz(a)pyrene
and carbon monoxide

Параметр	Тип котла				
	ТП-85	П-57	П-59	ПК-39-2	П-49
Удельный выброс монооксида углерода, г/кг	0,86	1,09	1,10	0,56	0,93
Концентрация бенз(а)пирена в уходящих газах, мкг/м ³	0,302	0,479	0,336	0,229	0,297
Суммарная токсичность выброса, П	143591	589346	200129	294465	350036

Таблица 3

Выбросы продуктов неполного сгорания топлива

Table 3

Emissions of products of incomplete combustion

Параметр	Тип котла				
	ТП-85	П-57	П-59	ПК-39-2	П-49
Удельный выброс монооксида углерода, г/кг	0,53	0,81	0,94	0,38	0,68
Концентрация бенз(а)пирена в уходящих газах, мкг/м ³	0,647	1,027	0,720	0,491	0,637
Суммарная токсичность выброса, П	282562	1187507	395118	595310	694417

Обсуждение результатов

Бенз(а)пирен и монооксид углерода являются продуктами неполного сгорания топлива. При работе котла на пониженных нагрузках, отличных от номинального уровня, процесс смесеобразования ухудшается вследствие недостаточного перемешивания угольной пыли и воздуха, в результате чего увеличивается удельный выход монооксида углерода. При этом содержание БП в продуктах сгорания уменьшается. Это объясняется различием в механизмах генерации монооксида углерода и БП. Необходимо отметить, что БП является промежуточным соединением в механизме роста зародышей сажи при горении топлива и образуется на одной из стадий процесса. На данный процесс дополнительное влияние оказывают локальные области с недостатком кислорода в топочной камере, при этом углеводороды сгорают не полностью. При горении угольного топлива данная проблема в значительной степени может быть решена на улучшением аэродинамики топочной камеры.

Проведенный анализ показывает, что при увеличении нагрузки с 25 до 100% общая токсичность выбросов увеличивается в 3,5-4 раза для всех исследуемых пылеугольных блоков. Максимальная концентрация БП наблюдается на выходе из котла П-57 и составляет $1,027 \text{ мкг/м}^3$. Минимальное содержание БП, равное $0,107 \text{ мкг/м}^3$ отмечено при работе котла ПК-39-2 на нагрузке 25%. Наибольшее значение суммарной токсичности выброса определено при работе котла П-57.

Построим графическую зависимость суммарной токсичности выбросов от избытка воздуха при сжигании угольного топлива в котле П-57, аппроксимируя данные табл. 1 (рис. 1).

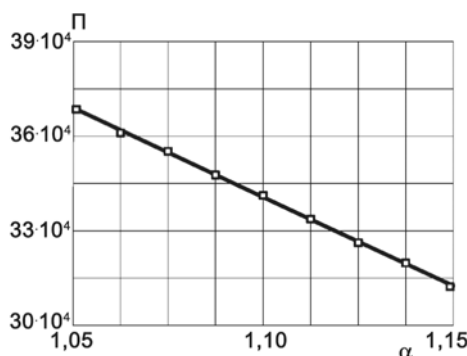


Рис. 1. Влияние коэффициента избытка воздуха в топочной камере на суммарную токсичность выбросов при работе пылеугольного энергоблока с котлом П-57

Fig. 1. The influence of the coefficient of excess air in the combustion chamber to the total toxicity of the emissions of coal-fired power boiler П-57

Приведенная на рис. 2 графическая зависимость характеризует линейный рост относительного содержания БП в уходящих газах при увеличении нагрузки котла. Данный характер роста является про-

типовым результатом, полученным при работе котлов на газовом топливе. Повышение паропроизводительности на энергоблоках, работающих на природном газе, приводит к снижению выхода БП. В некоторых случаях это можно объяснить степенью метаморфизма топлива и различными механизмами генерации БП. Уровень суммарной токсичности выбросов во многих случаях регулируется проведением внутритопочных мероприятий, в первую очередь оптимизацией соотношения «топливо-воздух» (рис. 1).

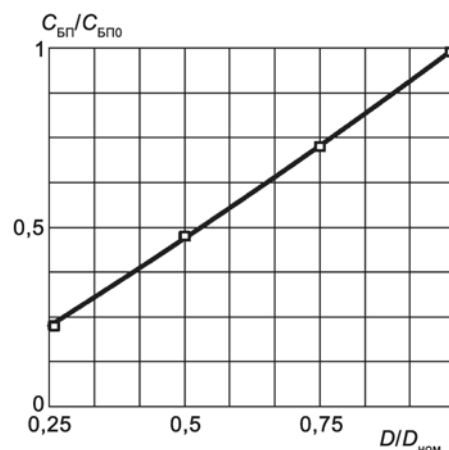


Рис. 2. Зависимость содержания БП от нагрузки пылеугольного котла ПК-39-2
Fig. 2. The dependence of the content unit from a load of coal-fired boiler ПК-39-2

Выводы

Определен уровень суммарной токсичности уходящих газов пылеугольных котлов большой тепловой мощности. Показано, что суммарная токсичность уходящих газов в заданных диапазонах технологических параметров на 76,2-96,6% обуславливается частной токсичностью БП.

Установлена связь между содержанием БП в продуктах сгорания угольной пыли и степенью выгорания топлива. Для различного угольного топлива в зависимости от его рабочих характеристик приведен алгоритм определения уровня недожога по монооксиду углерода. Показана возможность расчета концентрации монооксида углерода по известной концентрации БП и в обратном порядке.

Показатель суммарной вредности выбросов позволяет оценивать общий фоновый уровень загрязненности атмосферы канцерогенными и токсичными веществами, особенно в районах расположения крупных угольных энергокомплексов. Знание концентрации фона, в свою очередь, позволит проводить мероприятия по оптимизации границ санитарно-защитной зоны и способствовать минимизации воздействия угольных кластеров в районе застройки.

Список литературы

1. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок и способ автоматического регулирования процесса горения // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3 (83). С. 52-56.
2. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Фокин В.М., Грига С.А. Физико-химические процессы механизмов образования бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 27 (46). С. 28-33.
3. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок малой мощности // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14 (136). С. 67-70.
4. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение предельно допустимых концентраций нитропроизводных полиароматических соединений, образующихся в топках котлов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 11-12. С. 17-23.
5. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в уходящих газах камеры сгорания газовой турбины // Вестник ВГТУ. Серия «Энергетика». 2014. Т. 5, № 10. С. 86-88.
6. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Фокин В.М., Грига С.А. Построение модели для определения концентрации бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива в котельных установках систем теплоснабжения // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 28 (47). С. 143-150.
7. РД 153-34. 1-02. 316-2003. Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций. Введ. 01.07.03. Москва, 2003.

References

1. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie koncentracii benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh us-tanovok i sposob avtomatičeskogo regulirovaniâ processa gorenîâ // Ènergobereženie i vodopodgotovka. 2013. № 3 (83). S. 52-56.
2. Ivanickij M.S., Griga A.D., Fokin V.M., Griga S.A. Fiziko-himičeskie processy mehanizmov obrazovaniâ benz(a)pirena pri sžiganii uglevodorodnogo topliva // Vestnik VolgGASU. 2012. № 27 (46). S. 28-33.
3. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok maloj mošnosti // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 14 (136). S. 67-70.
4. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie predel'no dopustimyh koncentracij nitroproduzvodnyh poli-aromatičeskih soedinenij, obrazuûšihâ v topkah kotlov // Izvestiâ vuzov. Problemy ènergetiki. 2013. № 11-12. S. 17-23.
5. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v uhodâših gazah kamery sgoraniâ gazovoj turbiny // Vestnik VGTU. Seriâ «Ènergetika». 2014. T. 5, № 10. S. 86-88.
6. Ivanickij M.S., Griga A.D., Fokin V.M., Griga S.A. Postroenie modeli dlâ opredeleniâ koncentracii benz(a)pirena pri sžiganii uglevodorodnogo topliva v kotel'nyh ustanovkah sistem teplosnabženiâ // Vestnik VolgGASU. 2012. № 28 (47). S. 143-150.
7. RD 153-34. 1-02. 316-2003. Metodika rasčeta vybrosov benz(a)pirena v atmosferu parovymi kotlami èlektrostancij. Vved. 01.07.03. Moskva, 2003.

Транслитерация по ISO 9:1995



ОБРАЗОВАНИЕ БЕНЗ(А)ПИРЕНА ПРИ ГОРЕНИИ МАЗУТА В ТОПКЕ КОТЛА

М.С. Иваницкий

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Приведен анализ параметров, влияющих на интенсивность образования бенз(а)пирена при сжигании органического топлива в энергетических установках. Установлена функциональная зависимость влияния низшей теплоты сгорания мазута на условия генерации бенз(а)пирена в топочной камере котла.

Предложена методика расчета содержания бенз(а)пирена в уходящих газах с учетом влияния теплоты, вносимой в зону активного горения с топливом, воздухом, газами рециркуляции и влагой (водой или паром), характеризующая механизм и интенсивность процесса сжигания мазута.

Теплота сгорания топлива определяет механизм протекания процесса генерации бенз(а)пирена. Наличие тяжелых углеводородов способствует большему выходу канцерогенов и худшим условиям экологичности топочного процесса. Поэтому для значимого сокращения эмиссии бенз(а)пирена при сжигании мазута необходимо проводить исследования выгорания низкосортного и малореакционного топлива, особенно при использовании высокосернистых мазутов и мазутов с большим содержанием тяжелых углеводородов.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, мазут, уходящие газы, токсичность.

THE FORMATION OF BENZ(A)PYRENE IN THE COMBUSTION OF FUEL OIL IN THE BOILER FURNACE

M.S. Ivanitskii

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru
Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The analysis of the parameters influencing the rate of formation of benz(a)pyrene combustion of fossil fuels in power plants. Established the functional dependence of the influence of net calorific value of fuel oil at the conditions of generation of benz(a)pyrene in the combustion chamber of the boiler.

The methods of calculating the benz(a)pyrene content in the flue gases taking into account the influence of heat applied to the active combustion zone with the fuel, air, gas recirculation and moisture (water or steam) characterizing the mechanism and intensity of the combustion process of fuel oil.

The heat of combustion of the fuel determines the mechanism of the process of generation of benz(a)pyrene. The presence of heavy hydrocarbons contributes to greater release of carcinogens and worst environmental conditions of the combustion process. Therefore, for meaningful emissions reductions benz(a)pyrene combustion of heavy fuel oil needed to conduct research on burnout and low-grade alloreactive fuel, especially when using high sulfur content of fuel oils and fuel oils with high content of heavy hydrocarbons.

Keywords: benz(a)pyrene, oil, fumes, toxicity.



Максим Сергеевич
Иваницкий
Maxim S. Ivanitskii

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 47.

Author information: Ph.D., associate professor of department "Heat and Heat Engineering".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research interests: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 47.

Введение

Теплотворная способность углеводородного топлива характеризует уровень среднеинтегральной температуры в зоне активного горения (ЗАГ) топки котла. Температура в ЗАГ влияет на интенсивность и механизм образования полиароматических углеводородов (ПАУ) в продуктах сгорания. Бенз(а)пирен (БП) является ярким представителем ПАУ и канцерогенным веществом, в значительном количестве генерируется при горении мазута. На интенсивность образования БП дополнительно влияет степень метаморфизма мазута. В отечественной теплоэнергетике для получения тепла и электроэнергии применяют два основных типа мазута – М40 и М100, отличающихся между собой условной вязкостью и некоторыми другими рабочими характеристиками. Основные механизмы образования БП и способы определения его содержания в уходящих газах при горении органического топлива рассмотрены в работах и документах [1-14].

Тенденции по сокращению образования канцерогенных полиароматических соединений должны быть направлены в первую очередь для разработки и оптимизации топочных режимов работы котельных установок. Повышение интенсивности смесеобразования и выгорания топлива способствует снижению выхода всей группы ПАУ, и в частности, БП. Наладка режимов работы котла на максимальную экологичность выбросов возможна лишь при наличии доступных методов определения концентрации БП в дымовых газах. Так, наряду с концентрацией монооксида углерода содержание БП в продуктах сгорания является показателем, характеризующим неполноту сгорания углеводородного топлива. При горении мазута также следует большее внимание уделять процессу сажеобразования вследствие генерации БП на одной из стадий роста сажистых частиц.

Численное исследование

Концентрация БП (мкг/м^3) в сухих дымовых газах котлов при сжигании мазута, приведенная к избытку воздуха в уходящих газах, равному 1,4, рассчитывается в соответствии со стандартом отрасли, разработанным ОАО «ВТИ» по формуле [14]

$$C_{\text{Б(а)П}}^{\text{М}} = \frac{q_{\text{лг}}^{0,53} (0,232 + 0,606 \cdot 10^{-3} q_v)}{e^{-25(\alpha-1)}} \prod_{i=1}^N K_i, \quad (1)$$

где $q_{\text{лг}}$ – теплоснапряжение поверхности зоны активного горения, МВт/м^2 ; q_v – объемное теплоснапряжение топочного объема, кВт/м^3 ; α – коэффициент избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки;

$\prod_{i=1}^N K_i = K_{\text{р}} K_{\text{д}} K_{\text{ст}} K_{\text{вл}} K_{\text{оч}}$ – произведение коэффициентов для учета влияния рециркуляции, нагрузки котла, ступенчатого сжигания топлива, подачи влаги и очистки поверхностей нагрева.

Поверхностное теплоснапряжение в зоне активного горения рассчитывается по выражению

$$q_{\text{лг}} = B Q_{\text{н}}^{\text{р}} / F_{\text{ЗАГ}}, \quad (2)$$

где B – расход топлива на котел, кг/с ; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – теплота сгорания топлива, МДж/кг ; $F_{\text{ЗАГ}}$ – площадь поверхности зоны активного горения, м^2 .

Анализ (1) показывает, что теплота сгорания топлива прямо пропорционально влияет на образование БП. Следует отметить, что при повышении температуры в зоне активного горения интенсивность генерации БП должна снижаться вследствие более полного выгорания топлива. При температуре в ЗАГ выше 850°C БП образуется незначительно, лишь в некоторых случаях при нарушении топочного режима, связанного с недостатком кислорода, в отдельных областях топочной камеры генерируется значительное количество этого вещества.

В (1) не учитывается теплота, вносимая в зону горения с топливом, воздухом, газами рециркуляции и влагой. Поэтому значение эксплуатационной теплоты, вносимой в топочную камеру, предлагается рассчитывать по формуле

$$Q_{\text{ЭКСП}}^r = \beta_{\text{СТ}} Q_i^r + Q_{\text{ТЛ}} + Q_{\text{В}} + Q_{\text{ГР}} + Q_{\text{ВЛ}}, \quad (3)$$

где $\beta_{\text{СТ}}$ – степень выгорания топлива, зависящая от коэффициента избытка воздуха α в зоне активного горения; Q_i^r – теплота сгорания топлива, МДж/кг; $Q_{\text{ТЛ}}$ – теплота, вносимая в зону активного горения с топливом (при наличии предварительного подогрева), МДж/кг; $Q_{\text{В}}$ – теплота, вносимая в зону активного горения с воздухом, МДж/кг; $Q_{\text{ГР}}$ – теплота, вносимая в зону активного горения с газами рециркуляции, МДж/кг; $Q_{\text{ВЛ}}$ – теплота, вносимая в зону активного горения с влагой (водой или паром), МДж/кг.

В (3) степень выгорания топлива $\beta_{\text{СТ}}$ зависит от величины химического и механического недожога и определяется по уравнению

$$\beta_{\text{СТ}} = 1 - q_3 - q_4. \quad (4)$$

Химический недожог q_3 можно выразить через удельное содержание монооксида углерода СО в продуктах сгорания следующей зависимостью:

$$q_3 = \frac{1,013\text{СО}}{RQ_{\text{ЭКСП}}^r}, \quad (5)$$

где R – коэффициент, зависящий от вида сжигаемого топлива и типа горелочного устройства; при сжигании мазута $R = 0,65$.

Удельный выход СО с дымовыми газами определим по выражению

$$\text{СО} = C_{\text{СО}} \left[V_{\text{Г}}^0 + 1,0161(\alpha - 1)V_{\text{В}}^0 \right] \frac{t_{\text{yx}} + 273}{273}, \quad (6)$$

где $C_{\text{СО}}$ – содержание монооксида углерода в продуктах сгорания, мг/м³; $V_{\text{Г}}^0$, $V_{\text{В}}^0$ – теоретический объем дымовых газов и воздуха при сжигании 1 кг топлива, м³/кг; t_{yx} – температура уходящих газов, °С.

При этом концентрацию монооксида углерода (%) в продуктах сгорания можно вычислить по количеству кислорода, содержанию трехатомных газов и характеристике твердого топлива β и выразить следующей известной зависимостью:

$$C_{\text{СО}} = \frac{21 - \text{O}_2 - (1 + \beta)\text{RO}_2}{0,605 + \beta}, \quad (7)$$

где $\text{RO}_2 = \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ – содержание трехатомных газов в продуктах сгорания топлива, %; O_2 – концентрация кислорода в дымовых газах, %.

При $C_{\text{СО}} = 0$, $\text{O}_2 = 0$ с учетом (7) получим выражение для определения максимального выхода трехатомных газов:

$$\text{RO}_2 = \frac{21}{1 + \beta}. \quad (8)$$

При использовании экспериментальных данных по величине трехатомных газов возможно определить характеристику топлива:

$$\beta = 1 - \frac{21}{\text{RO}_2}. \quad (9)$$

Характеристика мазута β зависит от его химического состава при рабочих параметрах и определяется известным выражением

$$\beta = 2,35 \frac{\text{H}^{\text{P}} - 0,126\text{O}^{\text{P}} + 0,038\text{N}^{\text{P}}}{\text{C}^{\text{P}} + 0,375\text{S}_{\text{ОР+К}}^{\text{P}}}, \quad (10)$$

здесь H^{P} , O^{P} , N^{P} , C^{P} , $\text{S}_{\text{ОР+К}}^{\text{P}}$ – содержание водорода, кислорода, азота, углерода и серы (органической и колчеданной) в топливе при рабочих условиях.

Характеристики мазутных топлив β в зависимости от химического состава мазута на рабочую массу представлены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристики мазутных топлив
Table 1
Characteristics of residual fuels

Параметр	Месторождение		
	Усинское	Гремихинское	Мишинское
β	0,11	0,04	0,07

Учет исходного химического состава топлива позволяет более полно оценивать содержание БП в уходящих дымовых газах газомазутных котельных установок. Следует отметить, что образование трехатомных газов в топочной камере приводит к повышению содержания монооксида углерода в продуктах сгорания, а также созданию благоприятных условий для интенсивной генерации БП. Большие значения β способствуют повышенному образованию БП в топке.

Для корректного определения содержания БП в уходящих газах при горении мазута необходимо учитывать воздействие систем очистки поверхностей нагрева котла. Степень и интенсивность очистки конвективных поверхностей нагрева энергоустановки от сажистых частиц в значительной доле определяется типом применяемой технологии. Значения коэффициента очистки, учитывающего увеличение выброса БП при обработке поверхностей нагрева в рабочем состоянии, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента очистки, учитывающего увеличение выброса бенз(а)пирена при очистке поверхностей нагрева в рабочем состоянии [14]

Table 2

Values of the coefficient of purification that takes into account the increase in the emissions of benz(a)pyrene when cleaning the heating surfaces in working condition [14]

Период между очистками, ч	Коэффициент $K_{Oч}$	
	при дробевой очистке конвективных поверхностей нагрева	при обдувах регенеративных воздухоподогревателей
12-24	1,2	1,1
40-48	1,5	1,25
72	2,0	1,5

Повышенное содержание БП в продуктах сгорания в процессе очистки конвективных поверхностей нагрева при сжигании жидкого топлива объясняется абсорбированием его паров на взвешенных частицах удаляемых отложений. В свою очередь, необходимо отметить, что эффективность работы действующих систем очистки низкая. Поэтому коэффициент очистки лишь качественно характеризует удаление сажи-стых частиц и отложений с поверхностей нагрева и при этом позволяет оценивать расчетные значения концентраций БП в продуктах сгорания. В зависимости от длительности межочистного периода и типа системы значения коэффициента очистки изменяются в пределах 1,1-2,0. В значительной степени эффективность удаления сажи-стых частиц с поверхно-

стей нагрева указывает на необходимость учета вторичного выноса или загрязнения окружающей среды коксосожи-стыми частицами, на которых абсорбированы микропримеси БП. Отдельным важным моментом является необходимость учета вторичного выноса сажи-стых частиц и БП при расчете аварийных (предельных) выбросов вредных веществ в воздушный бассейн, особенно в районах плотной городской застройки или при проектировании и строительстве новых тепловых электростанций.

Выводы

Предложена методика расчета содержания БП в уходящих газах с учетом влияния теплоты, вносимой в зону активного горения с топливом, воздухом, газами рециркуляции и влагой (водой или паром), характеризующая механизм и интенсивность процесса сжигания мазута.

Установлена зависимость концентрации БП от содержания монооксида углерода и характеристики топлива β в продуктах сгорания при горении мазута.

Для значимого сокращения эмиссии БП при сжигании мазута необходимо проводить исследования выгорания низкосортного и малореакционного топлива, особенно при использовании высокосернистых мазутов и мазутов с большим содержанием тяжелых углеводородов.

Теплота сгорания топлива косвенным образом определяет механизм протекания процесса генерации БП. Наличие тяжелых углеводородов способствует большему выходу канцерогенов и худшим условиям экологичности топочного процесса и состояния окружающей среды.

Список литературы

1. Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. Л.: Недра, 1984.
2. Беджер Г.М. Химические основы канцерогенной активности. М.: Медицина, 1966.
3. Лавров Н.В., Розенфельд Э.И., Хаустович Г.П. Процессы горения топлива и защита окружающей среды / под ред. Н.В. Лаврова. М.: Металлургия, 1981.
4. Лавров Н.В., Стасевич Н.Л., Комина Г.М. О механизме образования бенз(а)пирена // Докл. АН СССР. 1972. Т. 206, № 6. С. 1363-1366.
5. Матвеев С.Г., Чечет И.В. Обоснование модели синтеза ПАУ на основе карбенного механизма пиролиза ацетилена // Проблемы и перспективы развития двигателестроения в Поволжском регионе: Докл. междунар. научн.-техн. конференции. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1997. Т. 2. С. 218-224.

References

1. Ahmedov R.B., Cirul'nikov L.M. Tehnologii sžiganiâ gorûčih gazov i židkih topliv. L.: Nedra, 1984.
2. Bedžer G.M. Himičeskie osnovy kancerogennoj aktivnosti. M.: Medicina, 1966.
3. Lavrov N.V., Rozenfel'd È.I., Haustovič G.P. Processy goreniiâ topliva i zašita okružaušej sredy / pod red. N.V. Lavrova. M.: Metallurgiiâ, 1981.
4. Lavrov N.V., Stasevič N.L., Komina G.M. O mehanizme obrazovaniâ benz(a)pirena // Dokl. AN SSSR. 1972. T. 206, № 6. S. 1363-1366.
5. Matveev S.G., Čečet I.V. Obosnovanie modeli sinteza PAU na osnove karbennogo mehanizma piroliza acetilena // Problemy i perspektivy razvitiâ dvigatelestroeniâ v Povolžskom regione: Dokl. meždunar. naučn.-tehn. konferencii. Samar. gos. aërokosm. un-t. Samara, 1997. T. 2. S. 218-224.

6. Лукачев С.В., Матвеев С.Г., Урывский А.Ф. О моделировании процесса образования бенз(а)пирена на основе глобальных реакций // Изв. вузов. Сер. Авиационная техника. 1996. № 1. С. 62-64.

7. Frenklach M., Clary D.W., Yuan T. et al. Mechanism of soot formation in acetylene-oxygen mixtures // Combustion Science and Technology. 1986. V. 50, № 1-3. P. 79-115.

8. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды: Учебник для вузов. М.: Изд. дом МЭИ, 2007.

9. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Фокин В.М., Грига С.А. Физико-химические процессы механизмов образования бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 27(46). С. 28-33.

10. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Грига С.А., Фокин В.М. Построение модели для определения концентрации бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива в котельных установках систем теплоснабжения // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 28(47). С. 143-150.

11. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок и способ автоматического регулирования процесса горения // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3(83). С. 52-56.

12. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок малой мощности // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14(136). С. 67-70.

13. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в уходящих газах камеры сгорания газовой турбины // Вестник ВГТУ. Серия «Энергетика». 2014. № 10. Т. 5. С. 86-88.

14. РД 153-34. 1-02. 316-2003. Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций. Введ. 01.07.03. Москва, 2003.

6. Lukačev S.V., Matveev S.G., Uryvskij A.F. O modelirovanii processa obrazovaniâ benz(a)pirena na osnove global'nyh reakcij // Izv. vuzov. Ser. Aviacionnâ tehnika. 1996. № 1. S. 62-64.

7. Frenklach M., Clary D.W., Yuan T. et al. Mechanism of soot formation in acetylene-oxygen mixtures // Combustion Science and Technology. 1986. V. 50, № 1-3. P. 79-115.

8. Roslâkov P.V. Metody zašity okružâúšej sredy: Učebnik dlâ vuzov. M.: Izd. dom MÊI, 2007.

9. Ivanickij M.S., Griga A.D., Fokin V.M., Griga S.A. Fiziko-himičeskie processy mehanizmov obrazovaniâ benz(a)pirena pri sžiganiî uglevodorodnogo topliva // Vestnik VolgGASU. 2012. № 27(46). S. 28-33.

10. Ivanickij M.S., Griga A.D., Griga S.A., Fokin V.M. Postroenie modeli dlâ opredeleniâ koncentracii benz(a)pirena pri sžiganiî uglevodorodnogo topliva v kotel'nyh ustanovkah sistem teplosnabženiâ // Vestnik VolgGASU. 2012. № 28(47). S. 143-150.

11. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie koncentracii benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok i sposob avtomatičeskogo regulirovaniâ processa gorenîâ // Ènergobereženie i vodopodgotovka. 2013. № 3(83). S. 52-56.

12. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok maloj mošnosti // Al'ternativnâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 14(136). S. 67-70.

13. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v uhodâših gazah kamery sgoraniâ gazovoj turbiny // Vestnik VGTU. Serîâ «Ènergetika». 2014. № 10. T. 5. S. 86-88.

14. RD 153-34. 1-02. 316-2003. Metodika rasčeta vybrosov benz(a)pirena v atmosferu parovymi kotlami èlektrostantsij. Vved. 01.07.03. Moskva, 2003.

Транслитерация по ISO 9:1995



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАСОЛЕННЫХ СТОКОВ

М.В. Одоевцева, С.С. Чекунов, И.В. Громова

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

В работе показана эффективность применения комбинированной схемы, включающей реагентное умягчение стоков, группу фильтров механической очистки и установку обратного осмоса для переработки регенерационных стоков ТЭЦ с целью повторного использования их в схемах подготовки воды.

Ключевые слова: засоленные стоки, содоизвесткование, обратноосмотическое обессоливание.

ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE COMBINED SCHEME OF TREATMENT OF SALTED DRAINS

M.V. Odoevtseva, S.S. Chekunov, I.V. Gromova

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

In this article efficiency of the application of the combined scheme including reagent softening of drains, a group of filters of mechanical cleaning and an installation of the return osmosis for treatment of regeneration drains of TPP for the purpose of reusing them in schemes of water preparation is shown.

Keywords: salted drains, soda liming process, reverse osmotic desalination.



*Марина
Вячеславовна
Одоевцева
Marina V. Odoevtseva*

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология воды и топлива».

Образование: Волгоградский политехнический институт (1982).

Область научных интересов: водоподготовка на теплоэнергетических и промышленных предприятиях, компьютерные технологии.

Публикации: более 60.

Information about the author: Ph.D., Associate Professor of "Water and Fuel Technology".

Education: Volgograd Polytechnic Institute (1982).

Research area: water to heat and power and industrial plants, computer technology.

Publications: more than 60.



Сергей Сергеевич
Чекунов
Sergey S. Chekunov

Сведения об авторе: магистр.
Образование: Московский энергетический институт (2014).
Область научных интересов: водоподготовка в теплоэнергетике.
Публикации: 6.

Information about the author: master.
Education: Moscow Power Engineering Institute (2014).
Research area: water in the heat power engineering.
Publications: 6.



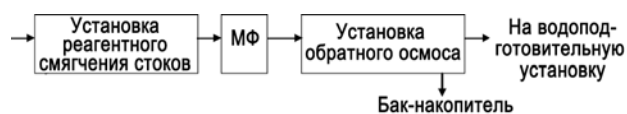
Ирина Викторовна
Громова
Irina V. Gromova

Сведения об авторе: зав. лабораторией «Технологии воды и топлива».
Образование: Саратовский гос. университет (1996).
Область научных интересов: водоподготовка на теплоэнергетических и промышленных предприятиях.
Публикации: 5.

Information about the author: head of laboratory "Water and Fuel Technology".
Education: Saratov State University (1996).
Research area: water to heat and power and industrial plants.
Publications: 5.

Одной из актуальных задач современной энергетики является повышение надежности и экономичности работы энергетических систем. Известно, что экономичность работы водоподготовительного оборудования в значительной степени зависит от степени замкнутости и безотходности цикла. ТЭЦ являются крупными источниками различных видов сточных вод, из которых следует выделить стоки водоподготовительных установок, в настоящее время сливаемых на большинстве станций в пруды-накопители шлама, вследствие высокого содержания солей. Снижение количества стоков должно сводиться к их повторному использованию на водоподготовительных установках. Сегодня разработан и эксплуатируется ряд установок, обеспечивающих малоотходные и малосточные системы водопользования на ТЭЦ.

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические, биологические и комбинированные. Комбинированная схема установки переработки засоленных стоков [1] представлена на рисунке.



Принципиальная схема установки очистки
засоленных стоков ТЭЦ
Schematic diagram of saline wastewater treatment plant CHP

В результате эксплуатации схем обессоливания воды Волжских ТЭЦ формируются: засоленные стоки после ОН-фильтров; засоленные стоки после Н-фильтров; отмывочные воды после Н-фильтров; отмывочные воды после ОН-фильтров; кислые и щелочные воды после взрыхления Н и ОН фильтров.

Поскольку технология утилизации щелочных стоков с целью получения раствора щелочи уже реализована [2], то представляет интерес оценить эффективность применения комбинированной схемы [1] для переработки кислых стоков. На Волжских ТЭЦ количество кислых стоков преобладает.

Важным условием надежной и экономичной работы обратноосмотических мембран является предотвращение выпадения кальция и магния. Одним из путей решения этой проблемы является реагентная предочистка засоленных стоков [1, 2].

В целях подбора реагентов, их концентраций на процесс предмембранной подготовки кислых стоков был проведен ряд теоретических и экспериментальных исследований. На основании экспериментальных данных установлено, что максимальное снижение жесткости засоленных стоков достигается при использовании содоизвесткования [3].

Определены расчетные величины дозы извести и соды для отмывочных вод Н-катионитных фильтров: для 1 пробы * – $D_{\text{и}} = 351 \text{ мг-экв/дм}^3$, $D_{\text{с}} = 40 \text{ мг-экв/дм}^3$; для 2 пробы – $D_{\text{и}} = 42,2 \text{ мг-экв/дм}^3$, $D_{\text{с}} = 40 \text{ мг-экв/дм}^3$; для 3 пробы – $D_{\text{и}} = 10,9 \text{ мг-экв/дм}^3$, $D_{\text{с}} = 10 \text{ мг-экв/дм}^3$.

Таблица 1

Состав отмывочных вод
до и после содоизвесткования

Table 1

Composition of the washout water before and
after soda liming process

Показатель качества	Пробы*					
	1		2		3	
	до	после	до	после	до	после
$J_{\text{о}}, \text{ммоль/дм}^3$	36	0,6	3,25	0,6	2,6	0,6
$J_{\text{Ca}}, \text{ммоль/дм}^3$	27	0,6	2	0,6	1,4	0,6
$Ш_{\text{о}}, \text{ммоль/дм}^3$	-	4	-	22	-	4
pH	1,3	8,6	2,2	10,3	2,4	10,3
$C/C, \text{мг/дм}^3$	3800	3400	1850	1800	1080	1090
$C_{\text{Cl}}, \text{мг/дм}^3$	28,4	14,4	14,2	14,2	14,5	14,5
$C_{\text{SO}_4^{2-}}, \text{мг/дм}^3$	8000	8000	700	700	300	300

* пробы отбирались через фиксированные промежутки времени после начала отмывки Н-катионитного фильтра: 1 проба – через 10 минут отмывки, 2 проба – через 20 минут отмывки, 3 проба – через 30 минут отмывки.

Таблица 2

Результаты исследования модельных растворов

Table 2

Results of the study of model solutions

Показатель	Модельные растворы										
	1				2				3		
Давление, МПа	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7
$G_{\text{перм}}, \text{л/ч}$	7	11	14	16	7	13	14	16	7	14	16
$G_{\text{конц}}, \text{л/ч}$	38	34	29	25	38	32	29	25	38	29	25
$R, \%$	14	25	32	39	14	33	32	39	14	32	39
$C_{\text{Na}^+ \text{ перм}}, \text{мг/дм}^3$	5,8	7,3	7,6	2,8	27,6	19,1	15,5	13,9	52,6	52,7	41,0
$C/C_{\text{конц}}, \text{г/дм}^3$	1,4	1,7	2,0	2,4	2,3	2,7	2,8	3,8	3,8	4,1	4,4
$C/C_{\text{перм}}, \text{мг/дм}^3$	37	34	58	50	95	102	100	100	207	217	217

Результаты исследований показали (табл. 2), что мембранное обессоливание модельных растворов концентрацией 1-3 г/л целесообразно проводить при давлении 0,6-0,7 МПа. При таких давлениях, независимо от концентрации раствора, солесодержание умягченных стоков снижается в 20-14 раз. Количество солей в пермеате после УОО в 2-6 раз меньше солесодержания воды Волгоградского водохранилища. Стоки такого качества целесообразно повторно использовать в схемах водоподготовки ТЭЦ. Экспериментальные данные подтверждают результаты расчетов [5, 6].

Таким образом, в результате исследований подтверждена эффективность применения комбинированной схемы переработки кислых стоков Волжской ТЭЦ с целью их повторного использования в производственном цикле. Однако при содоизвестковании отмывочных растворов реальных схем формируются более сложные водно-солевые системы. Для наибольшей достоверности полученных данных мембранное обессоливание необходимо реализовать с применением умягченных отмывочных вод Н-катионитных фильтров Волжских ТЭЦ.

Список литературы

1. Глубокая очистка и обессоливание сточных вод с созданием замкнутого цикла водопотребления. Режим доступа: www.vladbmt.ru/files/catalog.pdf.
2. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А., Вафин Т.Ф. Электромембранные технологии в энергетике. Казань, 2012. С. 259.
3. Одоевцева М.В., Гаврилина Д.Л., Скоромная О.С. Анализ современных методов утилизации стоков схемы умягчения воды. Моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий: Межрегиональная научно-практическая конференция. г. Волжский, 24-27 сентября 2013. Сборник материалов конференции. Волжский, филиал МЭИ в г. Волжском, 2013. С. 17-19.
4. РД 34.37.103 Методические указания по проектированию обессоливающих установок с сокращенными расходами реагентов и сокращенными стоками. Москва, 1987.
5. Одоевцева М.В., Чекунов С.С. Разработка метода утилизации засоленных стоков. Тез. докл. Двадцатой межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов. г. Волжский, 26-30 мая 2014. С. 70-72.
6. Одоевцева М.В., Чекунов С.С. Метод очистки засоленных стоков. Заочная научно-практическая конференция с международным участием. 1 декабря 2013 – 15 января 2014. Сборник материалов конференции. г. Волжский, филиал МЭИ в г. Волжском, 2014. С. 146-149.

References

1. Glubokaâ oĉistka i obessolivanie stoĉnyh vod s sozdaniem zamknutogo cikla vodopotrebleniâ. Reŝim dostupa: www.vladbmt.ru/files/catalog.pdf.
2. Čičirova N.D., Čičirov A.A., Vafin T.F. Èlektromembrannye tehnologii v ènergetike. Kazan', 2012. S. 259.
3. Odoevceva M.V., Gavrilina D.L., Skoromnaâ O.S. Analiz sovremennyh metodov utilizacii stokov shemy umâgĉeniâ vody. Modelirovanie i sozdanie ob"ektov ènergo- i resursosberegauših tehnologij: Mežregional'naâ nauĉno-praktičeskaâ konferenciâ. g. Volžskij, 24-27 sentâbrâ 2013. Sbornik materialov konferencii. Volžskij, filial MÈI v g. Volžskom, 2013. S. 17-19.
4. RD 34.37.103 Metodiĉeskie ukazaniâ po proektirovaniû obessolivauših ustanovok s sokrašennymi rashodami reagentov i sokrašennymi stokami. Moskva, 1987.
5. Odoevceva M.V., Čekunov S.S. Razrabotka metoda utilizacii zasolennyh stokov. Tez. dokl. Dvadcatoj mežvuzovskoj nauĉno-praktičeskoj konferencii molodyh uĉenyh i studentov. g. Volžskij, 26-30 maâ 2014. S. 70-72.
6. Odoevceva M.V., Čekunov S.S. Metod oĉistki zasolennyh stokov. Zaoĉnaâ nauĉno-praktičeskaâ konferenciâ s meždunarodnym uĉastiem. 1 dekabrâ 2013 – 15 ânvarâ 2014. Sbornik materialov konferencii. g. Volžskij, filial MÈI v g. Volžskom, 2014. S. 146-149.

Транслитерация по ISO 9:1995





ПЕРСПЕКТИВНОЕ БИЗНЕС-НАПРАВЛЕНИЕ – ПОЛУЧЕНИЕ ТОВАРНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВ

М.С. Иваницкий, С.А. Грига, А.Д. Грига

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В статье рассматривается проблема переработки золошлаков (ЗШ) от сжигания угля ТЭС в товарные продукты. Выполнен обзор областей использования ЗШ, материалы обзора представлены в сжатом виде. Основное внимание уделено организации индустрии переработки ЗШ за рубежом и в России. Показано, что переработка ЗШ – перспективное бизнес-направление, которое может стать источником инвестиций для технического перевооружения ТЭС; финансовым источником покрытия экологических платежей; повысить рентабельность производства многопереловных продуктов из ЗШ, электроэнергии и тепла.

Отмечается, что России необходима координирующая национальная структура, предназначенная для решения проблемы эффективного превращения ЗШ в товарную продукцию. Отечественный и международный опыт показывает, что наиболее приемлемой для использования является система летучей золы сухого отбора.

Ключевые слова: золошлаки, товарные продукты, организация переработки.

PROMISING BUSINESS DIRECTION IS THE MARKETABLE PRODUCT OF ASH AND SLAG

M.S. Ivanitskii, S.A. Griga, A.D. Griga

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The article considers the problem of processing ash and slag (ZS) from coal burning power plants in commercial products. There is a review of uses ZS, the overview is presented in a condensed form. The main attention is paid to the organization processing industry ZS abroad and in Russia. It is shown that processing ZS – promising business direction, which can be a source of investments for technical re-equipment of thermal power plants; financial source of coverage of environmental charges; to increase the profitability of multi-stage products of this example and of electricity and heat.

It is noted that Russia needs a national coordinating structure designed to solve effectively turning this example into marketable products. Domestic and international experience show that the most acceptable is the system of dry fly ash of selection.

Keywords: ashes, commodity products, the organization of processing.



Максим Сергеевич
Иваницкий
Maxim S. Ivanitskii

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 47.

Information about author: Ph.D., associate professor in “Heat and Heat Engineering”.

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research interests: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 47.



Степан Анатольевич
Грига
Stepan A. Griga

Сведения об авторе: канд. техн. наук, начальник планово-производственной службы производственного управления «Мосэнерго».

Образование: ВФ МЭИ (2002).

Область научных интересов: экология энергетики.

Публикации: 15.

Information about author: Ph.D., head of planning and production services production management "Mosenergo".

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2002).

Research area: ecology in power engineering.

Publications: 15.



Анатолий Данилович
Грига
Anatoliy D. Griga

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Харьковский авиационный институт (1961).

Область научных интересов: компрессоры, экология энергетики.

Публикации: более 200.

Information about author: Ph.D., professor of “Heat and Heat Engineering”.

Education: Kharkov Aviation Institute (1961).

Research area: compressors, ecology of energy.

Publications: more than 200.

Введение

Тепловые электростанции всего мира, использующие в качестве топлива уголь, производят более 490 млн тонн золошлаков (ЗШ) ежегодно. Наиболее крупные потребители угля и, соответственно, производители золошлаков находятся в Азии (Китай, Индия, Япония, другие страны региона). На их долю приходится 154 млн тонн ЗШ. Угольные «отходы» продолжают накапливаться со скоростью 131 млн тонн в год в США [1]. В России, оценочно, накапливается более 100 млн тонн ЗШ в год.

Разработано более 300 видов различных технологий использования ЗШ материалов во всех сферах народного хозяйства, это промышленное, гражданское, дорожное строительство; исправление ландшафта, рекультивация, сельское хозяйство; получение ценного сырья.

Строительная продукция, полученная на ТЭС, как подтверждает отечественная и мировая практика, производится с наименьшими затратами. В свою очередь, себестоимость электроэнергии ТЭС снижается тем в большей степени, чем в больших количествах реализуется попутная минеральная продукция

[2]. Многопредельные продукты из ЗШ по своей конкурентоспособности позволяют выходить на зарубежные рынки. ЗШ, как товарный продукт и сырье для многопредельных ЗШ продуктов, для ТЭС ничего не стоят, так как входят в себестоимость электроэнергии, расфасованные многопредельные продукты на основе ЗШ могут длительно храниться в складских помещениях, не снижая своих потребительских свойств.

Использование ЗШ:

- цемент (портландцемент, композиционные зольные и шлаковые цементы), золоемкость в составе отдельных цементов может достигать 30-70% [1];
- бетон тяжелый, легкий, ячеистый, автоклавный; добавки в бетон, раствор, цемент;
- сухие строительные смеси для растворов различного назначения (штукатурные, шпаклевочные, клеевые, гидрофобные, наливные и др.), клеи;
- производство кирпича, пористые ЗШ заполнители, керамика (зольная керамика, стеновые керамические изделия), легкие и прочные стеновые камни, теплоизоляционные материалы, облицовочные материалы стен, тротуарная долговечная плитка, плитка и кафель подстилающего слоя, камень для набережных для прохождения воды;
- вещество, удерживающее влагу (создание искусственных почв, восстановление засоленных, солонцовых почв), удобрения;
- строительство дорог (нижние подстилающие дорожные основания, частичная замена вяжущих при стабилизации грунтов цементом и известью, минеральный порошок в асфальтовых бетонах и растворах, добавки в дорожные цементные бетоны), многофракционный щебень, кровельные и гидроизоляционные мастики;
- подземное строительство, сооружение подпорных стенок;
- засыпка фундаментов зданий, насыпка для обвалования разливов вредных веществ;
- рекультивация отработанных карьеров, полигонов, подкладочный слой полигонов для свалок;
- шихта для получения алюминия, концентрат для получения железа;
- замена 50-85% опилок в древесноплитах для настилов и ограждений, скамеек, материалов для кровли;
- полые алюмосиликатные микросферы используются для снижения плотности и повышения тепло-, электро- и звукоизоляционных свойств различных материалов.

Стоимость полых микросфер из золы ТЭС ниже, чем при получении промышленными методами. Перечислены основные области использования ЗШ, но постоянно появляются новые описания использования ЗШ, например, вплоть до укрепления тропинок туристических пешеходных маршрутов в заповедниках.

Организация переработки ЗШ, международная практика

В 50-60-х годах прошлого века вокруг городов страны было построено бесчисленное количество пригородных поселков. Основным материалом строительства домов служили золошлаки заводских котельных, городских котельных и ТЭС. Уровень организации строительства пригородных поселков определялся частной инициативой населения при минимальной помощи заводских и городских организаций. В настоящее время необходима новая организация взаимодействия энергетических комплексов и строительных организаций. Обратимся к зарубежному опыту организации переработки ЗШ.

На первом этапе создается координирующая организация. Например, в 1990 г. европейские производители электрической энергии основали Европейскую Ассоциацию продуктов сжигания угля (ЕСОВА), в 1993 г. был создан национальный совет угольной золы Израиля (NCAB). Цели этих организаций: организация государственного и частного финансирования, развитие технологий использования попутных продуктов угольных электростанций, развитие необходимых законодательных регулирующих мер, разработка стандартов и технической документации, развитие рынков ЗШ, обучение и профессиональная поддержка, помощь в преодолении административных барьеров и так далее.

ЕСОВА была инициатором создания Международного Совета «Продукты сгорания угля (ПСУ)», форума для международного обмена информацией по ПСУ через Интернет. ЕСОВА образовала рабочие комитеты «Связи и маркетинг», «Вопросы окружающей среды», «Стандартизация». Сегодня Ассоциация включает 18 участников, тесно сотрудничает с Американской Ассоциацией угольной золы (АКАА), Канадскими предприятиями переработки ЗШ (CIRCA), центром утилизации угля в Японии (CCUJ).

В Германии находится наибольшая фирма Европы по использованию зол ТЭС Bau Mineral (BM) – дочерняя фирма энергосистемы, связующее звено между ТЭС и строительной индустрией.

Продукция BM отвечает стандартам и инструкциям DIN, которая подвержена внешнему контролю со стороны институтов тестирования стройматериалов. Прежде всего, продукция контролируется непрерывно специальными хорошо оснащенными лабораториями при ТЭС. Сухая зола поступает в силосы емкостью 40-60 тыс. тонн рядом с корпусом ТЭС. Обязательно строятся небольшие силосы с суточной и двухсуточной емкостью, из которых отбираются пробы для лабораторного анализа золы и в которых она технологическими методами перемешивания и объемного дозирования по фракционному составу доводится до соответствия нормативным требованиям, после чего зола перегружается в силосы-хранилища. Топочный песок и граншлаки



утилизируются полностью. Граншлаки – заменитель песка при пескоструйной очистке. При измельчении шлака получают мелко-, средне- и крупнозернистый песок. Главное требование – однородность свойств. Продукция экспортируется в соседние страны.

Наличие сертификатов обязательно, если летучая зола идет в строительство и индустрию строительства. Для Германии, оценочно, использование ЗШ ТЭС эквивалентно дополнительному производству 3,1 млн тонн цемента. В результате такой организации переработки ЗШ окупаются расходы на строительство silos, оснащение лабораторий, транспорт. Появляются дополнительные рабочие места. Из доходов ТЭС производятся выплаты заработной платы сотрудникам новых рабочих мест и природоохранным организациям за вредные выбросы всего технологического комплекса.

В США строители обязаны в соответствии с законодательством применять золу ТЭС в бетонах и растворах. Нарушители подвергаются экономическим санкциям от государства. Так, для приготовления бетона используется 11%, в гипсовых стеновых плитах используется 6%, для приготовления клинкера 3% ЗШ [1]. Инициативу способов переработки ЗШ в США берут на себя электроэнергетические компании. Государство обеспечивает законодательную базу, оказывает финансовую помощь в реализации наилучших достигнутых технологий (НДТ) в энергетике для сокращения воздействия на окружающую среду [3-5].

В Польше используются мощные экономические рычаги, направленные на использование ЗШ. Заслуживает большого внимания организация переработки ЗШ в Израиле.

Правительственное агентство «Национальный совет угольной золы» (NCAB) Израиля координирует национальные усилия для решения проблемы ЗШ Министерством национальных инфраструктур, Министерством промышленности, Министерством охраны окружающей среды, Министерством сельского хозяйства, Министерством внутренних дел, Electric Company (МЭК) и Национальной угольной сбытовой компанией (NCSC).

К решению отдельных задач проблемы ЗШ в Израиле привлекались Геологический институт, Институт сельскохозяйственных исследований, Институт гигиены, Национальный научно-исследовательский институт строительства, Израильский технологический институт, Институт наук об окружающей среде, Еврейский университет и другие научно-исследовательские организации. Широко использовался опыт специалистов и ученых США, Франции, Нидерландов и других стран.

России необходимо создать свою национальную организацию ПСУ, установить тесные контакты со всеми организациями мира по угольной золе, перенять передовой опыт превращения ЗШ в товарную продукцию, привлечь к решению данной проблемы

малый, средний и крупный бизнес, координировать работу в государстве всех заинтересованных организаций.

Малый бизнес. Опыт малых предприятий, использующих ЗШ, показывает, что предприятия от 7 до 30 человек при ТЭС могут работать эффективно. Руководители таких предприятий (местные жители) хорошо ориентируются в потребностях внутреннего рынка, имеют деловые и личные отношения с потребителями и партнерами, легче изыскивают финансовые и трудовые ресурсы на местах.

Средний бизнес. Его деятельность может охватывать несколько губерний. Заводы могут выпускать строительные изделия, строительные материалы, различные вещества для нужд промышленности и сельского хозяйства, производить импортную продукцию. Примером хорошего сочетания выработки электроэнергии и строительных изделий может служить Рефтинская ГРЭС. На ее площадке более 40 лет изготавливают легкие и прочные стеновые камни [2]. Пример из области сельскохозяйственного производства: омские ученые-агрономы получили гранулированный продукт, состоящий на 65-75% из ЗШ, который заменяет сыромолотый гипс, применяемый для мелиорации солонцов более 200 лет. В 2005 году в ОКБ СибНИИСХ был создан глубоководный РН-4. Омский экспериментальный завод Россельхозакадемии за внедрение в производство РН-4 был награжден на Всероссийской выставке Золотой медалью. Агрегат позволяет проводить глубокую обработку почвы с одновременным внесением гранул ЗШ в подпахотный слой.

Крупный бизнес. Работает в масштабах государства. Это создание предприятий, выпускающих оборудование для предприятий малого и среднего бизнеса, создание систем транспортировки ЗШ, международная торговля продукцией ЗШ переработки. Например, в России разработан проект «Модульный завод сухих строительных смесей», который устанавливается вблизи или на площадках ТЭС. Из модульных заводов создаются путем наращивания объекты любой производительности.

В России успешно работают фирмы в области транспортировки ЗШ: инжиниринговая компания «Системы Пневмотранспорта» (Таганрог), «Российская инжиниринговая компания».

Выводы

России необходима координирующая национальная структура, предназначенная для решения проблемы эффективного превращения ЗШ в товарную продукцию. Отечественный и международный опыт показывает, что наиболее приемлемой для использования является система летучей золы сухого отбора.

ЗШ – это не отходы, а вещества, обеспечивающие колоссальную прибыль. ЗШ – источник сырья и материалов. Переработка ЗШ – перспективное бизнес-направление:

– источник инвестиций на техническое перевооружение ТЭС;

– финансовый источник покрытия экологических платежей ТЭС;

– рентабельность производства многопередельных продуктов из ЗШ на ТЭС превышает рентабельность производства самой электроэнергии.

Использование ЗШ – важное направление экологической безопасности угольных ТЭС.

Список литературы

1. Мусор или сокровище? Использование отходов угледобычи для работы / Девид Телембаум // [http://www.thefreelibrary.com/Trash or treasure Putting coal combustion waste to work-a 0212769443](http://www.thefreelibrary.com/Trash+or+treasure+Putting+coal+combustion+waste+to+work-a+0212769443). Дата обращения: 22.06.2015.

2. Уфимцев В.М., Капустин Ф.Л. Активное расширение использования золошлаков тепловых электростанций // Энергетик. 2013. № 7. С. 25–28.

3. Иваницкий М.С., Грига А.Д. Определение концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок и способ автоматического регулирования процесса горения // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 3 (83). С. 52–56.

4. Иваницкий М.С., Грига А.Д., Фокин В.М., Грига С.А. Физико-химические процессы механизмов образования бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива // Вестник ВолГАСУ. 2012. № 27(46). С. 28–33.

5. Грига А.Д., Иваницкий М.С. Определение содержания бенз(а)пирена в дымовых газах котельных установок малой мощности // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14(136). С. 67–70.

References

1. Musor ili sokroviše? Ispol'zovanie othodov ugledobyči dlâ raboty / Devid Telembaum // [http://www.thefreelibrary.com/Trash or treasure Putting coal combustion waste to work-a 0212769443](http://www.thefreelibrary.com/Trash+or+treasure+Putting+coal+combustion+waste+to+work-a+0212769443). Data obra-šeniâ: 22.06.2015.

2. Ufimcev V.M., Kapustin F.L. Aktivnoe rasshirenie ispol'zovaniâ zološlakov teplovyh elektrostancij // Ènergetik. 2013. № 7. S. 25–28.

3. Ivanickij M.S., Griga A.D. Opredelenie koncentracii benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok i sposob avtomatičeskogo regulirovaniâ processa gorenâ // Ènergobereženie i vodopodgotovka. 2013. № 3 (83). S. 52–56.

4. Ivanickij M.S., Griga A.D., Fokin V.M., Griga S.A. Fiziko-himičeskie processy mehanizmov obrazovaniâ benz(a)pirena pri sžiganiî uglevodorodnogo topliva // Vestnik VolgGASU. 2012. № 27(46). S. 28–33.

5. Griga A.D., Ivanickij M.S. Opredelenie soderžaniâ benz(a)pirena v dymovyh gazah kotel'nyh ustanovok maloj mošnosti // Al'ternativnââ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 14(136). S. 67–70.

Транслитерация по ISO 9:1995



КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ И МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОНВЕРСИОННОЙ РАЗРАБОТКИ

Г.Ф. Терентьев, А.И. Пануша

Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Волжском
404110 Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 21-01-60; email: vfmei@vfmei.ru; gefeter@mail.ru; papusha@a27.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Исследуется возможность разработки экоэнергетических региональных и межрегиональных проектов на базе отечественной конверсионной разработки. Представлена технологическая схема экоэнергетической системы, в основу которой заложен принципиально новый тип высокоскоростного высокотемпературного горения. Созданный научно-технический задел позволяет создавать мобильные комплексы автомобильного, водного, железнодорожного, авиационного базирования. Сочетание стационарных объектов и мобильных комплексов позволяет оптимизировать решение объектовых, муниципальных, региональных и межрегиональных экоэнергетических проблем. Формирование комплексного проекта осуществляется на интеграционной основе, где каждый из участников решает в первую очередь собственную наиболее острую проблему. Изложены проблемы Волгоградского региона, которые можно решить на основе регионального экоэнергетического проекта, и результаты промышленной апробации разработок в других регионах.

Ключевые слова: экология, энергетика, экоэнергетический проект, мобильный комплекс, местные топливные ресурсы, проблема промышленных отходов, малая энергетика, утилизация.

CONCEPT ECOENERGY REGIONAL AND INTERREGIONAL PROJECTS BASED ON DOMESTIC CONVERSION DEVELOPMENT

G.F. Terentyev, A.I. Papusha

Volzhsky branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel./fax: (8443) 21-01-60; email: vfmei@vfmei.ru; gefeter@mail.ru; papusha@a27.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The possibility of developing ecoenergy regional and interregional projects on the basis of domestic conversion development. Technological schemes ecoenergy system, which laid the basis for a fundamentally new type of high-speed high-temperature combustion. Created technological advance allows you to create mobile systems road, water, rail and air bases. The combination of fixed sites and mobile systems to optimize the solution of the object, municipal, regional and interregional ecoenergy problems. Formation of a complex project is carried out on the basis of integration, where each of the participants decides to first own the most acute problem. Volgograd region pose problems that can be solved through regional ecoenergy the project and the results of testing of industrial development in other regions.

Keywords: ecology, energy, ecoenergy project, mobile complex, local fuel resources, the problem of industrial waste, low energy, disposal.



Геннадий Федорович
Терентьев
Gennady F. Terentyev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Образование: Ленинградский механический институт (1962).

Область научных интересов: водородная энергетика, диагностика энергетического оборудования, теория горения, энергетические установки.

Публикации: 160.

Author information: Ph.D., associate professor, professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Leningrad Mechanical Institute (1962).

Research interests: hydrogen power, diagnostics of power equipment, theory of combustion, power plants.

Publications: 160.



Анатолий Иванович
Пануша
Anatoliy I. Papusha

Сведения об авторе: д-р техн. наук, акад. РАЕН, главный научный сотрудник ЦНИИМАШ.
Образование: Харьковский авиационный институт (1963).
Область научных интересов: ракетно-космическая техника, экоэнергетические системы.
Публикации: более 100.

Author information: Dr. Sci (Tech.), acad. of Natural Sciences, chief researcher of Central Research Institute of Machine Building.

Education: Kharkov Aviation Institute (1963).

Research interests: rocket and space technology, ecoenergy system.

Publications: more than 100.

Предлагается концепция региональных и межрегиональных проектов заинтересованных участников для решения первоочередных проблем современной экологии и энергетики (экоэнергетических проектов). В основу проектов закладывается отечественная конверсионная разработка, начало которой положено еще в 1980-е годы. По конкретной реализации данной разработки принималось Постановление Правительства Российской Федерации № 216 от 28 февраля 1996 года «О первоочередных мероприятиях на 1996-1998 годы по решению проблемы отходов в Российской Федерации», где было предусмотрено создание экспериментальной установки по переработке производительностью до 0,5 тыс. тонн в год в Рязанской области и Постановление Правительства Российской Федерации № 1098 от 13 сентября 1996 года, предусматривавшее промышленное внедрение установки. Однако эти постановления не были реализованы из-за отсутствия финансирования [1].

Технологическая схема экоэнергетической системы представлена на рис. 1 [2, 3].

В основу проектов закладывается принципиально новый тип высокоскоростного высокотемпературного горения [2, 3]. В техническом воплощении используется однотипный исполнительный блок (рис. 2), комплектуемый на конверсионной основе отечественной ракетно-космической техники. Его высокая эффективность, универсальность и компактность предоставляют уникальную возможность формировать мобильные комплексы автомобильного, водного, железнодорожного, авиационного базирования. Сочетание стационарных объектов и мобильных комплексов позволяет оптимизировать решение объектовых, муниципальных, региональных и межрегиональных экоэнергетических проблем.

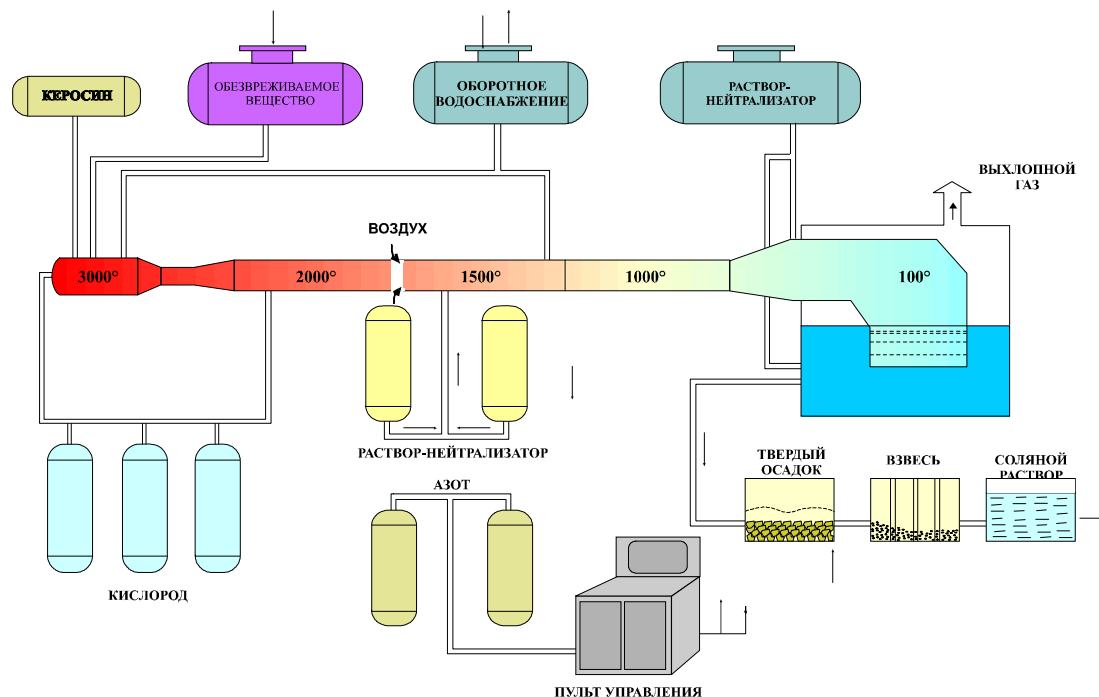


Рис. 1. Принципиальная схема каскадного трансзвукового газогенератора
Fig. 1. Schematic diagram of a cascade transonic gasifier

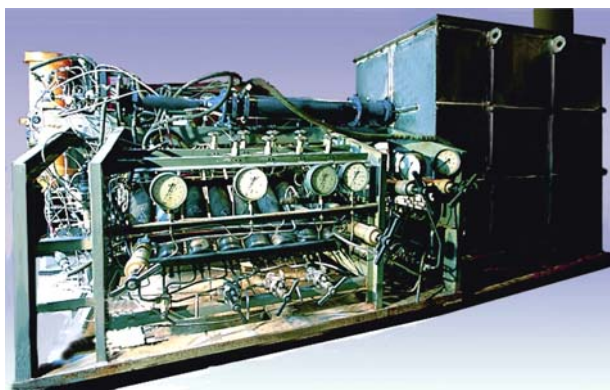


Рис. 2. Базовый исполнительный модуль
Fig. 2. The basic execution unit

Производительность базового исполнительного модуля 300-1000 кг/ч, габариты 4,5x2,0x2,8 м. Потенциальная электрическая мощность до 1 МВт. На рис. 3 представлен базовый газогенератор.

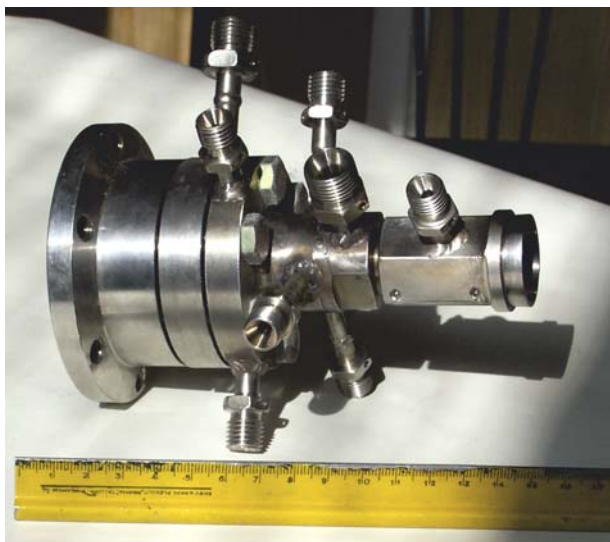


Рис. 3. Базовый газогенератор
Fig. 3. Basic gasifier

Инновационный подход и интегрирование интересов и возможностей участников проекта полностью корреспондируются с современной политикой повышения энергоэффективности и ресурсосбережения, освоения возобновляемых источников энергии, развития малой энергетики и особенно охраны окружающей среды. Последовательно усложняя задачи от освоения местных топливных ресурсов до обезвреживания супертоксикантов, наращивая оснащение исполнительных объектов за счет собственных ресурсов и с помощью участников проекта, можно в обозримые сроки кардинально улучшить ситуацию в области экоэнергетики.

Формирование комплексного проекта осуществляется на интеграционной основе, где каждый из

участников решает в первую очередь собственную наиболее острую проблему. Полученные результаты являются общим достоянием участников интеграционного проекта.

Сочетание стационарных и мобильных комплексов с объединением материальных, кадровых и финансовых возможностей позволиткратно сократить материальные, финансовые затраты и сроки достижения конечной цели.

В регионе существует широкий спектр проблем, которые могут быть решены в рамках предлагаемой концепции:

- углубленная деструктивная переработка промежуточных продуктов переработки тяжелой нефти, освоение невостребованных и возобновляемых источников энергии в нефтегазовой промышленности региона;

- освоение переработки водоугольных суспензий на базе инновационной технологии, утилизация сырьевых биотоплив;

- углубленное промышленное освоение сельскохозяйственных и древесных отходов;

- утилизация нефтешламов и сильно обводненных нефтепродуктов.

Параллельно и по мере выполнения вышеуказанных работ формируется проектная и материальная база по решению проблемы обезвреживания супертоксикантов химической промышленности региона (Химпрома, Оргсинтеза и других).

Учитывая принципиально важный факт, что исполнительная система экоэнергетических комплексов является универсальной для решения как энергетических, так и экологических проблем, предполагается последовательное наращивание обслуживающей технической инфраструктуры. Заранее предполагается, в частности, что накопительные емкости, снабжение электричеством, водой, транспортом и др. должны удовлетворять решению комплексной экоэнергетической проблемы.

Наиболее рациональным представляется создание пилотных проектов и последовательное укрупнение стационарных и мобильных комплексов по производительности и количеству.

Для Волгограда – объекты химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Для Волжского – предприятия Оргсинтез, Азотно-кислородный завод, Волжский трубный завод, Волжский абразивный завод.

Для региона – предприятия Камышина, Котово, Урюпинска, Фролово и другие.

Сочетание стационарных и мобильных комплексов с объединением научных, материальных, кадровых и финансовых возможностей региона позволиткратно сократить материальные, финансовые затраты и сроки достижения конечной цели.

Технологизация и широкое масштабирование экоэнергетического проекта включает:

1. Исследование и отработку промышленных режимов горения ранее неосвоенных топлив и возоб-

новляемых источников энергии. Дальнейшая разработка технологии предполагает формирование разнообразных топливных композиций. Проведение объективной ресурсной оценки энергетики региона по возобновляемым и нетрадиционным топливам. Составление каталога неосвоенных и неэксплуатируемых топлив с рекомендацией отработанных промышленных режимов их утилизации.

2. Адаптация и модернизация традиционного энергетического оборудования к различным топливам и режимам. Создание нескольких унифицированных типов мини-электростанций и технологических установок.

3. Организация масштабированного производства в регионе нового типа мини-электростанций на традиционном, возобновляемом и нетрадиционном топливах.



Рис. 4. Базовый объект космической программы «Энергия-Буря»

Fig. 4. The basic object of the space program "Energy-Buran"

К настоящему времени создан значительный научно-технический задел:

– Основополагающую роль в формировании инновационных решений явилось создание дожигателя

угарного газа при отработке 800-тонного ракетного двигателя для космической системы «Энергия-Буря», представленного на рис. 4.

Внизу слева – самая крупная в мире камера сгорания диаметром 5,5 метра, длиной 35 метров с максимальным расходом до 10 тонн в секунду.

Общий комплекс является базовым объектом выполненной космической программы «Энергия-Буря» (работает по настоящее время в г. Химки Московской области).

– На рис. 5 представлен стационарный комплекс для обезвреживания трансформаторных масел, относящихся к категории СОЗ I-го класса опасности, марки совтол-10, на металлургическом комбинате ОАО «Северсталь», г. Череповец.



Рис. 5. Стационарный промышленный объект ОАО «Северсталь», г. Череповец Вологодской области
Fig. 5. Stationary industrial facilities.
JSC "Severstal", Cherepovets, Vologda region

– Создан мобильный опытно-промышленный комплекс по обезвреживанию широкого спектра специальных рецептур высокотоксичных веществ, прошедший успешные испытания в период 2002-2005 г. на военном полигоне в г. Шиханы Саратовской области (рис. 6).



Рис. 6. Мобильный опытно-промышленный комплекс (г. Шиханы Саратовской области)

Fig. 6. Mobile pilot-industrial complex (Shikhany, Saratov region)

На основе научно-технического задела необходимо создать мобильную научно-исследовательскую лабораторию коллективного пользования, на основе которой обрабатывается технологический процесс для утилизации отходов конкретного предприятия. После отработки технологического процесса разра-

батывается промышленный комплекс для конкретного предприятия.

Результатами проектов являются:

1. Энергообеспечение региона за счет возобновляемого и нетрадиционного топлива, расширение экспортного энергетического потенциала региона.

2. Экоэнергизация большей доли органических отходов с получением электроэнергии.

3. Энергообеспечение на основе освоения бытовых и промышленных отходов в районах области.

4. Создание принципиально новых технологий на базе высокоскоростного, высокотемпературного горения для химической, нефтяной, нефтеперерабатывающей промышленности и природоохранной техники.

5. Расширенное широкомасштабное промышленное внедрение новых экоэнергетических проектов.

Работа выполнена по теме № 7.5704.2011 Минобрнауки.

Список литературы

1. Григорьев Ю.П. Уничтожение химического оружия в Сирии, ОРУЖИЕ РОССИИ, Информационное агентство. Москва. 30.09.2013. <http://www.arms-expo.ru/news/archive/unichtozhenie-himicheskogo-oruzhiya-v-sirii30-09-2013-08-45-00/>.

2. Патент РФ № 2240850. МПК А 62 D3/300. Способ термохимического обезвреживания высокотоксичных веществ /А.И. Папуша // Бюл. № 33 от 27.11.2004.

3. Кузеванов В.С., Папуша А.И., Терентьев Г.Ф., Папуша И.А. Энергосберегающая экоэнергетика на основе каскадного трансзвукового газогенератора. Моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий: Межрегиональная научно-практическая конференция, г. Волжский, 20-23 сентября 2011 г. / Сборник материалов конференции. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2012. С. 96-105.

References

1. Grigor'ev Ū.P. Uničtoženie himičeskogo oružia v Sirii, ORUŽIE ROSSII, Informacionnoe agentstvo. Moskva. 30.09.2013. <http://www.arms-expo.ru/news/archive/unichtozhenie-himicheskogo-oruzhiya-v-sirii30-09-2013-08-45-00/>.

2. Patent RF № 2240850. MPK A 62 D 3/00. Spособ termohimičeskogo obezvreživaniâ vysokotoksičnyh vešestv / A.I. Papuša // Bûl. № 33 ot 27.11.2004.

3. Kuzevanov V.S., Papuša A.I., Terent'ev G.F., Papuša I.A. Ènergosberegaušaâ èkoènergetika na osnove kaskadnogo transzvukovogo gazogeneratora. Modelirovanie i sozdanie ob"ektov ènergo- i resursosberegauših tehnologij: Mežregional'naâ naučno-praktičeskaâ konferenciâ, g. Volžskij, 20-23 sentâbrâ 2011 g. / Sbornik materialov konferencii. Volžskij: Filial MÈI v g. Volžskom, 2012. S. 96-105.

Транслитерация по ISO 9:1995



ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА

*Е.М. Иванникова¹, В.Г. Систер¹, А.П. Василенко¹,
Е.С. Кольцова¹, Ю.М. Иванникова²*

¹Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

107023 Москва, Большая Семеновская ул., д. 38

Тел.: 8 (499) 267-19-70, e-mail: iegh510@yandex.ru

²ООО «Национальная инновационная компания»

105062 Москва, ул. Чаплыгина, д. 6

Тел.: 8 (495) 623-58-77, e-mail: vasilenkoannet@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Рассматривается проблема развития возобновляемых источников энергии в России. Представлены государственные программы по развитию и использованию ВИЭ в Российской Федерации.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, альтернативные топлива.

RENEWABLES IN THE RUSSIAN FEDERATION AND SUPPORT OF THE STATE

E.M. Ivannikova¹, V.G. Sister¹, A.P. Vasilenko¹, E.S. Koltsova¹, Yu.M. Ivannikova²

¹University of Mechanical Engineering

38 B. Semenovskaya str., Moscow, 107023, Russia

Tel.: 8 (499) 267-19-70, e-mail: iegh510@yandex.ru

²The National innovation company

6 Chapligina str., Moscow, 105062, Russia

Tel.: 8 (495) 623 58 77, e-mail: vasilenkoannet@yandex.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The problem of development of renewables in Russia is considered. State programs on development and use of RES in the Russian Federation are presented.

Keywords: renewables, alternative fuels.



Владимир Г. Систер
Vladimir G. Sister

Сведения об авторе: чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Процессы и аппараты химической технологии» Московского гос. университета машиностроения (МАМИ).

Образование: Днепропетровский химико-технологический институт им. Ф.Э. Дзержинского (1967).

Область научных интересов: научно-технический комплекс, инновационные технологии, инженерная экология, возобновляемые источники энергии.

Публикации: 417.

Information about author: member of RAS, Dr.Sc., Prof., head of Department "Processes and devices of chemical technology" of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI).

Education: Dnepropetrovsk Chemical-Technological Institute F.E. Dzerzhinsky (1967).

Research area: scientific-technical complex, innovative technology, environmental engineering, renewable energy.

Publications: 417.

Анна Василенко

Сведения об авторе: магистрант Московского гос. университета машиностроения (МАМИ).

Образование: Московский гос. университет машиностроения (МАМИ) (2014).

Область научных интересов: инженерная экология, защита окружающей среды, возобновляемые источники энергии, озон.

Публикации: 3.

Anna Vasilenko

Information about the author: undergraduate of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI).

Education: Moscow State University of Mechanical Engineering (2014).

Research interests: environmental engineering, environmental protection, renewable energy, ozone.

Publications: 3.

Елена Кольцова

Сведения об авторе: магистрант Московского гос. университета машиностроения (МАМИ).

Образование: Московский гос. университет машиностроения (МАМИ) (2014).

Область научных интересов: инженерная экология, озон, возобновляемые источники энергии.

Публикации: 11.

Elena Koltsova

Information about the author: undergraduate of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI).

Education: Moscow State University of Mechanical Engineering (2014).

Research interests: environmental engineering, ozone, renewable energy.

Publications: 11.

Юлия Иванникова

Сведения об авторе: инженер в ООО «Национальная инновационная компания».

Образование: Московский гос. университет геодезии и картографии (МИИГАиК) (2008).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, промышленный дизайн, «зеленые» технологии.

Публикации: 1.

Yulia Ivannikova

Information about the author: engineer at "National innovation company".

Education: Moscow State University of Geodesy and Cartography (2008).

Research interests: renewable energy, industrial design, green technology.

Publications: 1.

Вопросам развития возобновляемой энергетики (ВИЭ) в Российской Федерации до последнего времени не уделялось достаточного внимания. Это было связано, прежде всего, с огромными запасами традиционного энергетического сырья. Однако во всех развитых странах вопросы развития возобновляемой энергетики выделяют в качестве приоритетных государственных задач. Это связано, с одной стороны, с повышением энергонеависимости, а с другой стороны, с целью улучшения экологии и качества жизни людей. Так, более чем в 60 странах мира, например, производство биодизеля, по данным Глобального альянса по возобновляемому топливу (Global Renewable Fuels Alliance), поддержано на государственном уровне. Во многих странах правительства устанавливают обязательный целевой государственный ориентир по использованию возобновляемой энергетики и альтернативных топлив [1].

Россия также включилась в работу по развитию и поддержке возобновляемой энергетики. Начиная с 2007 г., с принятия поправок к Федеральному закону № 176-ФЗ «Об электроэнергетике», в которых заложены основы развития возобновляемой энергетики и даны ориентиры на увеличение автотранспорта, использующего в качестве топлива альтернативные виды моторного топлива, можно говорить о поддержке ВИЭ на государственном уровне. По оценкам специалистов, запасы доступных ресурсов возобновляемых источников энергии в РФ составляют не менее 24 млрд тонн условного топлива. Кроме этого, Россия располагает огромным потенциалом сельскохозяйственных земель (2 место в мире по площади сельхозугодий на душу населения), которые также можно использовать для производства альтернативных топлив [2, 3]. Развитие ВИЭ для России также актуально и в связи с тем, что централизованные



системы энергоснабжения охватывают лишь 1/3 территории страны (около 20 млн человек проживает вне этих систем); более половины административных районов импортируют энергоресурсы из других регионов; многие районы нуждаются в улучшении экологии; быстро растут цены и тарифы на энергию и топливо.

Начиная с 2007 г. планомерно ведется работа по поддержке государством вопросов развития и использования ВИЭ в России. Можно говорить о ряде нормативных правовых документов и поправок, направленных на расширение использования возобновляемой энергетики и альтернативных видов топлив. Так, следует отметить Постановление Правительства РФ от 1 декабря 2009 г. № 982 «Единый перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации», в котором введена отдельная категория «Альтернативные виды топлив».

Субъекты РФ также подключились в данной работе. Так, правительством Москвы утверждено Постановление Правительства Москвы от 24 апреля 2007 г. № 290-ПП «О расширении применения диметилевого эфира и других альтернативных видов моторных топлив» и Распоряжение Правительства Москвы от 20 сентября 2007 г. № 2055-РП «Об увеличении количества автомобилей, использующих альтернативные виды моторных топлив», в рамках которых поддерживалось предложение об увеличении количества автомобилей экологического класса не ниже ЕВРО-4 и использующих альтернативные виды моторных топлив.

По распоряжению правительства РФ в январе 2009 г. были определены основные направления государственной политики в области развития электроэнергетики, основанной на использовании возобновляемых источников энергии на период до 2020 г., и установлены целевые показатели использования ВИЭ в сфере электроэнергетики. Данные показатели предполагают увеличение доли использования ВИЭ (кроме ГЭС мощностью свыше 25 мВт) с 0,9% в 2008 г. до 1,5% к 2010-му, до 2,5% – к 2015-му и до 4,5% к 2020 г., что составляет около 80 млрд кВт·ч выработки электроэнергии с использованием ВИЭ в 2020 г. при 8,5 млрд кВт·ч в настоящее время. Планируется увеличение доли возобновляемых источников к 2020 г. до 40,5% в производстве электроэнергии (без учета крупных ГЭС) и до 19-20% с учетом крупных ГЭС.

До 2020 г. структура генерирующих мощностей (в соответствии с прогнозными оценками) будет изменяться следующим образом:

- гидроэлектростанции с 47 млн кВт (20,6%) до 57-59 млн кВт (18,3-19,7%), атомные электростанции с 24 млн кВт (10,5%) до 35-41 млн кВт (12,1-12,9%), ВИЭ-электростанции (без учета крупных ГЭС) – с 2,2 млн кВт до 25,3 млн кВт;

- в структуре потребления топлива на ТЭС будет снижаться доля газа с 69% в 2008 г. до 61-66% в 2020 г. при интенсивном росте доли угля от 26,2% до 30-35% соответственно. При этом абсолютный объем

потребления газа увеличится всего примерно на 10%, а угля – в 1,35-1,75 раза.

Рост производства электрической энергии на ГЭС мощностью более 25 МВт составит от 168 млрд кВт·ч в 2010 г. до 284 млрд кВт·ч в 2020 г.

Производство тепловой энергии на основе использования ВИЭ увеличится с 63 млн Гкал в 2010 г. до 121 млн Гкал в 2020 г. [4].

Далее, для предоставления из федерального бюджета субсидий в порядке компенсации стоимости технологического присоединения генерирующих объектов с установленной генерирующей мощностью не более 25 МВт, признанных квалифицированными объектами, функционирующими на основе использования возобновляемых источников энергии, лицам, которым эти объекты принадлежат на праве собственности или на ином законном основании, утверждены критерии для предоставления субсидий, закрепленные Постановлением Правительства РФ от 20.10.2010 № 850.

В настоящее время работа по поддержке государством вопросов развития альтернативной энергетики ведется все более активно.

Утверждены постановлением Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» правила определения цены на мощности генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, и механизмы стимулирования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии. Вопросы стимулирования использования источников энергии на розничных рынках электрической энергии поддержаны постановлением Правительства РФ от 23.01.2015 № 47 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электрической энергии». В обоих документах в качестве возобновляемых источников энергии рассматриваются генерирующие объекты на основе использования биомассы, биогаза, солнечной, ветровой, гидроэнергии и газа, выделяемого отходами производства и потребления на свалках таких отходов. Дополнительно Минэнерго России введены формы к Требованиям к проведению энергетического обследования и его результатам отдельно об использовании альтернативных (местных) топлив и возобновляемых источников энергии (Приказ Минэнерго России от 30.06.2014 № 400, 401).

В настоящее время в рамках подпрограммы «Развитие использования возобновляемых источников энергии» государственной программы РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики» государство предполагает в качестве результатов увеличить производство электрической энергии генерирующими объектами, использующими энергию солнца, ветра и вод (без учета гидроэлектростанций установленной



мощностью свыше 25 МВт) до 2,5 процента к 2020 г.; ввести установленной мощности генерирующих объектов, использующих энергию солнца, ветра и энергию вод (без учета гидроэлектростанций установленной мощностью свыше 25 МВт), всего за период с 2013 по 2020 г. – 5871 МВт. Для этого государством только на 2015 год выделено около 100 млн рублей (Федеральный закон от 01.12.2014 № 384-ФЗ «О федеральном бюджете на 2015 год и плановый период 2016 и 2017 годов»). В рамках Федеральных целевых программ «Национальная технологическая база на 2007-2011 годы» и «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012

годы» осуществлялась, а в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» ведется софинансирование работ, направленных на разработку и внедрение высокоэффективных, ресурсосберегающих технологий и новых видов энергии.

Однако работа по поддержке вопросов развития и использования ВИЭ в РФ должна продолжаться. Требуется принятие многих новых нормативных правовых документов, которые помогли бы ускорить процесс развития ВИЭ в России.

Список литературы

1. Иванникова Е.М., Систер В.Г., Ямчук А.И., Цедилин А.Н., Иванникова Ю.М., Василенко А.П. Микроводоросли – источник альтернативного топлива // Сборник трудов XLVII Межд. научно-практической конф. «Технические науки – от теории к практике». 2015. С. 63-69.
2. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Плотников С.П., Чирков В.Г., Росс М.Ю. Использование адаптивных свойств микроводорослей при производстве фитомассы биотопливного назначения // Экология и промышленность России. 2012. № 7. С. 18-21.
3. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Ямчук А.И., Василенко А.П. Развитие мирового рынка биодизеля // Сборник материалов X Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков». 2015. С. 26-29.
4. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minenergo.gov.ru> (дата обращения 20.07.2015).
5. Иванникова Е.М., Систер В.Г., Нагорнов С.А. Альтернативные топлива для дизельных двигателей. М., 2013.

References

1. Ivannikova E.M., Sister V.G., Âmčuk A.I., Cedilin A.N., Ivannikova Ū.M., Vasilenko A.P. Mikrovodorosli – istočnik al'ternativnogo topliva // Sbornik trudov XLVII Mežd. naučno-praktičeskoj konf. «Tehničeskie nauki – ot teorii k praktike». 2015. S. 63-69.
2. Sister V.G., Ivannikova E.M., Plotnikov S.P., Čirkov V.G., Ross M.Ū. Ispol'zovanie adaptivnyh svojstv mikrovodoroslej pri proizvodstve fitomassy biotoplivnogo naznačeniâ // Èkologiâ i promyšlennost' Rossii. 2012. № 7. S. 18-21.
3. Sister V.G., Ivannikova E.M., Âmčuk A.I., Vasilenko A.P. Razvitie mirovogo rynka biodizelâ // Sbornik materialov X Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii «Sel'skohozâjstvennye nauki i agropromyšlennij kompleks na rubeže vekov». 2015. S. 26-29.
4. Vozobnovlâemye istočniki ènergii [Èlektronnyj resurs]. URL: <http://www.minenergo.gov.ru> (data obrašeniâ 20.07.2015).
5. Ivannikova E.M., Sister V.G., Nagornov S.A. Al'ternativnye topliva dlâ dizel'nyh dvigatelej. M., 2013.

Транслитерация по ISO 9:1995





СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ СОСТОЯНИЯ

Т.А. Шестопалова, И.А. Болдырев, А.А. Смирнов

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском

404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69

Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru; lehasmirmov1@gmail.com

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

Рассмотрены основные подходы к созданию систем управления комплексами альтернативных источников энергии. В работе описан алгоритм управления с прогнозированием состояния.

Особенностью данного алгоритма является прогнозирование состояния объектов комплекса, динамическая оптимизация режимов работы оборудования и анализ тепловых нужд потребителя.

Представлены результаты численного моделирования работы алгоритма и сравнение его с каскадным алгоритмом.

Ключевые слова: алгоритмы управления, тепловой насос, солнечный коллектор, системы управления.

CONTROL SYSTEM OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES WITH PREDICTION OF A CONDITION

T.A. Shestopalova, I.A. Boldyrev, A.A. Smirnov

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»

69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia

Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru; lehasmirmov1@gmail.com

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

Describes the main approaches to the creation control systems complexes of alternative energy sources. The paper describes the algorithm control with prediction of condition.

The features of this algorithm is to predict condition the objects of the complex, dynamic optimization of the equipment and heat analysis needs of the consumer.

The results of numerical simulation of the algorithm, and its comparison with the cascade algorithm.

Keywords: control algorithms, heat pump, solar panels, control systems.



Татьяна
Александровна
Шестопалова
Tatyana A. Shestopalova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» ВФ МЭИ.

Образование: Фрунзенский политехнический институт (1978).

Область научных интересов: электроснабжение автономных потребителей на базе возобновляемых источников энергии.

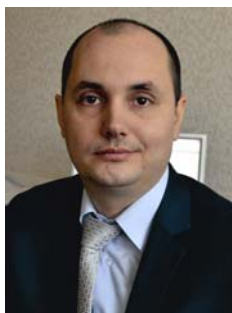
Публикации: 66.

Information about author: Ph. D. (Tech.), associate professor of Hydropower and renewable energy Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Frunze Polytechnic Institute (1978).

Research area: autonomous power supply of consumers on the basis of renewable energy sources.

Publications: 66.



Илья Анатольевич
Болдырев
Ilya A. Boldyrev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2007).

Область научных интересов: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, автоматизация и управление.

Публикации: 30.

Information about author: Ph. D. (Tech.), associate professor of Automation of technological processes and production Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (2007).

Research area: alternative and renewable energy, automation and control.

Publications: 30.



Алексей Алексеевич
Смирнов
Alexey A. Smirnov

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2014).

Область научных интересов: альтернативная энергетика, системы управления, алгоритмы управления, проектирование программного обеспечения.

Публикации: 4.

Information about author: graduate student of Hydropower and renewable energy Department Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (2014).

Research area: alternative energy, control systems, control algorithms, software design.

Publications: 4.

Введение

В настоящее время все большее распространение получают энергоустановки, использующие альтернативные источники энергии, такие как солнечные коллекторы (СК), тепловые насосы (ТН), ветрогенераторы.

Возобновляемая энергия является повсеместной, но имеет непостоянный характер. В связи с этим ввиду нестабильного покрытия требуемых нагрузок такая энергия должна быть дополнена другими постоянными источниками: аккумуляторами или источниками на традиционном топливе. Два или более источников энергии объединяют, чтобы сформировать гибридный энергетический комплекс (ГЭК) [1],

который устраняет недостатки каждого способа получения энергии и дополняет их.

Системы автоматического управления (САУ) ГЭК делятся на две большие группы – централизованные и распределенные. Распределенные системы управления формируются из САУ, комплектных с каждой энергоустановкой, входящей в состав комплекса. Удобство таких систем заключается в возможности комбинирования в гибридной энергосистеме установок разных фирм-производителей и возможности оперативного расширения или модификации состава комплекса. Положительные качества таких САУ, заключающиеся в стабильности и точной настройке при изготовлении, могут являться и недостатками в случае невозможности или недостаточ-

ности информации, которой САУ могут обмениваться в составе всего комплекса. Невозможность обмена информацией не позволяет задействовать в каждый момент времени оптимальную комбинацию источников энергии и управлять режимами их работы в зависимости от требований потребителя. При этом наиболее распространенным алгоритмом работы САУ в таком случае является каскадный – когда каждый следующий источник энергии подключается к выработке при недостатке мощности уже задействованных источников.

Централизованные системы управления подразумевают наличие единого устройства, реализующего алгоритм управления всеми источниками, входящими в состав комплекса. Такие системы сложны в реализации, но позволяют повысить энергоэффективность за счет оптимизации режимов работы комплекса. При этом для реализации эффективной системы управления комплексом необходимо решить ряд проблем, присущих централизованной структуре САУ.

Система управления с прогнозированием состояния

Одной из основных проблем централизованных САУ является необходимость адаптации к разному составу оборудования комплекса, в который может входить разное количество установок с различными техническими требованиями к работе и эффективности. При этом создание одного универсального энергокомплекса и разработка единого алгоритма управления не представляется возможным.

Для построения эффективной стратегии управления требуется иметь информацию не только о текущем состоянии комплекса, но и прогнозировать значения параметров, определяющих его работу. К примеру, для определения метеоданных можно воспользоваться сервисами краткосрочного прогноза погоды. Зная прогнозируемые параметры температуры, облачности и ветра, можно рассчитать количество энергии, получаемой от каждого источника.

Кроме учета предполагаемой эффективности работы источников необходимо прогнозировать и нужды потребителя в энергии. Анализ энергопотребления позволяет выявить пики и спады потребления энергии, свойственные конкретному потребителю.

Исходя из вышеперечисленного, система управления гибридным энергокомплексом должна обладать следующими характеристиками:

- иметь централизованную структуру САУ;
- прогнозировать основные показатели эффективности работы источников, входящих в состав комплекса, в зависимости от погодных условий;
- осуществлять накопление и анализ данных об энергопотреблении конкретного потребителя.

Для решения поставленных задач предлагается разбиение системы управления на два уровня:

- верхний – технически реализован на базе выделенного сервера, выполняющего расчет эффективно-

сти работы системы и разрабатывающего стратегию управления комплексом;

- нижний – программируемый логический контроллер, непосредственно управляющий оборудованием, входящим в комплекс, согласно стратегии, выработанной на верхнем уровне.

Структура такой системы представлена на рис. 1.

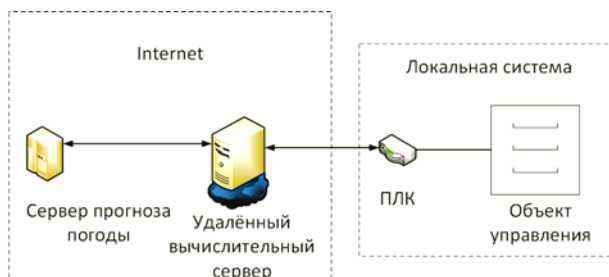


Рис. 1. Обобщенная структура системы управления
Fig. 1. The generalized structure of the control system

Исходя из требований к системе управления комплексом, необходимо разработать алгоритм ее работы. В статье рассматривается алгоритм управления комплексом альтернативных источников тепловой энергии с учетом прогнозируемых погодных условий и нужд потребителя энергии и сравнивается с широко используемым в системах управления ГЭК каскадным алгоритмом управления.

В качестве объекта исследования был выбран комплекс подготовки горячей воды как часть полигона для исследования эффективности комбинаций альтернативных источников энергии филиала МЭИ в г. Волжском [2].

Предлагаемый алгоритм САУ ГЭК содержит следующую последовательность действий.

На вход алгоритма подаются заранее рассчитанные основные данные о текущем состоянии системы и прогнозируемые погодные условия. Целью работы алгоритма является подбор оптимального состава задействованных источников тепловой энергии и расчет необходимого времени работы каждого источника. На основе обобщенных данных о потреблении энергии вычисляются пики и спады ее потребления, строится функция прогнозируемой тепловой нагрузки.

Следующий блок вычисляет разность между текущим количеством запасенной тепловой энергии в накопительных баках и необходимой энергии на ближайшем пике потребления тепла. Исходя из этой информации дальнейшая задача алгоритма – максимально эффективно набрать требуемое количество теплоты для покрытия нужд потребителя.

Далее рассчитывается количество энергии, которое возможно получить от самого энергоэффективного источника в зависимости от прогнозируемых погодных условий. В рассматриваемом энергокомплексе самым энергоэффективным источником является солнечный коллектор (СК). Если прогнозируе-

мой энергии от СК достаточно для покрытия нужд потребителя, то на данный момент не требуется участия других источников. Эта информация передается в локальную систему управления.

Если же энергии от СК не хватает, вычисляется количество недостающей энергии, которая в энергокомплексе будет обеспечена работой теплового насоса. Далее рассчитывается время работы теплового насоса (ТН), которое необходимо для получения нужного количества тепла, обеспечивающего к ближайшему пику потребления необходимую энергию. В алгоритме также определяется возможность запуска теплового насоса при текущей температуре окружающей среды. Если при прогнозируемых погодных условиях тепловой насос невозможно запустить, то вместо него подключается электронагреватель (ТЭН). Данные о времени работы ТН или электронагревателя передаются в локальную систему управления комплексом. В локальной системе управления высчитывается оптимальное время включения ТН и ТЭН, что позволяет набрать необходимую энергию к тому моменту, когда она будет нужна, а не поддерживать заданную температуру в баках на всем протяжении времени работы комплекса. Это позволяет снизить тепловые потери в накопительных баках за счет хранения воды с меньшей температурой.

Эффективность работы алгоритма

Для сравнения эффективности работы алгоритма на удаленном сервере было смоделировано две системы управления – каскадная и система управления с прогнозируемыми погодными условиями. Системы управления моделировались на одном и том же объекте и оборудовании с одинаковыми нагрузочными характеристиками. Обе модели работали при одних и тех же погодных условиях.

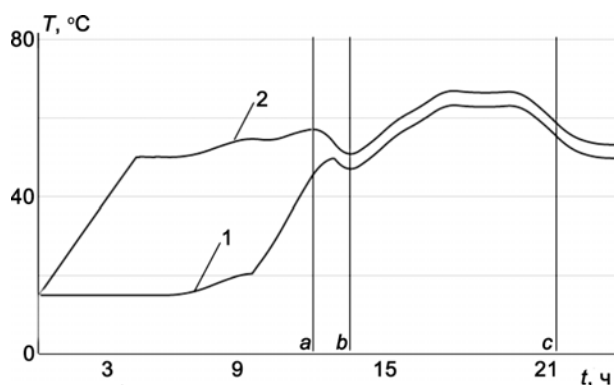


Рис. 2. Процесс изменения температуры воды в баках: 1 – при работе системы управления с прогнозированием состояния; 2 – при работе каскадной системы управления, где: а – точка начала потребления; b – точка пика потребления; с – точка окончания потребления

Fig. 2. Process of change the water temperature in the tanks: 1 – when the system with prediction of condition; 2 – during operation of the cascade control system: a – point start of consumption; b – point peak of consumption; c – point end of consumption

На рис. 2 представлен процесс изменения температуры воды в баках.

Из графика на рис. 2 видно, что при работе системы управления с прогнозированием состояния активный процесс нагрева воды до заданной температуры 50 °С начинается не с момента запуска системы, а с определенного времени, рассчитанного системой управления исходя из анализа нужд потребителя. К моменту начала потребления температура воды в баках составляет 47 °С, а в момент пика потребления 43 °С. После покрытия пиковых нагрузок температура в баках поддерживается за счет солнечных коллекторов. Если бы температура воды в баках опустилась ниже 40 °С, то недостаток тепла был бы покрыт за счет работы теплового насоса или ТЭНа. По окончании потребления воды система оставляет включенными только солнечные коллекторы до момента времени, когда они перестанут быть эффективными. По желанию пользователь может задать минимально допустимую температуру воды, и тогда регулирование будет осуществляться по двум уровням.

Рассмотрим рис. 3, где изображены периоды включения устройств комплекса при управлении с прогнозированием состояния.

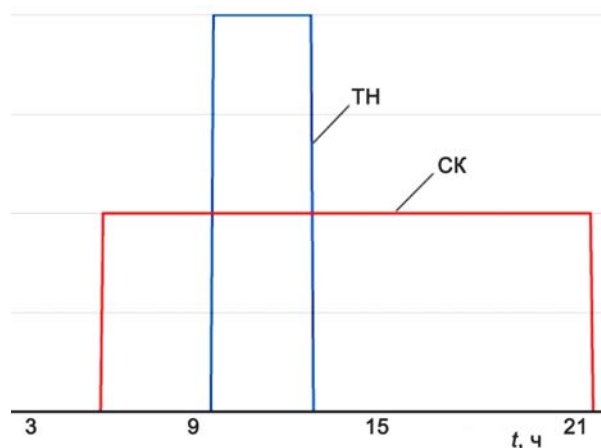


Рис. 3. Моменты включения оборудования комплекса, где ТН – тепловой насос; СК – насос солнечного коллектора
Fig. 3. Moments of enable equipment of the complex, where ТН – heat pump; СК – solar pump

Из рис. 3 видно, что насосы солнечного коллектора были задействованы все время, пока солнечное излучение было достаточным для его работы. Для набора необходимого количества теплоты потребовался только один период работы теплового насоса.

Рассмотрим результаты работы каскадной системы управления. На рис. 2 процесс изменения температуры воды в баках при работе каскадной системы управления показан кривой 2.

Процесс нагрева воды начинается сразу же после запуска системы и продолжается, пока температура воды не достигнет заданной величины. На участке максимальной активности солнечных коллекторов

температура превышает заданную на 10 °С. В дальнейшем, при падении солнечной активности, температура поддерживается на заданном уровне.

На рис. 4 изображен график, отображающий время работы основного оборудования комплекса при каскадном управлении.

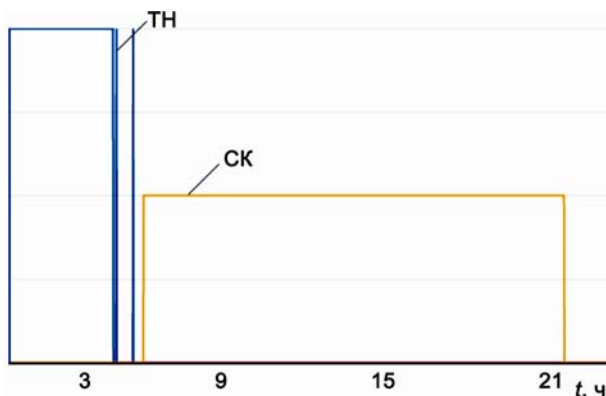


Рис. 4. График времени работы основного оборудования комплекса при каскадном управлении

Fig. 4. Moments of enable equipment of the complex with cascade system control

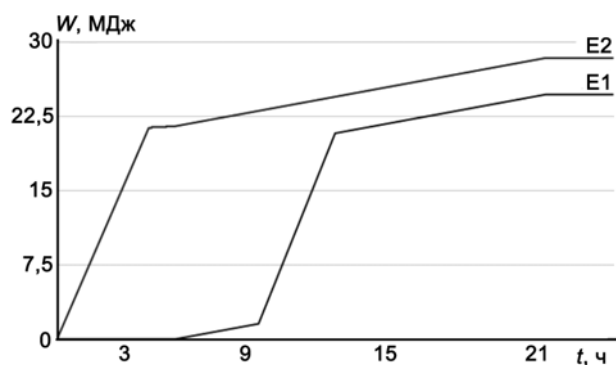


Рис. 5. Суточный график потребления электроэнергии: E1 – кривая потребления электричества при работе системы управления с прогнозированием состояния; E2 – кривая потребления электричества при работе каскадной системы управления

Fig. 5. The daily schedule of electricity consumption: E1 – consumption line of control system with prediction of a condition; E2 – line of curve of the electricity consumption of the cascade control system

Список литературы

1. Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Шестопалова Т.А., Юриков В.А.. Гибридные энергокомплексы на основе возобновляемых источников энергии // Вестник КРСУ. 2012. Том 12. № 10.
2. Болдырев И.А. Кузеванов В.С. Исследование эффективности функционирования комбинации нетрадиционных и возобновляемых источников электрической и тепловой энергии // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14. С. 49-51.

Из графика видно, что при старте установки запускается тепловой насос и за четыре часа работы передает системе достаточное количество тепла для поддержания температурного режима. Последующие кратковременные запуски связаны с поддержанием температуры в системе до момента запуска насоса солнечного коллектора. Дальнейшие нужды потребителя покрывает солнечный коллектор.

Основным критерием энергоэффективности системы управления является потребленное комплексом количество электрической энергии для выработки заданного количества тепловой энергии.

На рис. 5 изображен суточный график потребления электрической энергии. Из графика видно, что при работе каскадной системы управления было потреблено больше энергии, чем при работе системы управления с прогнозированием состояния.

Выводы

Исследуемая эффективность предложенного алгоритма в данном опыте составляет 13% по сравнению с каскадной системой управления. Она достигается за счет нескольких особенностей работы алгоритма:

- набор тепла в систему происходит более эффективно за счет того, что тепловой насос включается не сразу при старте системы, а в заранее высчитанное время, которое необходимо для набора температуры в баках ко времени начала потребления;

- в то время, когда вода не используется, система управления позволяет воде в баках остыть, что позволяет снизить общее количество тепловых потерь. Теплоноситель рассеивает меньше тепла в окружающую среду при меньшей температуре.

К недостаткам можно отнести то, что работа алгоритма строится на таких параметрах, как прогноз метеословий и анализ потребления тепла объектом, имеющих неточный характер. С ошибками в прогнозе погоды система управления справится, добрав необходимую температуру в каскадном режиме, что не приведет к значительному снижению эффективности комплекса производства горячей воды.

References

1. Derûgina G.V., Tâgunov M.G., Šestopalova T.A., Ūrikov V.A.. Gibridnye ênergokompleksy na osnove vobnovlâemyh istočnikov ênergii // Vestnik KRSU. 2012. Tom 12. № 10.
2. Boldyrev I.A. Kuzevanov V.S. Issledovanie êffektivnosti funkcionirovaniâ kombinacii netradicionnyh i vobnovlâemyh istočnikov êlektričeskoj i teplovoj ênergii // Al'ternativnaâ ênergetika i êkologiâ – ISJAE. 2013. № 14. S. 49-51.

Транслитерация по ISO 9:1995



РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОНЕФТЕКОКСОВОГО ТОПЛИВА

Г.Ф. Терентьев, М.С. Иваницкий, М.М. Султанов, Е.В. Курьянова

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском

404110 г. Волжский, Волгоградская обл., пр. Ленина, д. 69

Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 03.09.15 Заключение совета экспертов: 06.09.15 Принято к публикации: 09.09.15

В работе исследуется возможность использования нефтяного кокса в качестве топлива для тепловых двигателей и энергетических установок. Эта задача решается на основе накопленного опыта по созданию и использованию водоугольных топлив (ВУТ). В настоящей работе предлагается использовать топливную композицию на основе загущенной водной суспензии нефтекокса. Экспериментально исследована технология получения загущенной водной суспензии нефтекокса. Представлены результаты экспериментов по разработанной технологии на основе загустителя агар-агар. Из анализа полученных результатов по предложенной технологии следует, что полученная топливная композиция на основе загущенной водной суспензии нефтекокса пожаробезопасна и ее производство возможно на модернизированном оборудовании для водоугольных топлив.

Ключевые слова: нефтяной кокс, водоугольное топливо, водная суспензия нефтекокса, загуститель агар-агар.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES PETROLEUM COKE FUEL

G.A. Terentyev, M.S. Ivanitskii, M.M. Sultanov, E.V. Kuryanova

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»

69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia

Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Referred: 03.09.15 Expertise: 06.09.15 Accepted: 09.09.15

The paper explores the possibility of using petroleum coke as fuel for heat engines and power plants. This problem is solved on the basis of experience gained in the creation and use of coal-water fuels (CWF). In the present work proposes to use a fuel composition based on the gelled aqueous suspension of petcoke. Experimentally studied the technology of producing gelled aqueous suspension of petcoke. Results of experiments using the developed technology based thickener agar-agar. From the analysis of the results obtained by the proposed technology, it follows that the resulting fuel composition based on the gelled aqueous slurry of petroleum coke was fireproof and its production is possible on a modernized equipment for coal-water fuels.

Keywords: petroleum coke, coal-water fuel, the aqueous suspension of petcoke, gelling agent agar-agar.



Геннадий Федорович
Терентьев
Gennady F. Terentyev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: Ленинградский механический институт (1962).

Область научных интересов: водородная энергетика, диагностика энергетического оборудования, теория горения, энергетические установки.

Публикации: 160.

Author information: Ph.D., associate professor, professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Leningrad Mechanical Institute (1962).

Research interests: hydrogen power, diagnostics of power equipment, theory of combustion, power plants.

Publications: 160.



Максим Сергеевич
Иваницкий
Maxim S. Ivanitskii

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2011).

Область научных интересов: процессы горения топлива, экология энергетики.

Публикации: 47.

Author information: Ph.D., associate professor in "Heat and Heat Engineering" department of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Volzhsky Branch of Moscow Power Engineering Institute (2011).

Research interests: fuel combustion processes, ecology of energy.

Publications: 47.



Махсуд Мансурович
Султанов
Maqsood M. Sultanov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2001).

Область научных интересов: исследование и оптимизация режимов работы ТЭС.

Публикации: 27.

Author information: Ph.D., associate professor of the department "Heat and power engineering and thermal engineering" of the Volzhsky Branch of MPEI.

Education: Volzhsky Branch of the Moscow Power Engineering Institute (2001).

Research interests: the study and optimization of thermal power plant operation.

Publications: 27.



Елена Викторовна
Курьянова
Elena V. Kuryanova

Сведения об авторе: ассистент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» ВФ МЭИ.

Образование: ВФ МЭИ (2006).

Область научных интересов: альтернативная энергетика, диагностика энергетического оборудования.

Публикации: 15.

Author information: assistant of Heat Engineering Department Volzhskiy Branch of the Moscow Power Engineering Institute.

Education: Volzhskiy Branch of the Moscow Power Engineering Institute (2006).

Research interests: renewables, equipment diagnostics.

Publications: 15.

Введение

Совершенствование тепловых двигателей и энергетических установок связано не только с исследованиями термодинамических циклов и конструкции, но и с исследованиями по топливным композициям.

К настоящему времени накоплен значительный объем исследований по методам получения топлив с высокой теплотворной способностью на основе суспензий или коллоидных растворов бора, бериллия и других веществ в нефтепродуктах.

Суспензии магния и алюминия в бензине уже испытывались в реактивных двигателях [1], суспензии алюминия в гидразине – в ракетной технике, а суспензии алюминия в воде – в водородной энергетике [2-4].

В теплоэнергетике ведутся значительные исследования по методам приготовления и сжигания водоугольных топлив (ВУТ).

Одним из перспективных методов получения топлив в теплоэнергетике можно считать создание суспензий или коллоидных растворов угля, нефтекокса, торфа, биомассы и других веществ в воде и нефтепродуктах.

При получении коллоидных растворов в водной или углеводородной среде должны быть диспергированы твердые частицы с размером 10^{-5} – 10^{-7} см. В этом случае диспергированное вещество и дисперсионная среда составляют коллоидную систему как единое целое. Такие коллоидные системы называются золями.

Однако получение таких коллоидных растворов высокой концентрации является трудной задачей, поэтому проще получение суспензий порошкообразных углей, нефтекокса в воде и углеводородах; предотвращение оседания порошков достигается повышением вязкости среды.

Для повышения вязкости среды в воде или углеводородах можно растворять высокомолекулярные вещества или соли жирных и других органических кислот, которые образуют коллоидные системы с высокой вязкостью, а также естественные загустители (агар-агар, желатин) или искусственные – модифицированная полиакриловая кислота.

Мыльные гели в воде и в углеводородах могут быть также получены растворением твердых мыл (солей высокомолекулярных органических кислот) в углеводородах при нагревании или при обычной температуре. К механическим гелеобразователям относятся тонкоизмельченные (размером 0,8-3 мкм) металлы и их соединения, силикагель, сажа, глина [2].

Экспериментальное исследование

В проведенной работе [5] исследовался нефтекоккс Волгоградского нефтеперерабатывающего завода ОАО «ЛУКОЙЛ».

Согласно технике безопасности в условиях лабораторных работ запрещено работать с угольной пылью в больших количествах из-за его взрывоопасности, поэтому для проведения помолы нефтекокса в порошок была использована пропеллерная мельница с объемом 100-150 мл [6].

Применяемое оборудование: пропеллерная мельница (кофемолка), секундомер, лабораторные весы и кусковой нефтекоккс весом 700-1000 г. На этом оборудовании проведены экспериментальные исследования режимов получения порошка из нефтекокса в лабораторных условиях с различным временем размолы и определенной затрачиваемой электрической мощностью.

Для приготовления водной суспензии нефтекокса использовались:

- а) загуститель – агар-агар;
- б) навески пыли нефтекокса после рассева;
- в) дистиллированная вода;
- г) высокоскоростная мешалка;
- д) прозрачные мерные емкости.

Технология приготовления водной суспензии нефтекокса содержала следующие этапы:

1. Этап приготовления загущенной воды. Для проведения экспериментальных исследований отработывалась технология приготовления загущенной воды (ЗВ) из загустителя агар-агара и дистиллированной воды следующего состава из четырех партий: ЗВ № 1 – 0,1 г загустителя на 100 г воды; ЗВ № 2 – 0,2 г загустителя на 100 г воды; ЗВ № 3 – 0,4 г загустителя на 100 г воды; ЗВ № 4 – 0,6 г загустителя на 100 г воды; ЗВ № 5 – 0,8 г загустителя на 100 г воды.

2. Этап приготовления водной суспензии нефтекокса. Приготавливались суспензии четырех концентраций по весу пыли нефтекокса (С30 – 30% нефтекокса; С50 – 50%; С60 – 60%; С70 – 70%) с помощью магнитной мешалки в загущенной воде.

Полученные суспензии маркировались и разливались в мерные емкости для определения стойкости суспензии: времени начала оседания частиц нефтекокса и определения объема осевших частиц нефтекокса.

На рис. 1 представлены образцы загущенной водной суспензии нефтекокса в мерных емкостях после хранения (10 суток).

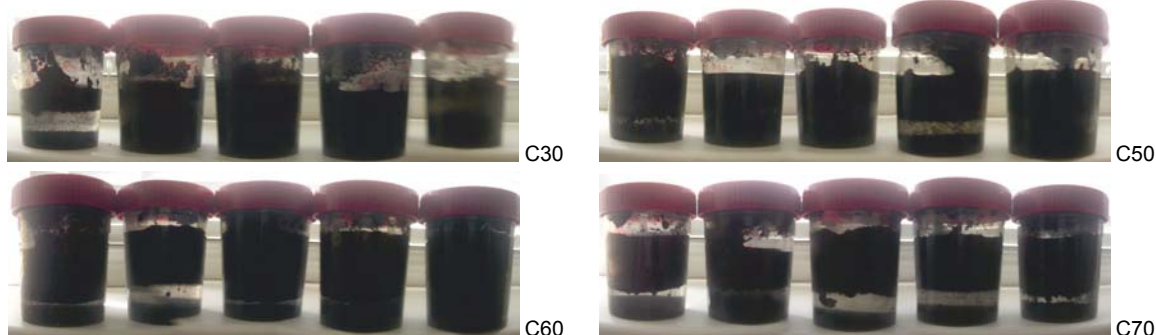


Рис. 1. Образцы загущенной водной суспензии нефтекокса в мерных емкостях после хранения (10 суток)
Fig. 1. The samples gelled aqueous slurry of petroleum coke were in a volumetric capacities after storage (10 days)

На рис. 2 представлены графические зависимости устойчивости суспензии от содержания загустителя, длительности размола для различной концентрации нефтекокка.

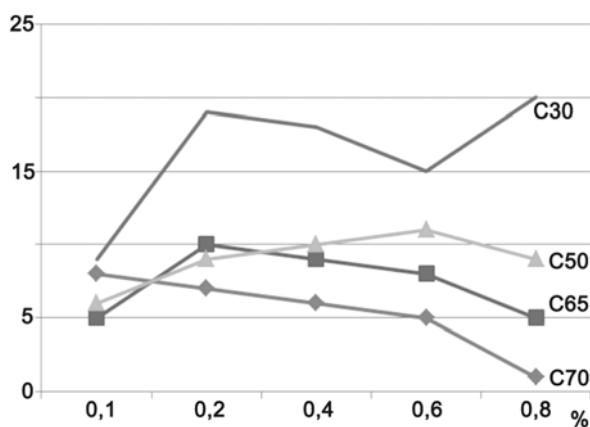


Рис. 2. Графические зависимости устойчивости суспензии от технологии приготовления

Fig. 2. Graphic dependences stability of the suspension from cooking technology

В лаборатории масел и топлив на Волжской ТЭЦ проведены исследования по определению пожаробезопасности загущенной суспензии нефтекокка.

Список литературы

1. Паушкин Я.М. Химия реактивных топлив (Топлива для воздушно-реактивных и ракетных двигателей). М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1980.
3. Терентьев Г.Ф. Методы организации рабочих процессов глубокорегулируемых двигательных установок на топливах различного агрегатного состояния. М.: НИИТП, 1985.
4. Степанова А.С., Терентьев Г.Ф. Водотопливные эмульсии, моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий: Ресурсосберегающая и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов: Межрегиональная научно-практ. конф., г. Волжский, 20-23 сентября 2011 г. // Сб. матер. конф. Волжский: Филиал «МЭИ» в г. Волжском, 2012.
5. Султанов М.М., Терентьев Г.Ф., Ушакова А.С. Методы получения и использования водотопливных суспензий. Волжский: Филиал МЭИ в г. Волжском, 2015.
6. Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии. М.: Высшая школа, 2001.

Обсуждение результатов и выводы

На основе полученных результатов выполнены проектные разработки по производству водонефтекокковой суспензии и энергетических систем на основе водонефтекокковой суспензии: установка приготовления загущенной водонефтекокковой суспензии в качестве топлива; проект реконструкции барабанного котла типа БКЗ; проект циркулирующего кипящего слоя (ЦКС) на загущенной водонефтекокковой суспензии [5].

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований по технологии получения загущенной водной суспензии нефтекокка позволяет сделать следующие выводы:

1. На основании накопленного опыта по производству водоугольных топлив возможно промышленное производство загущенной водной суспензии нефтекокка на модернизированном оборудовании для водоугольных топлив.

2. Загущенная водная суспензия нефтекокка пожаробезопасна при разливе.

3. Разработаны проекты установки приготовления загущенной водонефтекокковой суспензии в качестве топлива; реконструкции котла типа БКЗ и ЦКС на загущенной водонефтекокковой суспензии.

Работа выполнена в рамках НИР № 7.5704.2011 Министерства образования и науки РФ.

References

1. Pauškin Ā.M. Himiā reaktivnyh topliv (Topлива dlā vozdušno-reaktivnyh i raketnyh dvigatelej). M.: Izd-vo AN SSSR, 1962.
2. Alemasov V.E., Dregalin A.F., Tišin A.P. Teoriā raketnyh dvigatelej. M.: Mašinstroenie, 1980.
3. Terent'ev G.F. Metody organizacii rabočih processov glubokoreguliruemyh dvigatel'nyh ustanovok na toplivah različnogo agregatnogo sostoāniā. M.: NIITP, 1985.
4. Stepanova A.S., Terent'ev G.F. Vodotoplivnye èmul'sii, modelirovanie i sozdanie ob'ektov ènergo- i resursosberegauših tehnologij: Resursosberegaušā i èkologo-ènergetičeskā bezopasnost' promyšlennyh gorodov: Mežregional'naā naučno-prakt. konf., g. Volžskij, 20-23 sentābrā 2011 g. // Sb. mater. konf.. Volžskij: Filial «MÈI» v g. Volžskom, 2012.
5. Sultanov M.M., Terent'ev G.F., Ušakova A.S. Metody polučeniā i ispol'zovaniā vodotoplivnyh suspenzij. Volžskij: Filial MÈI v g. Volžskom, 2015.
6. Korovin N.V., Mingulina È.I., Ryžova N.G. Laboratornye raboty po himii. M.: Vyssāā škola, 2001.

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)



АССОЦИАЦИЯ ПРОФЕССОРОВ ВФ МЭИ



Любовь Константиновна Гончарова
старший научный сотрудник,
канд. хим. наук,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»

Родилась 25 июля 1944 г. в г. Курган-Тюбе Таджикской ССР. В 1968 г. окончила химический факультет Таджикского государственного университета им. В.И. Ленина. В 1975 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук, в 1986 г. ей присвоено ученое звание старшего научного сотрудника по специальности «Аналитическая химия».

Стаж научно-педагогической работы Л.К. Гончаровой составляет 45 лет, из них 20 лет она проработала в проблемной лаборатории радиохимии редких и рассеянных элементов Таджикского государственного университета им. В.И. Ленина в должностях младшего и старшего научных сотрудников, и.о. зав. лаборатории радиохимии, начальника отдела НИЧ. Совмещала научную и педагогическую деятельность, в течение двух лет работала преподавателем в Аннабинском университете (Алжир), где проводила все виды занятий на французском языке.

С 1996 г. Л.К. Гончарова работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должностях доцента, заведующего кафедрой, профессора.

В годы работы вела и ведет дисциплины «Физико-химические процессы в энергетике», «Химико-технологические процессы, аппараты и режимы», «Химический контроль теплоносителей», «Основы профессиональной деятельности», «Учебная научно-исследовательская работа», «Водоподготовка», «Спецвопросы химической очистки воды». Л.К. Гончарова является руководителем выпускных работ бакалавров, специалистов, магистров. Занятия со студентами проводятся с привлечением интерактивных технических средств.

Под научным руководством Л.К. Гончаровой выполнена и защищена в диссертационном совете МЭИ работа на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Области научных интересов Л.К. Гончаровой: химия и технология воды, сорбционные процессы на оксидах и гидроксидах, ионообменные материалы в теплоэнергетике (особенности применения, загрязнение, очистка). По этим направлениям ею опубликованы более 50 статей и тезисов докладов в центральных и региональных изданиях, издано 5 учебных изданий, получено 3 авторских свидетельства.

Л.К. Гончарова является руководителем НИР по Госбюджетной теме и по хозяйственным с тепловыми электрическими станциями и предприятиями других профилей.

По инициативе Л.К. Гончаровой и при ее активном участии в филиале МЭИ в г. Волжском в 2004 г. создана и успешно функционирует аккредитованная лаборатория технологии воды.

За прошедший период в лаборатории проведены испытания более 100 проб ионитов как отечественного, так и зарубежного производства, применяемых при водоподготовке в России.

Также осуществляется входной контроль качества ионитов, поступающих на ТЭС ОАО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» и предприятия г. Волгограда, г. Волжского, г. Астрахани, г. Камышина и других, оценивается состояние ионитов в процессе эксплуатации и разрабатываются методики восстановления их свойств.

Свои знания и опыт Л.К. Гончарова передает сотрудникам предприятий в процессе проведения занятий по повышению квалификации персонала предприятий по направлениям водоподготовки, химического контроля качества вод и ионообменных материалов в Образовательном центре филиала МЭИ в г. Волжском.

За достигнутые успехи в научной и педагогической работе и вклад в подготовку специалистов Гончаров Л.К. имеет ряд поощрений. Награждена Почетной грамотой Министерства образования РФ (Приказ от 12.05.2011 г. №565/к-н). В 2011 г. Л.К. Гончаровой присвоено почетное звание «Почетный работник высшего профессионального образования РФ» за многолетнюю плодотворную работу по совершенствованию учебного процесса, активную деятельность в области научных исследований, значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов.



Анатолий Данилович Грига
д-р техн. наук,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»

Родился 7 июня 1938 г. в г. Хмельницкий. В 1961 г. окончил Харьковский авиационный институт по специальности авиационные двигатели, присвоена специальность инженера-механика. В 1971 г. защитил диссертацию



на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1982 г. ему присвоено ученое звание доцента по кафедре атомных электростанций. В 1993 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. В 1996 г. присвоено ученое звание профессора по кафедре механики.

Общий стаж работы составляет 54 года. Стаж научно-педагогической, в том числе стаж педагогической работы в образовательных организациях высшего образования – 52 года.

С 2007 г. работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должности профессора.

Читает лекции по основным дисциплинам теплоэнергетического профиля: «Турбины тепловых и атомных электрических станций», «Энергетические установки», «Парогазовые и газотурбинные установки», руководит выпускными и дипломными работами. Руководит педагогической и научно-исследовательской практиками магистров. Является руководителем выпускных работ бакалавров, специалистов, магистров. А.Д. Грига разработал и внедрил в учебный процесс более 20 методических пособий.

Имеет более 160 публикации, в том числе 6 патентов на изобретения.

Более 15 лет Грига А.Д. активно участвует в работе совета Д 212.028.03 по защите кандидатских и докторских диссертаций при ВолГТУ.

В качестве научного руководителя подготовил восемь кандидатов наук.

Грига А.Д. принимает активное участие в работе Образовательного Центра филиала МЭИ в г. Волжском, где осуществляется повышение квалификации и профессиональная переподготовка специалистов по теплоэнергетическому направлению. Им разработаны новые программы, по которым ежегодно проходят обучение до 50 работников предприятий Волгограда, Астрахани, г. Камышина и г. Волжского.

Имеет две правительственные награды: «За освоение целинных земель» и «Ветеран труда». В 2013 г. А.Д. Григе присвоено почетное звание «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» за многолетнюю плодотворную работу по совершенствованию учебного процесса, активную деятельность в области научных исследований, значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов.



**Валентина Ивановна
Жилина**

д-р эконо. наук, доцент,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»

Родилась 28 марта 1958 г. в г. Волжском Волгоградской области. В 1980 г. окончила Волгоградский инженерно-

строительный институт по специальности «Экономика и организация городского хозяйства», присвоена квалификация инженера-экономиста. В 1987 г. окончила Ростовский государственный университет по специальности «Политическая экономия», присвоена квалификация экономиста, преподавателя политической экономии. В 1989 г. окончила очную аспирантуру. В 1990 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук. В 1999 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре менеджмента. В 2010 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук.

Общий стаж работы составляет 35 лет. Стаж научно-педагогической деятельности в образовательных организациях высшего образования составляет 30 лет. В филиале МЭИ в г. Волжском работает с 2010 г.

Читает лекции по дисциплинам: «Экономика и управление производством», «Экономика и управление системами теплоэнергоснабжения», «Экономика и управление энергетическими предприятиями», «Организация и планирование производства».

В.И. Жилина активно занимается научной работой, принимает участие в научных конференциях различных уровней, развивает научно-исследовательскую деятельность студентов филиала МЭИ в г. Волжском. Имеет более 110 публикаций, в том числе более 25 учебно-методических работ.

Виктор Геннадьевич

Кульков

доцент, д-р физ.-мат. наук,
зав. кафедрой
«Общая физика»,
профессор кафедры
«Электроэнергетика
и электротехника»
по совместительству



Родился 6 апреля 1963 г. в с. Сорокино Ишимского р-на Тюменской области. В 1985 г.

окончил физико-технический факультет Воронежского политехнического института по специальности «Технология специальных материалов электронной техники». В 1992 г. окончил матерную аспирантуру при Липецком политехническом институте по специальности 01.04.07 – «Физика твердого тела».

В 1993 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Кинетика межкристаллитного проскальзывания вдоль границ зерен общего типа», присуждена ученая степень канд. физ.-мат. наук.

В 1997 присвоено ученое звание доцента по кафедре прикладной физике.

В 2006 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Механизмы релаксационных процессов на межзеренных границах общего типа», присуждена ученая степень д-ра физ.-мат. наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Стаж научно-педагогической работы Кулькова В.Г. составляет 26 лет, в том числе стаж педагогической работы в образовательных организациях высшего образования – 25 лет. С 1999 г. В.Г. Кульков работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должностях доцента, профессора, в настоящее время занимает должность зав. кафедрой «Общая физика», профессора кафедры «Электротехника и электротехника».

В.Г. Кульков читает лекционные курсы по дисциплинам «Физика», «Квантовая и ядерная физика», «Электротехническое материаловедение», «Теоретические основы электротехники». Занятия проводит на высоком методическом уровне с использованием современных методов и форм обучения.

В.Г. Кульков является членом ученого совета филиала, учебно-методического совета филиала, научно-технического совета филиала. Активно занимается научной работой, руководит госбюджетной научно-исследовательской работой кафедры «Общая физика» № ОФ-1-Б-11 «Релаксационные свойства границ раздела в ультрамелкозернистых материалах». Участвует в работе научных конференций различных уровней, имеет более 160 публикаций, из них более 20 учебно-методических, в том числе 11 учебных пособий, и более 140 научных работ.

Под научным руководством Кулькова В.Г. успешно защитили диссертации аспиранты А.С. Поляков (2011 г.) и Ю.В. Васильева (2012 г.), которым присуждены ученые степени кандидатов физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».



Владислав Олегович Шелекета

д-р филос. наук,
профессор кафедры
«Социально-гуманитарные науки»

Родился 14 мая 1976 г. в г. Махачкала. В 1999 г. окончил Волгоградский государственный университет по специальности «Философия», присуждена квалификация «Философ. Преподаватель». В 2002 г. окончил очную аспирантуру по кафедре теоретической философии Волгоградского государственного университета и защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата философских наук. В 2009 г. окончил очную докторантуру Волгоградского государственного медицинского университета. В 2011 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора философских наук.

Научно-педагогический стаж работы В.О. Шелекеты составляет 10 лет. С 2003 г. В.О. Шелекета работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должностях старшего преподавателя, доцента, профессора кафедры «Социально-гуманитарные науки». В период

обучения в очной докторантуре работал в филиале МЭИ в г. Волжском по совместительству.

В.О. Шелекета ведет авторские курсы по дисциплинам: философия, отечественная история, культурология, этика и психология профессиональной деятельности, а также вел курсы: политология, социология.

Общее количество опубликованных работ 51, из них 46 научных и 5 учебно-методических работ.



Елена Викторовна Якимович

д-р филос. наук, доцент,
профессор кафедры
«Социально-гуманитарные науки»

Родилась 3 февраля 1969 г. в г. Алапаевск Свердловской области. В 1992 г. окончила Волгоградский ордена «Знак Почета» государственный педагогический институт имени А.С. Серафимовича по специальности «Немецкий и английский языки».

В 1997 г. окончила очную аспирантуру Волгоградского государственного педагогического университета. В 1998 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата филологических наук. В 2002 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре иностранных языков. В 2004 г. Е.В. Якимович защитила докторскую диссертацию по специальности 10.02.20 – сравнительно-историческое, типологическое и сопоставительное языкознание. Ученая степень доктора филологических наук присуждена решением ВАК от 18 февраля 2005 г.

Общий стаж педагогической работы в вузах Е.В. Якимович составляет 23 года. С 1999 г. Е.В. Якимович работает в филиале МЭИ в г. Волжском, с сентября 1999 г. по август 2004 г. – доцентом кафедры «Социально-гуманитарные науки». С сентября 2004 по апрель 2015 г. Е.В. Якимович работала заведующей кафедрой «Иностранные языки», а с апреля 2015 г. занимает должность профессора кафедры «Социально-гуманитарные науки». Е.В. Якимович является членом ученого совета филиала МЭИ в г. Волжском и членом учебно-методического совета филиала.

Е.В. Якимович проводит практические занятия по немецкому и английскому языкам на высоком методическом уровне, принимает активное участие в подготовке рабочих программ, разработке учебно-методических комплексов по преподаваемым дисциплинам, издании учебных и учебно-методических материалов, регулярно проходит повышение квалификации.

Е.В. Якимович активно занимается научной работой, принимает участие в научных конференциях различных уровней. Общий список опубликованных научных и учебно-методических работ составляет более 150 работ, включая научные монографии, научные статьи в рецензируемых журналах и изданиях,

рекомендованных ВАК, учебные пособия, методические указания и рекомендации.

Область научных интересов – сопоставительная лингвокультурология, аксиологическая лингвистика, этнокультурная специфика национальных языковых картин мира, терминоведение и сопоставление терминологических систем.

На июнь 2015 г. Е.В. Якимович имеет: публикаций в РИНЦ – 22, цитирований – 208, индекс Хирша – 3.

Е.В. Якимович руководит научно-исследовательской работой студентов, осуществляет подготовку студентов младших курсов к участию в конференциях, имеет более 20 публикаций совместно со студентами филиала МЭИ в г. Волжском. Начиная с 2009 г., в рамках ежегодной Межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов города Волжского Е.В. Якимович занимается организацией работы секции «Филологические аспекты образования в техническом вузе» и является ее председателем.

В 2014 г. в рамках Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсоэнергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов» впервые под председательством Е.В. Якимович организована работа подсекции «Лингвистические аспекты эколого-энергетической отрасли».



**Геннадий Федорович
Терентьев**

канд. техн. наук, доцент,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»

Родился 30 сентября 1936 г. в с. Б. Ивановка Иловлинского района Волгоградской области. В 1962 г. окончил Ленинградский механический институт, присвоена квалификация инженера-механика. В 1986 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 2002 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре тепловых электрических станций.

Общий стаж работы составляет 60 лет. Стаж научно-педагогической работы составляет 38 лет, в т.ч. стаж педагогической работы в образовательных организациях высшего профессионального образования – 18 лет.

Более 20 лет Г.Ф. Терентьев проработал в Конструкторском бюро Машиностроения, г. Миасс. Под руководством академика АН СССР, Генерального конструктора КБ Машиностроения В.П. Макеева, участвовал в организации и становлении отраслевых научно-исследовательских лабораторий (ОНИЛ) при Челябинском политехническом институте, Новосибирском университете, Томском государственном университете, ОНИЛ и кафедры «Прикладная теплотехника» Челябинского государственного универ-

ситета (ЧГУ), а также филиалов кафедр ЧГУ и МФТИ для подготовки студентов выпускных курсов при КБ Машиностроения г. Миасс (Государственный ракетный центр им. академика Макеева).

С 1996 г. Г.Ф. Терентьев работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должностях доцента, профессора.

Читает лекции по дисциплинам бакалавриата: «Котельные установки и парогенераторы», «Диагностика теплоэнергетического оборудования ТЭС», читает лекции по дисциплинам магистратуры: «Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологии», «Конструирование энергетического оборудования и установок», «Методы и средства диагностики энергетического оборудования и систем», «Моделирование энергоустановок и систем», имеет большой опыт руководства бакалаврами, инженерами и магистрами.

Участвовал в организации и оборудовании учебных лабораторий филиала МЭИ в г. Волжском: лаборатории метрологии, электротехники, диагностики теплотехнического оборудования, тренажеров тепловых электрических станций, в разработке компьютерных учебных пособий. Разработал ряд рабочих программ по дисциплинам кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» и Образовательного Центра филиала МЭИ в г. Волжском.

Имеет свыше 100 публикаций, из них свыше 50 изобретений. Г.Ф. Терентьев обладает хорошими организаторскими способностями. С 1997 по 2012 г. выполнял обязанности ученого секретаря ученого совета и заместителя заведующего кафедрой «Специальные дисциплины», затем кафедрой «Тепловые электрические станции» (по совместительству).

За добросовестную и плодотворную работу по подготовке специалистов для энергетической отрасли Г.Ф. Терентьев имеет ряд поощрений, в 2006 г. награжден Почетной грамотой Министерства образования и науки. В 2011 г. Г.Ф. Терентьеву присвоено почетное звание «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» за многолетнюю плодотворную работу по совершенствованию учебного процесса, активную деятельность в области научных исследований, значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов.



**Александр Васильевич
Машков**

старший научный сотрудник,
канд. техн. наук,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»

Родился 13 июля 1948 г. в р.п. Романовка Романовского р-на Саратовской области. В 1972 г. окончил Саратовский государственный университет по специальности

механика, присвоена квалификация механик. В 1982 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1991 г. присвоено ученое звание старшего научного сотрудника по специальности «Строительная механика».

Общий стаж работы составляет 43 года. Стаж научно-педагогической работы составляет 23 года, в том числе стаж педагогической работы в образовательных организациях высшего образования – 23 года.

В филиале МЭИ в г. Волжском А.В. Машков работает с 1996 г., занимая должности доцента, профессора. С 1996 г. по 2004 г. работал по совместительству, совмещая педагогическую деятельность с работой на предприятиях энергетической отрасли. В настоящее время работает в должности профессора кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Читает лекции по дисциплинам бакалавриата и магистратуры: «Математическое моделирование процессов в теплоэнергетике», «Тепломассообмен», «УНИР», «Методы математической физики».

А.В. Машков является руководителем выпускных работ бакалавров, специалистов, магистров. Имеет более 46 научных работ, в том числе 7 авторских свидетельств.



Вячеслав Семенович Кузеванов

профессор, д-р техн. наук,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»,
главный научный сотрудник
НИЛ «Диагностики,
прогнозирования и реновации»
научно-исследовательского
отдела, ученый секретарь
Ученого совета ВФ МЭИ

Родился 13 мая 1947 г. в г. Тобольск Тюменской области. В 1971 г. окончил МЭИ по специальности «Атомные электростанции и установки», присвоена квалификация инженера-теплофизика. В 1974 г. окончил очную аспирантуру МЭИ. В 1975 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени канд. техн. наук. В 1982 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре атомных электростанций. В 1995 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. В 1999 г. присвоено ученое звание профессора по кафедре атомных электрических станций. С 2000 г. – чл.-корр. академии инженерных наук РФ.

Стаж научно-педагогической работы составляет 44 года, в том числе стаж педагогической работы в образовательных организациях высшего образования 39 лет. 13 лет работал в должности декана специального факультета по переподготовке кадров по новым перспективным направлениям науки и техники – «Эксплуатация атомных электростанций» (при филиале МИФИ с 1982 по 1985 гг., при Обнинском ин-

ституте атомной энергетики, Госкомвуз ССР с 1986 по 1995 гг.). Участвовал в ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1987 году.

С момента создания филиала МЭИ в г. Волжском в мае 1995 г. по октябрь 2012 г. В.С. Кузеванов работал в должности директора филиала МЭИ в г. Волжском, совмещая должность заведующего кафедрой Специальных дисциплин с 1997 по 2001 г., с 2001 по 2012 г. совмещая должность заведующего кафедрой «Тепловые электрические станции». С 1996 по 2012 г. В.С. Кузеванов являлся председателем Совета директоров филиалов вузов города Волжского. С 1 ноября 2012 г. занимал и занимает должности профессора кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника», главного научного сотрудника НИЛ «Диагностики, прогнозирование и реновации» НИО. С мая 2015 г. работает в должности ученого секретаря ученого совета филиала МЭИ в г. Волжском.

Читает лекционные курсы по дисциплинам: «Тепломассообмен», «Тепловые и атомные электрические станции», «Ядерные энергетические установки». Является руководителем выпускных квалификационных работ бакалавров и специалистов, осуществляет научное руководство магистрантами. Руководит педагогической и научно-исследовательской практиками магистрантов.

Подготовил в качестве научного консультанта двух кандидатов наук; научного руководителя трех кандидатов наук.

Участвует в ГАК по приему выпускных квалификационных работ бакалавров по направлению Теплоэнергетика и теплотехника. Председатель экзаменационной комиссии по приему Государственного экзамена.

Имеет более 140 публикаций, из них 3 изобретения. В.С. Кузеванов является руководителем НИР по Госбюджетной теме и по хоздоговорам с тепловыми электрическими станциями и предприятиями энергетической отрасли региона.

В.С. Кузеванов имеет правительственные награды. В 1986 г. награжден медалью «За трудовую доблесть». В 2002 г. награжден медалью «За заслуги в проведении всероссийской переписи населения». В 2006 г. В.С. Кузеванову присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации».



Валерий Петрович Шевчук

профессор, д-р техн. наук,
главный научный сотрудник
НИЛ «Информатизации»
научно-исследовательского
отдела,
профессор кафедры
«Автоматизация
технологических процессов
и производств»

Родился 5 июня 1951 г. в г. Кузнецк Пензенской области. В 1973 г. окончил Московский институт химического машиностроения по специальности «Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов», присвоена квалификация инженера-электромеханика по автоматизации. В 1980 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1988 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре вычислительной техники. В 1995 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. В 1997 г. присвоено ученое звание профессора по кафедре Автоматики, электроники и вычислительной техники.

Стаж научно-педагогической работы составляет 42 года, в том числе стаж педагогической работы в образовательных организациях высшего образования – 32 года.

С декабря 2004 г. В.П. Шевчук работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должностях заместителя директора филиала, заведующего кафедрой, главного научного сотрудника НИЛ Информатизации НИО, профессора кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств».

Им опубликовано свыше 200 научных трудов, в том числе учебник с грифом УМО «Электроника и микропроцессорная техника в машиностроении», который переиздавался 3 раза; 4 монографии, в которых представлены результаты научных исследований в области автоматизации технологических процессов; 24 учебных пособия, из которых 11 с грифом УМО; 15 авторских свидетельств и патентов. Под руководством В.П. Шевчука защитились 15 аспирантов.

В 2000 г. награжден почетной грамотой Администрации Волгоградской области. В 2002 г. награжден государственной наградой: медалью «За заслуги в проведении всероссийской переписи населения». В 2002 г. В.П. Шевчуку присвоено почетное звание «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».



**Марина Вячеславовна
Одоевцева**

доцент, канд. техн. наук,
профессор кафедры
«Теплоэнергетика
и теплотехника»

Родилась 19 октября 1960 г. в г. Алексин-Высокое Тульской области. В 1982 г. окончила Волгоградский политехнический институт по специальности «Технология резины», присвоена квалификация инженера химика-технолога. В 1997 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 2002 г. ей присвоено ученое звание доцента по кафедре «Технология воды и топлива».

Стаж научно-педагогической работы М.В. Одоевцевой составляет 24 года, в том числе стаж педагогической работы в организациях высшего образования составляет 18 лет.

С 1997 г. М.В. Одоевцева работает в филиале МЭИ в г. Волжском в должностях доцента, декана Теплоэнергетического факультета, заведующего кафедрой, заместителя директора по учебной работе, профессора. В настоящее время занимает должность профессора кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника».

Ведет дисциплины «Химия», «Энергетические топлива», «Современные проблемы теплоэнергетики и теплотехнологии», «Современные химико-технологические процессы водоподготовки», «Химико-технологические аппараты и процессы», «Проектирование, наладка и эксплуатация водоподготовительных установок», «Экология». М.В. Одоевцева является руководителем выпускных работ бакалавров и специалистов, магистерских диссертаций.

М.В. Одоевцева активно ведет научные исследования по актуальным проблемам фундаментальной и прикладной науки. Под ее руководством студенты вуза успешно решают важные для производства вопросы по созданию антикоррозионных эластомерных покрытий, по регенерации масел, разрабатывают уникальные компьютерные программы-тренажеры по водоподготовке. Созданные компьютерные имитаторы внедрены на Волжских ТЭЦ и используются при проведении лабораторных работ по курсу «Современные химико-технологические процессы водоподготовки».

Одоевцева М.В. принимает активное участие в разработке учебных планов и проведении курсов повышения квалификации сотрудников предприятий энергетической отрасли, которые успешно реализуются в Образовательном Центре филиала.

В перечне научных и методических трудов Одоевцевой М.В. более 70 наименований, в том числе более 60 научных работ.

Одоевцева М.В. пользуется заслуженным уважением сотрудников и студентов филиала.

Евгений Алексеевич Маликов

доцент, канд. техн. наук,
профессор кафедры «Общая физика»

Родился 13 сентября 1933 г. в г. Курган. В 1956 г. окончил Челябинский институт Механизации и электрификации сельского хозяйства, присвоена квалификация инженер-механик. В 1972 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1980 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре строительных дорожных машин и оборудования.

Стаж научно-педагогической работы Е.А. Маликова составляет 43 года, в том числе стаж педагогической работы в образовательных учреждениях высшего образования – 41 год.

С 1997 по 2012 год работал в филиале МЭИ в г. Волжском на должностях доцента кафедры «Механика и материаловедение», профессора кафедры «Общая физика», в течение нескольких лет исполнял обязанности заведующего кафедрой «Механика и материаловедение».

Преподавал дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика» и «Прикладная механика». Под руководством Маликова Е.А. и с его непосредственным участием оборудованы кабинет инженерной графики, лаборатории «Прикладной механики», «Материаловедения и технологии конструкционных материалов».

Е.А. Маликов уделял много внимания студентам, особенно обучающимся на первом и втором курсах. Обладая большим жизненным опытом, находил связь между читаемыми курсами и производством, прививал студентам умение и желание работать со справочной и нормативной литературой.

Награжден медалью «Ветеран труда». В 2003 г. Е.А. Маликову присвоено почетное звание «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» за многолетнюю плодотворную работу по совершенствованию учебного процесса, активную деятельность в области научных исследований, значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов.

В сентябре 2012 г. отстранился от педагогической деятельности. Активно взаимодействует со студентами и работниками филиала МЭИ в г. Волжском по настоящее время.

Петр Дмитриевич Васильев

доцент, канд. техн. наук,
зав. кафедрой «Энергообеспечение предприятий»

Родился 16 мая 1965 г. в г. Калинино Вурнавского района Чувашской АССР. В 1988 г. окончил Обнинский институт атомной энергетики по специальности физико-энергетические установки, присвоена квалификация инженер-физик. В 1995 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени канд. техн. наук, в 2002 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре математического моделирования.

П.Д. Васильев начал свою трудовую деятельность в 1988 г. в должности стажера-исследователя в Обнинском институте атомной энергетики, совмещая ее с работой в должности ассистента кафедры «Теплофизика».

С 1995 по 2010 год П.Д. Васильев работал в филиале МЭИ в г. Волжском, участвовал в организации учебного процесса в филиале, подъеме его лабораторной базы. Работая в должности начальника научно-исследовательского сектора, принимал участие в становлении научных направлений филиала, руководил прикладными научно-исследовательскими работами.

С 2002 г., со дня основания кафедры «Энергообеспечение предприятий», по 2010 г. являлся ее заведующим.

П.Д. Васильев внес значительный вклад в организацию системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов в филиале МЭИ в г. Волжском.

За время работы в филиале П.Д. Васильев проводил обширную методическую работу: подготовил курсы лекций, методические материалы для практических и лабораторных занятий по дисциплинам: «Информатика», «Ядерные энергетические установки», «Численные методы моделирования теплоэнергетических процессов», «Основы применения вычислительной техники», «Возобновляемые источники энергии», «Основы САПР промышленной теплоэнергетики». Он успешно руководил выполнением курсовых, выпускных квалификационных работ студентов, проводил занятия по повышению квалификации работников промышленных предприятий г. Волжского и г. Волгограда, являлся разработчиком программ по ряду курсов в системе переподготовки специалистов в области энергетики.

П.Д. Васильев успешно сочетал педагогическую деятельность с научно-исследовательской работой, эффективно используя в учебном процессе и научных разработках вычислительную технику, успешно руководил научно-исследовательской работой студентов. Выполненные под его руководством работы систематически представлялись на конференциях студентов и молодых ученых, получали дипломы и гранты на конкурсах.

В перечне научных и методических трудов П.Д. Васильева более 60 работ.

П.Д. Васильев являлся членом ученого совета МЭИ в г. Волжском с момента его образования до 2010 г.

...27 октября 2010 г. Петра Дмитриевича Васильева не стало.

Александр Иванович Грошев

доцент, канд. техн. наук,
зав. кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»

Родился 10 октября 1945 г. в с. Заводское Троицкого района Алтайского края. В 1969 г. окончил Томский государственный университет по специальности диагностика летательных аппаратов, присвоена квалификация инженер-техник. В 1979 г. окончил очную аспирантуру Московского энергетического института. В 1979 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1984 г. присвоено ученое звание доцента по кафедре атомных электростанций.

Стаж научно-педагогической работы А.И. Грошева 44 года, в том числе стаж педагогической работы в организациях высшего образования – 41 год. В



течение 15 лет А.И. Грошев работал старшим преподавателем, доцентом, заведующим кафедрой «Теплофизика» Обнинского института атомной энергетики. Участвовал в ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1987 г.

А.И. Грошев работал в филиале МЭИ в г. Волжском с момента создания филиала в мае 1995 г. по 2014 г. С 1995 по 2010 г. занимал должность заместителя директора филиала. Под его руководством и с его непосредственным участием создана лабораторная база филиала МЭИ в г. Волжском

А.И. Грошев успешно совмещал административную работу с профессорско-преподавательской деятельностью. С 2000 г. руководил кафедрой «Промышленная теплоэнергетика». Преподавал дисциплины «Термодинамика», «Тепломассообмен», «Вычислительные методы в теплофизических расчетах». Являлся руководителем выпускных квалификационных работ бакалавров и специалистов, осуществлял научное руководство магистрантами.

Активно занимался научно-исследовательской работой. Являлся руководителем НИР по Госбюджетной теме и по хоздоговорам с муниципальными и промышленными предприятиями г. Волжского. Участвовал в разработке мероприятий для ряда предприятий города по сбережению тепло- и энергоресурсов.

Научное направление «Кондуктивно-конвективный теплообмен в каналах и элементах энергетических установок при сложных граничных условиях». По данной тематике под его руководством выполнено и защищено шесть кандидатских диссертаций. В списке научных и методических трудов А.И. Грошева более 90 работ.

А.И. Грошев являлся членом ученого совета МЭИ в г. Волжском с момента его образования до 2014 г.

В 2003 г. А.И. Грошев занесен в книгу «Почета» города Волжского. В 2006 г. А.И. Грошеву присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации».

...30 сентября 2014 г. Александра Ивановича Грошева не стало.





*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

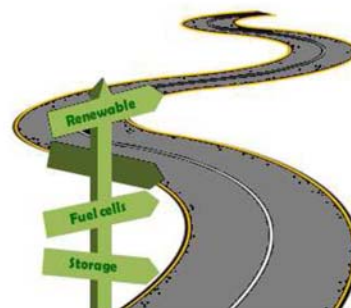
Abstracts should be prepared according to the official template. Selected papers will be published full papers in a **Special Issue of International Journal of Hydrogen Energy**.



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 POver 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)

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 €

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)



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

- 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)
Струков 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

SPACE

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



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. Гаврилов П.М.
ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН ФГУП ФЯО «ГХК»
Заместители председателей конференции, ученые секретари:
Калмыков С.И. Меркулов И.А.
МГУ и РНЦ «Курчатовский Институт» 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 ВНИИМ
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 ВНИИМ
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.	РНЦ «Курчатовский Институт»
Федоров Ю.С.	АО «Радиовый Институт»
Цивадзе А.Ю.	ИФХЭ РАН
Чекмарев А.М.	РХТУ
Шадрин А.Ю.	АО ВНИИМ
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/>



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

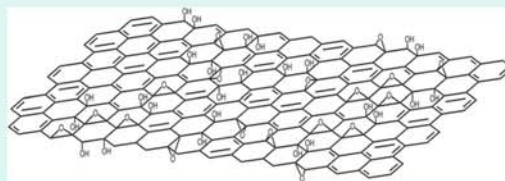
Изготовление Заказа - 2 недели. Доставка почтой DHL.

Оплата на расчетный счет предприятия Научно-технический центр "ТАТА"
по Договору изготовления, аттестации и поставки продукции.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА

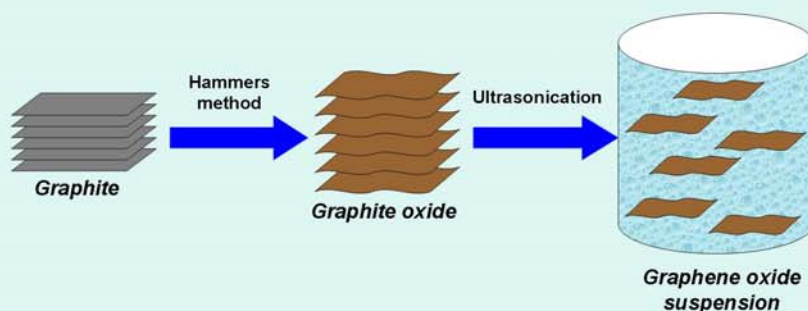
Оксид графита – продукт глубокого окисления графита, имеет простейшую формулу $C_3O_{0.8}$ и содержит большое количество кислородсодержащих функциональных групп. Оксид графита, являясь гидрофильным материалом, способен образовывать коллоидные растворы в воде, диметилформамиде, N-метилпирролидоне, водных растворах этанола и других полярных растворителях, где он расщепляется на тонкие (вплоть до одного углеродного слоя) листы **оксида графена (ОГ)**.



Химическая структура ОГ

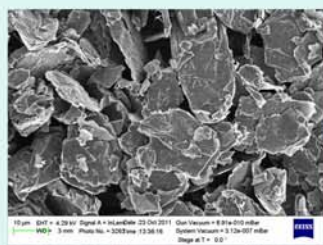
J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 374015 (19pp)

Схематическая методика синтеза оксида графена



Оксид графита получали модифицированным методом Хаммера. Для приготовления водной суспензии нанолитов 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.

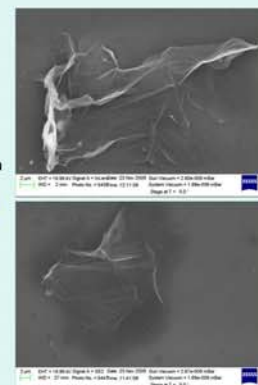
Микрофотографии графита, оксида графита и нанолитов оксида графена



Graphite

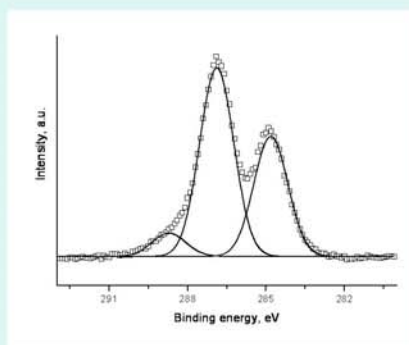
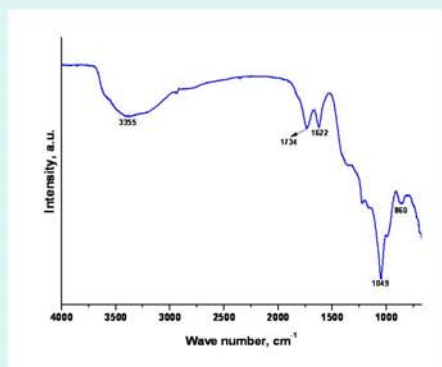


Graphite oxide



Graphene oxide nanosheets

ИК-спектр оксида графена

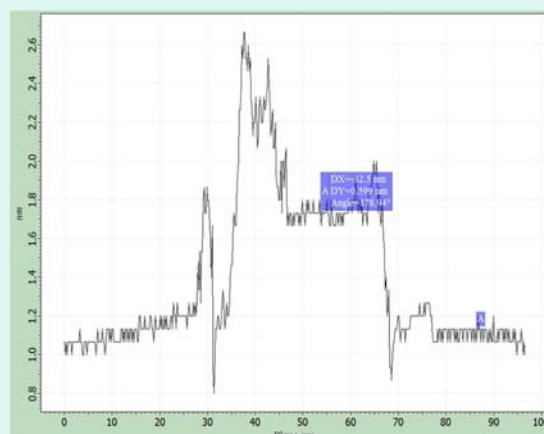
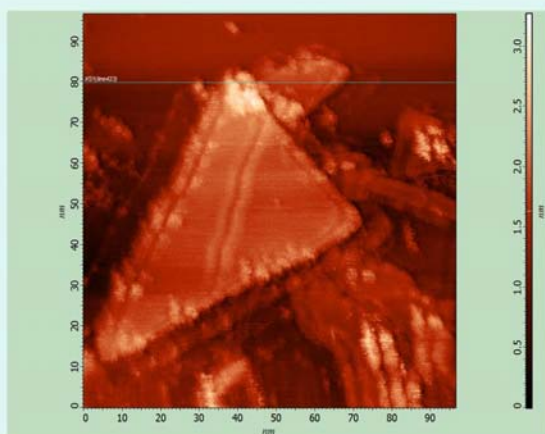


Рентгеновский фотоэлектронный спектр наночастиц оксида графена

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

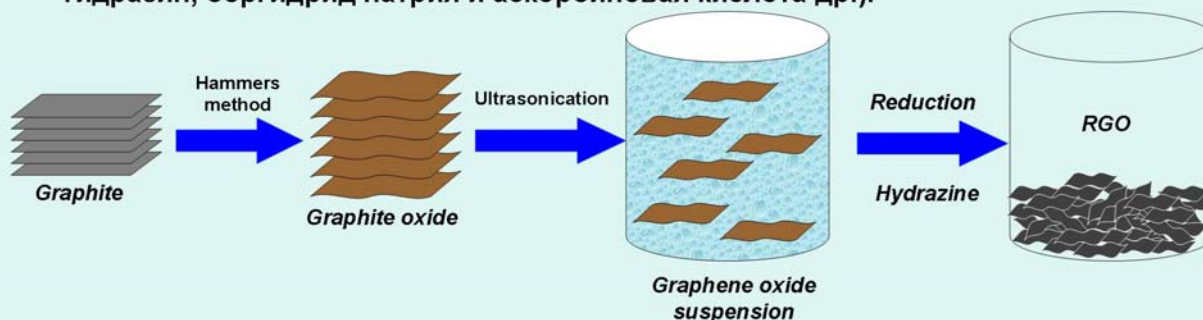
Graphene Oxide Applications

- 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

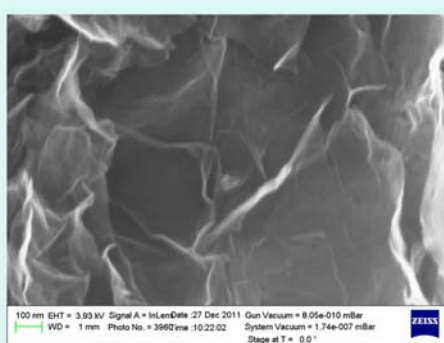
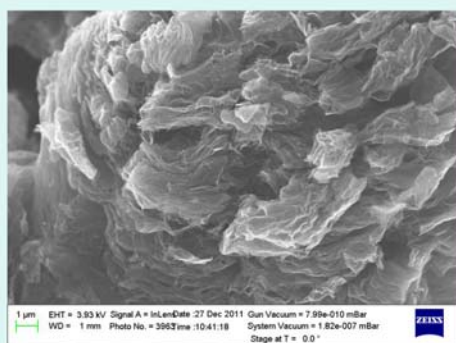
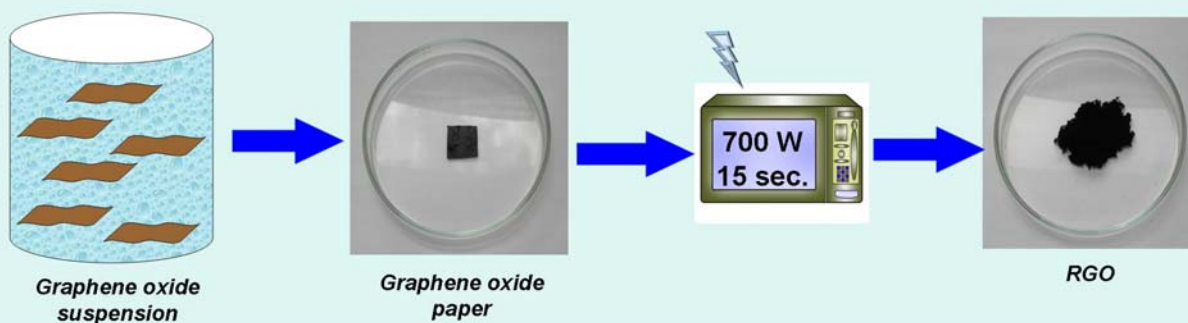


ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

1. Химическое восстановление (использование сильных восстановителей – гидразин, боргидрид натрия и аскорбиновая кислота др.).

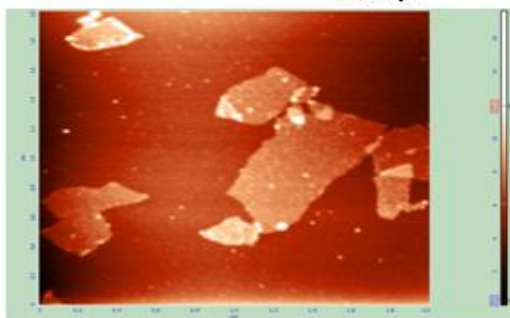
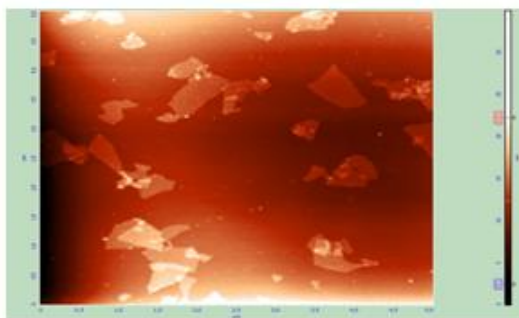
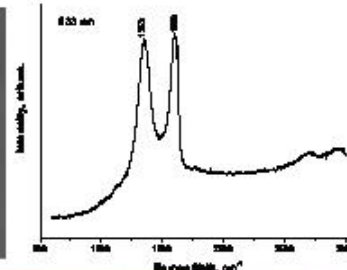
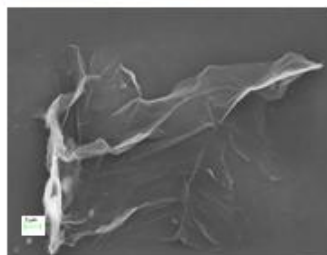
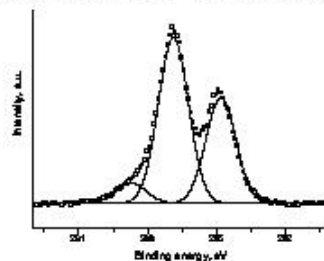


2. Термическое восстановление. Наиболее часто применяется восстановление СВЧ-облучением.



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

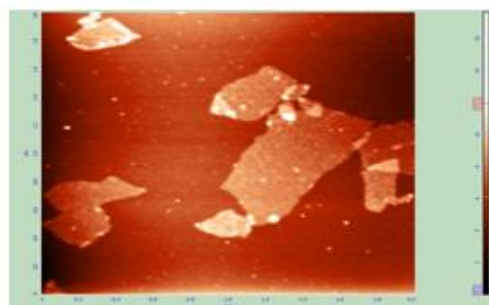
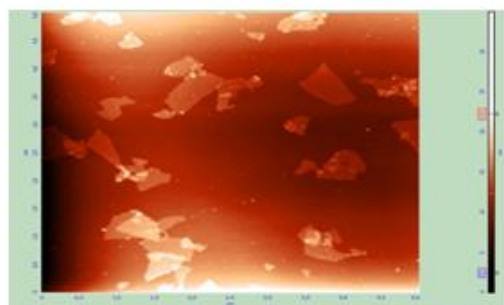
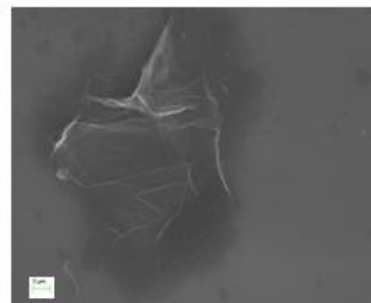
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-methylpyrrolidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

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)

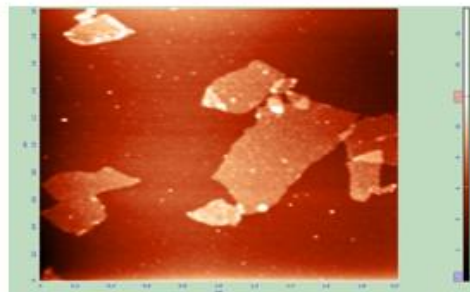
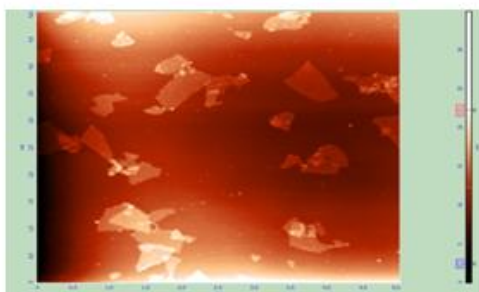
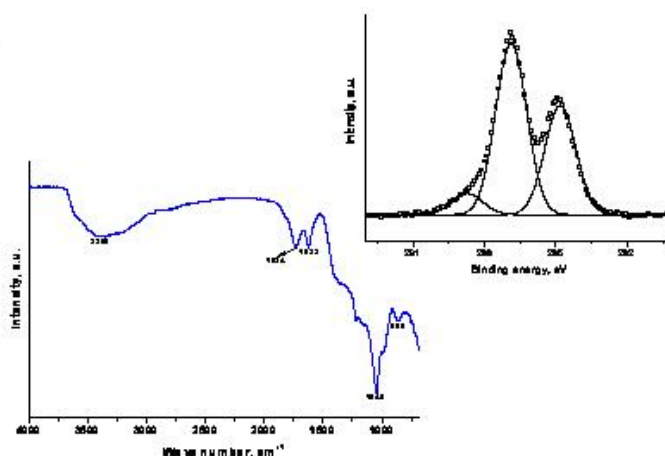
The elemental composition

C – 45,3 wt.%; **O** – 48,7 wt.%; **H** – 2,8 wt.%; **S** – 2.1 wt.%; **N** – <0.1 wt.%



GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1g)



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.

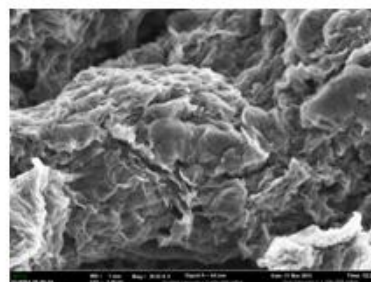
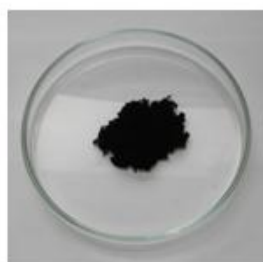
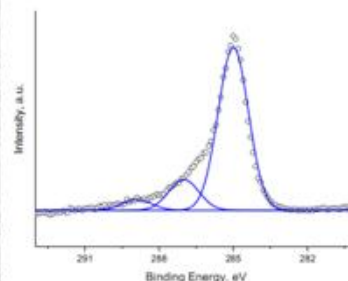
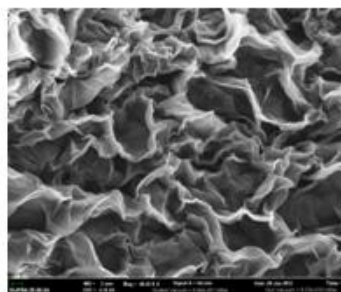
Properties

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-metilpirrolidon, 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.%



ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР ВФ МЭИ

Способ получения водорода за счет гидролиза твердого реагента - алюминия в реакционном сосуде

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (19) RU (11) 2 545 290 (13) C1
(51) МПК: C01B 3/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013150927/05, 15.11.2013
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 15.11.2013
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 15.11.2013
(45) Опубликовано: 27.03.2015 Бюл. № 9
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2223221 C1, 10.02.2004, RU 2345829 C2, 10.02.2009, WO 2009022355 A2, 19.02.2009, US 2013/0149234 A1, 13.06.2013, US 8273140 B1, 25.09.2012

Адрес для переписки:
111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14, ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", НИЦ, патентный отдел, Лобковой Т.А.

(72) Авторы:
Кузнецов Вячеслав Семенович (RU),
Султанов Махсуд Мансурович (RU),
Терентьев Геннадий Федорович (RU),
Шамигулов Петр Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВПО "НИУ "МЭИ") (RU)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ЗА СЧЕТ ГИДРОЛИЗА ТВЕРДОГО РЕАГЕНТА - АЛЮМИНИЯ В РЕАКЦИОННОМ СОСУДЕ

(57) Реферат:
Изобретение относится к способам получения водорода за счет гидролиза твердого реагента - алюминия в реакционном сосуде и может быть использовано для получения водорода в сфере автономной энергетики, преимущественно в энергоустановках с электрохимическими генераторами, как в стационарных установках, на транспорте, так и при ремонтах электрогенераторов с водородным охлаждением и в химической промышленности. Заявлен способ получения водорода путем гидролиза алюминия в реакционном сосуде, который заполнен водным раствором едкого натра. Способ получения водорода проводят в реакторе непрерывного действия путем подачи алюминия в виде водной суспензии. Водную суспензию алюминия перед подачей в реакционный сосуд гелируют (загущают). В качестве гелирующей (загущающей) добавки используют модифицированную полиакриловую кислоту или агар-агар. Изобретение позволяет повысить экономичность производства водорода и улучшить качество гидролиза и регулирование процесса получения водорода. 1 з.п. ф.м., 2 ил.

Кузнецов Вячеслав Семенович (RU)
Султанов Махсуд Мансурович (RU)
Терентьев Геннадий Федорович (RU)
Шамигулов Петр Валерьевич (RU)

Изобретение относится к способам получения водорода за счет гидролиза твердого реагента - алюминия в реакционном сосуде и может быть использовано для получения водорода в сфере автономной энергетики, преимущественно в энергоустановках с электрохимическими генераторами, как в стационарных установках, на транспорте, так и при ремонтах электрогенераторов с водородным охлаждением и в химической промышленности. Заявлен способ получения водорода путем гидролиза алюминия в реакционном сосуде, который заполнен водным раствором едкого натра. Способ получения водорода: проводят в реакторе непрерывного действия путем подачи алюминия в виде водной суспензии. Водную суспензию алюминия перед подачей в реакционный сосуд гелируют (загущают). В качестве гелирующей (загущающей) добавки используют модифицированную полиакриловую кислоту или агар-агар. Изобретение позволяет повысить экономичность производства водорода и улучшить качество гидролиза и регулирование процесса получения водорода.

Устройство автоматического регулирования процессом ректификации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (19) RU (11) 104 475 (13) U1
(51) МПК: B01D 3/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010150625/05, 10.12.2010
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 10.12.2010
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 10.12.2010
(45) Опубликовано: 20.05.2011 Бюл. № 14

Адрес для переписки:
111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14, ГОУВПО "МЭИ(ТУ)", НИЦ, патентный отдел

(72) Автор(ы):
Шевчук Валерий Петрович (RU),
Агринская Светлана Анатольевна (RU),
Филатова Светлана Олеговна (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский энергетический институт (технический университет)" (ГОУВПО "МЭИ(ТУ)") (RU)

(54) УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ

(57) Формула полезной модели
Устройство автоматического регулирования процессом ректификации, содержащее ректификационную колонну, оснащенную датчиками температуры, регулятором расхода перегретого пара, регулятором расхода хладагента, регулятором расхода греющего пара, дефлегматором в верхней части колонны, первым теплообменником в нижней части колонны, вторым теплообменником, расположенным в месте подачи питающей смеси, блоком коррекции профиля температур, отличающееся тем, что оно снабжено первым и вторым хроматографами, регулятором температуры верха колонны, регулятором температуры низа колонны, причем первый из хроматографов соединен с регулятором температуры верха колонны, подключенным к регулятору расхода хладагента, выход которого подключен через исполнительные устройства к дефлегматору, второй хроматограф соединен с регулятором температуры низа колонны, подключенным к регулятору расхода греющего пара, выход которого через исполнительные устройства соединен с теплообменником в нижней части колонны, регулятором температуры питающей смеси, подключенным через исполнительные устройства ко второму теплообменнику, а блок коррекции профиля температур выполнен в виде блока идентификации текущего значения критерия эффективности работы ректификационной колонны, который реализует алгоритм:
$$\Psi(t) = \min_{i=1, \dots, N} \sum_{k=1}^N (\nabla T_{ki}(t) - \nabla T_{ki}(t_k))^2$$

где N - количество датчиков температуры, установленных по высоте колонны;
 $T_{ki}(t)$ - текущее значение температуры i-й тарелки, измеренное на объекте

Шевчук Валерий Петрович
Агринская Светлана Анатольевна
Филатова Светлана Олеговна

Изобретение относится к устройствам для управления процессом ректификации и может быть использовано в химической, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности. Устройство автоматического регулирования процесса ректификации содержит ректификационную колонну, оснащенную датчиками температуры, регулятором расхода перегретого пара, регулятором расхода хладагента, регулятором расхода греющего пара, дефлегматором, второй хроматограф, соединенный с регулятором температуры верха колонны, подключенным к регулятору расхода хладагента, выход которого подключен через исполнительные устройства к дефлегматору, второй хроматограф, соединенный с регулятором температуры низа колонны, подключенным к регулятору расхода греющего пара, выход которого через исполнительные устройства соединен с теплообменником в нижней части колонны, регулятор температуры питающей смеси, подключенный через исполнительные устройства ко второму теплообменнику, и блок коррекции профиля температур, выполненный в виде блока идентификации текущего значения критерия эффективности работы ректификационной колонны, который реализует заданный алгоритм. Изобретение обеспечивает повышение эффективности работы ректификационной колонны.

Устройство автоматического управления процессом ректификации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ		(19) RU (11) 122 033 (13) U1
		(51) МПК B01D 34/2 (2006.01)
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ		
(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ		
(21)(22) Заявка: 201211267205, 03.04.2012	(72) Автор(ы): Шевчук Валерий Петрович (RU), Агринская Светлана Анатольевна (RU), Шаровина Светлана Олеговна (RU)	
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 03.04.2012	(73) Патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВПО "НИУ МЭИ") (RU)	
Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 03.04.2012		
(45) Опубликовано: 20.11.2012 Бюл. № 32		
Адрес для переписки: 111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14, ФГБОУ ВПО "НИУ МЭИ", НИЦ, патентный отдел		
(54) УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ		

(57) Формула полезной модели

Устройство автоматического управления процессом ректификации содержит ректификационную колонну, датчики температуры, первый, второй и третий хроматографы, регуляторы расхода перегретого пара и расхода хладагента, регулятор расхода греющего пара, дефлегматор в верхней части колонны, теплообменники, расположенные в нижней части колонны и в месте подачи питающей смеси, блок идентификации текущего значения эффективности работы ректификационной колонны, регуляторы температуры верха и низа колонны, регулятор температуры питающей смеси, отличающееся тем, что второй хроматограф расположен в месте подачи питающей смеси, а третий – в нижней части колонны, причем устройство снабжено компенсатором с двумя входами, подключенными к выходам второго и третьего хроматографов, а выход соединен с входом регулятора температуры низа колонны, а сам компенсатор реализует функциональную зависимость:

$$T_n \cdot \frac{dC_p(i, T_n)}{dt} + C_p(i, T_n) = -T_n \cdot k_n \cdot \frac{dC_p((i-j), T_n)}{dt},$$

где i, j – порядковый номер элемента в массиве (шаги) ($i=0, 1, \dots, N-1, j=0, 1, \dots, N-1$);
 N – длина массива;
 $N \cdot T_n$ – длина реализации, мин;
 T_n – настроечный коэффициент дифференциальной части компенсатора;
 T_n – длина циклограммы промышленного хроматографа, мин;
 k_n – подгоночный коэффициент компенсатора;
 T_n – настроечный коэффициент интегральной части компенсатора;
 $C_p(i, T_n)$ – текущее значение концентрации низа колонны;

Шевчук Валерий Петрович (RU)
 Агринская Светлана Анатольевна (RU)
 Шаровина Светлана Олеговна (RU)

Устройство автоматического управления процессом ректификации содержит ректификационную колонну, датчики температуры, первый, второй и третий хроматографы, регуляторы расхода перегретого пара и расхода хладагента, регулятор расхода греющего пара, дефлегматор в верхней части колонны, теплообменники, расположенные в нижней части колонны и в месте подачи питающей смеси, блок идентификации текущего значения эффективности работы ректификационной колонны, регуляторы температуры верха и низа колонны, регулятор температуры питающей смеси, отличающиеся тем, что второй хроматограф расположен в месте подачи питающей смеси, а третий – в нижней части колонны, причем устройство снабжено компенсатором с двумя входами, подключенными к выходам второго и третьего хроматографов, а выход соединен с входом регулятора температуры низа колонны.

Устройство автоматического регулирования процессом ректификации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ		(19) RU (11) 2 449 827 (13) C1
		(51) МПК B01D 34/2 (2006.01)
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ		
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ		
(21)(22) Заявка: 201014899005, 26.11.2010	(72) Автор(ы): Шевчук Валерий Петрович (RU), Агринская Светлана Анатольевна (RU), Филатова Светлана Олеговна (RU)	
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 26.11.2010	(73) Патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВПО "НИУ МЭИ") (RU)	
Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 26.11.2010		
(45) Опубликовано: 10.05.2012 Бюл. № 13		
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1526723 A1, 07.12.1989. SU 944600 A1, 23.07.1982. SU 784888 A1, 07.12.1980. RU 2148069 C1, 27.04.2000. US 4230533 A, 28.10.1980.		
Адрес для переписки: 111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14, ФГБОУ ВПО "НИУ МЭИ", Московский энергетический институт, МЭИ		
(54) УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ		

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для управления процессом ректификации и может быть использовано в химической, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности. Устройство автоматического регулирования процессом ректификации содержит ректификационную колонну, оснащенную датчиками температуры, регулятор расхода перегретого пара, регулятор расхода хладагента, регулятор расхода греющего пара, первый теплообменник в нижней части колонны, второй теплообменник в месте подачи питающей смеси, первый хроматограф, соединенный с регулятором температуры верха колонны, подключенным к регулятору расхода хладагента, выход

Изобретение относится к устройствам для управления процессом ректификации и может быть использовано в химической, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности. Устройство автоматического регулирования процессом ректификации содержит ректификационную колонну, оснащенную датчиками температуры, регулятор расхода перегретого пара, регулятор расхода хладагента, регулятор расхода греющего пара, первый теплообменник в нижней части колонны, второй теплообменник в месте подачи питающей смеси, первый хроматограф, соединенный с регулятором температуры верха колонны, подключенным к регулятору расхода хладагента, выход которого подключен через исполнительные устройства к дефлегматору, второй хроматограф, соединенный с регулятором температуры низа колонны, подключенным к регулятору расхода греющего пара, выход которого через исполнительные устройства соединен с теплообменником в нижней части колонны, регулятор температуры питающей смеси, подключенный через исполнительные устройства ко второму теплообменнику, и блок коррекции профиля температур, выполненный в виде блока идентификации текущего значения критерия эффективности работы ректификационной колонны, который реализует заданный алгоритм. Изобретение обеспечивает повышение эффективности работы ректификационной колонны.

Способ автоматического управления процессом ректификации и устройство для его осуществления

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (19) RU (11) 2 509 593 (13) C1

(51) МПК
B01D 34/2 (2006.01)
G05D 27/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012145926/05, 29.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 29.10.2012

Приоритет(ы):
(23) Дата подачи заявки: 29.10.2012

(45) Опубликовано: 20.03.2014 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 104475 U1, 20.05.2011, SU 944600 A, 23.07.1982, SU 986445 A, 07.01.1983, SU 988310 A, 15.01.1983, EP 2327463 A1, 01.06.2011, US 2004/0000470 A1, 01.01.2004.

Адрес для переписки:
111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14, ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", НИИЧ, патентный отдел, Т.А. Лобовой

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:
Изобретение предназначено для автоматического управления процессом ректификации и может быть использовано в химической, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности. Способ заключается в адаптивном управлении верхней точкой профиля температур путем изменения расхода флегмы в зависимости от величины текущих потерь сырья, компенсации возмущающего воздействия со стороны питающей смеси, прогнозе концентрации по математической модели компенсатора верха колонны. Устройство включает ректификационную колонну, датчики температуры, регуляторы температуры верха и низа колонны, температуры питающей смеси, расхода перегретого пара, расхода хладагента, расхода

теплообменника, расположенные на линии отвода кубового остатка и на линии подачи питающей смеси, блок идентификации текущего значения эффективности работы ректификационной колонны, два хроматографа, расположенные на линии отвода целевого продукта и на линии подачи питающей смеси, выходы которых соединены с входом регулятора концентрации целевого продукта в нижней части колонны, регулятор расхода флегмы, расхода целевого продукта, уровня кубовой жидкости колонны, блок формирования задания для регулятора расхода флегмы и регулятора температуры верха, блок компенсации возмущений. Технический результат: повышение эффективности работы колонны. 2 н.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 509 593 C1

Шевчук Валерий Петрович (RU)
Агринская Светлана Анатольевна (RU)
Шаровина Светлана Олеговна (RU)

Изобретение предназначено для автоматического управления процессом ректификации и может быть использовано в химической, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности. Способ заключается в адаптивном управлении верхней точкой профиля температур путем изменения расхода флегмы в зависимости от величины текущих потерь сырья, компенсации возмущающего воздействия со стороны питающей смеси, прогнозе концентрации по математической модели компенсатора верха колонны. Устройство включает ректификационную колонну, датчики температуры, регуляторы температуры верха и низа колонны, температуры питающей смеси, расхода перегретого пара, расхода хладагента, расхода теплообменника, расположенные на линии отвода кубового остатка и на линии подачи питающей смеси, блок идентификации текущего значения эффективности работы ректификационной колонны, два хроматографа, расположенные на линии отвода целевого продукта и на линии подачи питающей смеси, выходы которых соединены с входом регулятора концентрации целевого продукта в нижней части колонны, регулятор расхода флегмы, расхода целевого продукта, уровня кубовой жидкости колонны, блок формирования задания для регулятора расхода флегмы и регулятора температуры верха, блок компенсации возмущений. Технический результат: повышение эффективности работы колонны.

Программный комплекс оптимизации затрат на эксплуатацию роторного оборудования по потерям электрической энергии оборудования «Ропот»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2012617022

«Программный комплекс оптимизации затрат на эксплуатацию роторного оборудования по потерям электрической энергии оборудования «РОПОТ»

Правообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (RU)

Автор(ы): Шевчук Валерий Петрович,
Курьянов Василий Николаевич, Хлынова Ольга Сергеевна,
Лупачев Алексей Алексеевич (RU)

Заявка № 2012614635
Дата поступления 7 июня 2012 г.
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 6 августа 2012 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Б.П. Симонов

Курьянов Василий Николаевич (RU)
Лупачев Алексей Алексеевич (RU)
Шевчук Валерий Петрович (RU)
Хлынова Ольга Сергеевна (RU)

Программный комплекс предназначен для исследования потерь электрической энергии при эксплуатации роторного оборудования, зависящих от дефектов роторного оборудования на опасных энергетических и промышленных объектах. Программный комплекс позволяет: осуществлять оптимизацию расхода электрической энергии; проводить экспериментальное сопоставление влияния различных дефектов на потери электроэнергии; моделировать своевременное обнаружение признаков возникновения предаварийных ситуаций на опасных энергетических и промышленных объектах; вырабатывать рекомендации по своевременным ремонтным работам на опасных энергетических и промышленных объектах; свободно управлять модулями, окнами и основным меню.

Способ управления процессом абсорбции сероуглерода из реакционных газов

Болдырев Илья Анатольевич (RU)
Шевчук Валерий Петрович (RU)

Изобретение относится к способам управления процессом абсорбции углеводородов из газа и может быть использовано в химической промышленности. Способ управления процессом абсорбции осуществляют путем изменения расхода абсорбента с коррекцией по концентрации абсорбируемого компонента при температуре абсорбции. Согласно изобретению измеряют концентрацию абсорбируемого компонента в абсорбенте на входе в аб-

сорбер, измеряют расход абсорбента и вычисляют степень насыщения абсорбента ϕ по определенной формуле с помощью весовых функций без учета времени запаздывания. Вычисленное значение ϕ сравнивают с заданным значением $\phi_{\text{зад}}$, определяют разность $\Delta\phi = \phi - \phi_{\text{зад}}$, после чего расход абсорбента корректируют по пропорционально-интегральному закону регулирования, используя в качестве сигнала рассогласования величину $\Delta\phi$. Изобретение позволяет улучшить качество регулирования процесса абсорбции.

Изменяемый полевой прибор

Болдырев Илья Анатольевич (RU)
Шевчук Валерий Петрович (RU)

Полезная модель относится к приборостроению и может быть использована в технике автоматизации и управления производственными и иными процессами.

Техническая задача, решаемая полезной моделью, состоит в расширении функциональных возможностей изменяемого полевого прибора.

Эта задача решается тем, что известный изменяемый полевой прибор для автоматизации процессов, содержа-

щий измерительный преобразователь, сенсорный блок, к которому подключен перепрограммируемый модуль, включающий в себя системный процессор, постоянную память, соединенный с дисплеем, клавиатурой, коммуникационным модулем, состоящим из цифрового блока и аналогового блока для связи полевого прибора с вышестоящим блоком управления и обработки измерительной информации, согласно полезной модели, снабжен, по меньшей мере, одним дополнительным измерительным преобразователем, подключаемым к сенсорному блоку.



ДВОРЦОВЫЕ ТАЙНЫ НОУ-ХАУ

Ю.Г. Зорина, Г.В. Фокин

Ю.Г. Зорина

Эксперт-аудитор по интеллектуальной собственности

Г.В. Фокин

Учредитель фонда «ФИНАС» и депозитарий стандартов профессионального менеджмента интеллектуальной собственности серии «Интеллектуальная собственность и инновации»¹;
8(495)4904726, 8(916)2050579, gvf@finas.su, www.finas.su

Закон (статья 1465 ГК РФ) определяет ноу-хау как сведения о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере и о способах осуществления профессиональной деятельности. В отношении **способов профессиональной деятельности**, если это не технические решения, охраноспособные как изобретения, интеллектуальных прав не возникает. Таким образом, для гражданского оборота интеллектуальной собственности остаются только результаты интеллектуальной деятельности, которым предоставлена правовая охрана – именно предоставлена (!), а не предоставляется по перечню статьи 1225 ГК РФ (**предоставляется – не означает предоставлена**). Если это объекты патентного права (технические решения), то о ноу-хау можно сразу забыть... никакой конфиденциальности информации и коммерческой тайны после оформления патента быть не может – основным источником утечки этих сведений является патентное ведомство. Если это охраноспособные технические решения, то для гражданского оборота интеллектуальной собственности этого мало – для формирования и реализации лицензионной политики правообладателя в отношении ноу-хау нужна только интеллектуальная собственность. Остается охрана результатов интеллектуальной деятельности авторским правом – произведения, базы данных и ... любые охраноспособные технические решения тоже могут охраняться авторским правом (!). По сути, ноу-хау – это режим использования интеллектуальной собственности как конфиденциальной информации и коммерческой тайны. **Как обеспечить охрану результатов интеллектуальной деятельности авторским правом в режиме ноу-хау и что это дает?**

Ключевые слова: авторское вознаграждение, авторское свидетельство, интеллектуальная собственность, интеллектуальные активы, лицензионная политика, менеджмент качества, нематериальные активы, патент, ноу-хау, стандарт, сертификат, ФИНАС.

Вопрос ноу-хау (секретов производства) встает в случаях появления исключительно важных для производственно-хозяйственной деятельности предприятий результатов интеллектуальной деятельности² и, в связи с этим, повышение конкурентоспособности, а также в случае приобретения по договору купли-продажи различных документов (методик, рецептур, спецификаций), либо в случае предоставления лицензий на использование интеллектуальной собственности в режиме секретов производства.

Рассмотрим случай, когда вопрос о ноу-хау встает в результате появления ценных результатов интеллектуальной деятельности работников предприятий, обнародование и популяризация которых крайне нежелательна, например, разработки методики анализа и прогнозирования эффективности лицензионной политики³ правообладателя в отношении служебных произведений, баз данных, изобретений, полезных моделей. Вопрос не праздный, ведь использование интеллектуальной собственности должно окупать затраты на ее создание и/или приобретение путем отчуждения исключительного права.

¹ СТО.9001-08-2014, СТО.9002-09-2011, СТО.9003-10-2011, СТО.9004-11-2014, СТО.9005-12-2014, АСМК.001МУ-2012, АСМК.002МУ-2012, АСМК.004МУ-2012, АСМК.005МУ-2012, АСМК.006МУ-2012, АСМК.007МУ-2012, АСМК.008МУ-2012, АСМК.009МУ-2013, АСМК.010МУ-2013, АСМК.011МУ-2014, АСМК.012МУ-2013, АСМК.013МУ-2013, АСМК.014МУ-2013, АСМК.015МУ-2013, АСМК.016МУ-2012, АСМК.017МУ-2012, АСМК.018МУ-2012.

² Нематериальных объектов авторского и патентного права по перечню статьи 1225 ГК РФ, которым они охраняются при соблюдении совокупности условий (специальных норм авторского и патентного права); без соблюдения условий охраны авторским и патентным правом в отношении этих результатов интеллектуальной деятельности интеллектуальных прав автора и правообладателя не возникает.

³ Уведомление контрагентов о составе, порядке и приоритетах реализации интеллектуальных активов (имущественных интеллектуальных прав) предприятия; оформляется как декларация или локальный нормативный акт; должна включать назначение, способы, порядок использования интеллектуальной собственности и виды сделок с интеллектуальными активами, условия предоставления исключительных и неисключительных лицензий, порядок определения размера лицензионных платежей и иных выплат предприятию, основы взаимоотношений с авторами и правообладателями; может содержать принципы признания и подтверждения эффективности и перспективности интеллектуальной собственности, учета, соблюдения, оценки стоимости, коммерциализации интеллектуальных прав и управления рисками.

Что такое ноу-хау и как его идентифицировать

Статья 1225 ГК РФ относит ноу-хау к результатам интеллектуальной деятельности, которым предоставляется (может быть предоставлена) правовая охрана авторским или патентным правом – это общая правовая норма, которая поглощается специальной, приведенной ниже.

Статья 1465 ГК РФ определяет секрет производства (ноу-хау) как **сведения любого характера о результатах интеллектуальной деятельности**, имеющие действительную или потенциальную коммерческую ценность вследствие неизвестности их третьим лицам, если к таким сведениям у третьих лиц нет свободного доступа на законном основании и обладатель таких сведений принимает разумные меры для соблюдения их конфиденциальности, в том числе **путем введения режима коммерческой тайны**⁴.

Из этого определения вытекает несколько следствий: по сути, ноу-хау не является результатом интеллектуальной деятельности – оно только приравнено к ним, как и средства индивидуализации; при этом оно должно охраняться авторским или патентным правом (без этого гражданский оборот ноу-хау как интеллектуальной собственности невозможен) и иметь коммерческую ценность для правообладателя и заинтересованных лиц; при этом в отношении ноу-хау правообладателем должен вводиться режим коммерческой тайны хозяйствующего субъекта.

Таким образом, для гражданского оборота интеллектуальной собственности ноу-хау необходимо идентифицировать только как результаты интеллектуальной деятельности, которым предоставлена правовая охрана, а также в отношении которых введен режим коммерческой тайны и ограничения доступа к конфиденциальной информации.

Правовой нигилизм, его последствия и выход из положения

Как правило, говоря о ноу-хау, обыватель представляет универсальное **нечто**, способствующее производству, предпринимательской деятельности и приносящее выгоду правообладателю. Вследствие правового нигилизма можно даже себе позволить объявить эксклюзивность макулатуры и назначить ее цену «с потолка». Как пример, можно привести «ноу-хау» ФГУП «ВИАМ», генеральный директор которого заключил более пятнадцати договоров с нарушением законодательства РФ.

Предметом этих договоров всегда является указанное ранее **нечто**, не содержащее идентифицированных результатов интеллектуальной деятельности, объективных подтверждений их охраны авторским или патентным правом и принадлежности ФГУП «ВИАМ» исключительного права на интеллектуальную собственность – руководство предприятия не заботится о закреплении имущественных интеллектуальных прав с учетом правовых норм статей 1228, 1295 и 1370 ГК РФ; плодит риски административных, налоговых, уголовных правонарушений «лицензиара» и «лицензиатов».

Должностные лица ФГУП «ВИАМ» называют приказы генерального директора, устанавливающие режим «коммерческой тайны» в отношении анонимных результатов интеллектуальной деятельности, правоустанавливающими документами на «ноу-хау предприятия», а «исключительное право на информацию», составляющую секрет производства ФГУП «ВИАМ», обосновывают пунктом 2 статьи 1466 ГК РФ. Следствием такого правового нигилизма является введение контрагентов в заблуждение и склонение их к противоправным действиям в составе преступного сообщества.

Как и ФГУП «ВИАМ», многие пытаются торговать «ноу-хау», как чем-то, что может внести изменения в производственный процесс, и, по мнению большинства, под этим **нечто** понимается техническое решение. Между тем запатентовать техническое решение таким образом, чтобы информация о нем не стала известна третьим лицам, невозможно.

Какой выход? – До оформления патента защитить техническое решение авторским правом как произведение науки в порядке реализации правовых норм статьи 1225 ГК РФ (формула предполагаемого изобретения или полезной модели, а также вспомогательные материалы, по сути, обладают новизной, уникальностью или оригинальностью произведения и являются сборником результатов интеллектуальной деятельности, которые удовлетворяют требованиям защиты авторским правом). Таким образом, при соблюдении условий охраны технического решения авторским правом также возможно удовлетворить условие неизвестности его содержания третьим лицам.

Есть ли экономическая или иная выгода, как лучше защитить и коммерциализовать охраноспособное, но не оформленное патентом техническое решение? Каким образом аргументировать правовую охрану результатов интеллектуальной деятельности? Какие правоустанавливающие и правоподтверждающие документы понадобятся?

Определенно, экономически выгоднее для предприятий легализовать для гражданского оборота и своей производственно-хозяйственной деятельности объект авторского права⁵.

Срок действия прав на такой объект гораздо дольше, чем на объект патентного права⁶ – срок действия ноу-хау, соответственно, и размер лицензионного вознаграждения, будет определяться авторским правом: при жизни автора

⁴ Законодатель устанавливает коммерческую ценность и режим коммерческой тайны в отношении результатов интеллектуальной деятельности или сведений о них?.. **туманное определение** с учетом того, что правообладателю важнее конфиденциальность информации, чем «упоминание о ней в прессе».

⁵ В целях реализации лицензионной политики правообладателя ноу-хау эти результаты интеллектуальной деятельности должны охраняться авторским правом – это обеспечит возможность коммерциализации ноу-хау на условиях лицензионных договоров с соблюдением правовых норм статьи 1469 и 1235 ГК РФ.

⁶ Срок охраны технических решений патентным правом очень ограничен – статья 1363 ГК РФ.

и 70 лет после его смерти. Как следствие, секрет производства имеет положительный эффект столь долго, сколько это нужно правообладателю (например, чтобы окупить инвестиции в РНТД), а уже в будущем, по необходимости, зарегистрировать изобретение или полезную модель. При этом в инвентарном учете и поддержании государственными пошлинами ноу-хау не нуждается – экономия ресурсов и минимизация рисков отзыва патента за нарушение права его получения работником, либо использования работодателем в период четырех месяцев от его уведомления о создании охраноспособного технического решения.

Целесообразность конфиденциальности (ограничения доступа к информации) и коммерческой тайны в отношении произведений в объективной форме отчетов НИОКР, методик, спецификаций, рецептур, программ для ЭВМ, баз данных никем не оспаривается, а охрана результата интеллектуальной деятельности авторским правом и его использование в режиме коммерческой тайны обеспечивают возможность страхования рисков правообладателя, исков о нарушении интеллектуальных прав и обеспечительных мер путем остановки производства конкурентов.

Создание и оформление ноу-хау не требует значительных усилий, временных затрат, государственных пошлин и поддержки, как в случае оформления патентов. Престиж и бонусы правообладателя налицо. А если существует риск утечки конфиденциальной информации о технических решениях до оформления патентов на служебные изобретения и полезные модели через недобросовестных работников к конкурентам, то режим коммерческой тайны позволяет ограничить «центробежную мотивацию» работников⁷.

Теория и практика менеджмента интеллектуальных активов

Принадлежность предприятию ноу-хау (объекта интеллектуальной собственности) должна быть отражена на балансе предприятия в составе нематериальных активов.

Единицей бухгалтерского учета нематериальных активов в силу пункта 5 ПБУ 14/2007⁸ является инвентарный объект, под которым в общем случае признается исключительное (интеллектуальное) право на результаты интеллектуальной деятельности, которое:

- не имеет материально-вещественной формы;
- способно приносить выгоды и имеет срок использования выше 12 месяцев;
- предназначено, как и РИД, для производственных и управленческих нужд;
- не предполагается к продаже (отчуждению) в период ближайших 12 месяцев;
- подтверждается надлежаще оформленными документами о наличии и принадлежности интеллектуальной собственности предприятию;
- позволяет предприятию получать коммерческие выгоды на условиях лицензий;
- имеет фактическую стоимость создания и объективного подтверждения интеллектуальной собственности с возможностью переоценки после амортизации.

Правообладатель распоряжается принадлежащим ему исключительным правом на результат интеллектуальной деятельности любым не противоречащим закону и существу такого исключительного права способом (статья 1233 ГК РФ)...

А из чего возникнет совокупность прав (**исключительное интеллектуальное право**) предприятия на ноу-хау?

Скажем прямо, что ноу-хау есть «побочный эффект» использования результатов интеллектуальной деятельности. Любое предприятие в порядке обеспечения своих конкурентных преимуществ всегда заинтересовано в совершенствовании производственных процессов, в кооперации со смежниками, во взаимопонимании с контрагентами, в доверии покупателей – то есть в огласке своих технологий и активов... и не ставит перед собой целью оформление ноу-хау, потому что все указанные мотивации противоречат конфиденциальности информации, соблюдению коммерческой тайны.

Научно исследовательские и опытно-конструкторские работы предприятий всегда проводятся в порядке трудовых отношений работник-работодатель, а результатом интеллектуальной деятельности работников являются служебные произведения, базы данных, изобретения и полезные модели. Поэтому, прежде чем говорить о принадлежности исключительных прав на ноу-хау, нужно сказать о принадлежности исключительных прав в отношении служебных произведений, баз данных и технических решений (режим ноу-хау в отношении художественно-конструкторских решений вообще нонсенс), сведения о которых составят секреты производства (конфиденциальной информации) и будут использоваться в режиме коммерческой тайны – только сведения.

Предприятие не может отнести к секретам производства ни охраноспособные технические решения, ни продукцию или процессы, в которые «защиты» результаты интеллектуальной деятельности. Предприятие не может отнести к секретам производства материальные носители, которые содержат сведения о результатах интеллектуальной деятельности, ибо интеллектуальная собственность нематериальна.

Сведения – это то, что можно унести с собой через проходную, оставаясь с пустыми руками, т.е. исключительно в голове. Разумеется, эти сведения должны быть отражены на вещественном носителе, чтобы хозяйствующий субъект понимал, чем же он владеет, что его выгодно отличает от конкурентов на рынке производства и сбыта продукции, чтобы понимать ликвидность ноу-хау – для этого практикуется **спецификация ноу-хау** по аналогии специфика-

⁷ Нарушение коммерческой тайны карается лишением свободы граждан до семи лет.

⁸ Приказ Минфина РФ от 27.12.2007 № 153н «Об утверждении положения по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов».

каций РИД⁹ на произведения, базы данных и спецификаций технических решений¹⁰, составляющих суть изобретений и полезных моделей.

По сути, меры по охране сведений вводятся в отношении вещественных носителей, содержащих результаты интеллектуальной деятельности, используемые в режиме ноу-хау (коммерческой тайны). Работодателем также должны приниматься меры по ограничению и запрету разглашения работниками информации, в отношении которой введен режим коммерческой тайны, составляющей суть результатов интеллектуальной деятельности, охраняемых авторским правом (о негативных последствиях режима коммерческой тайны в отношении объектов патентного права указано выше).

Закон говорит о не известных посторонним лицам сведениях любого характера о результатах интеллектуальной деятельности, в итоге которой и в порядке введения ноу-хау появились:

- интеллектуальные активы (имущественные интеллектуальные права);
- конфиденциальность информации (ограничения доступа к информации);
- режим коммерческой тайны (ответственность за разглашение информации).

Помимо материальных и социальных вопросов, отражаемых в трудовом договоре (статья 56 ТК РФ), между работодателем и работником должны быть четко определены взаимоотношения в части интеллектуальной деятельности последнего, а также порядок оформления и использования результатов интеллектуальной деятельности, порядок признания и принадлежности (перехода) имущественных интеллектуальных прав.

Взаимоотношения, выгодные обеим сторонам трудового договора – «Твори работник, создавай добавленную стоимость имущественных интеллектуальных прав, но не забывай: все созданное тобой в рабочее время и за счет предприятия, нужно передать работодателю; кроме оплаты труда ты получишь авторское и/или лицензионное вознаграждение и другие бонусы» – самая простая формула взаимовыгодных отношений.

Работодатель всегда подразумевает и приветствует креативную интеллектуальную деятельность работников; бытует мнение, что творческая (креативная) составляющая интеллектуальной деятельности – обычная черта любого работника. Однако часто приходится сталкиваться с тем, что работников вокруг полно, а способных креативно решить задачу предприятия нет¹¹ – «а вы, друзья, как ни садитесь, все в музыканты не годитесь»: литературный пример подтверждает, что для достижения цели нужен уникальный, особо ценный специалист, который разработает концепцию, способ ее реализации и покажет остальным, как их применить на практике.

Самый близкий по толкованию задач и обязанностей работников локальный нормативный акт предприятия – трудовой договор и должностные инструкции. Однако на практике работник не встречает там ничего, кроме указаний «что-то соблюдать, контролировать и отчитываться, действовать по технике безопасности, а может, быть еще и руководить».

В практикуемых предприятиями трудовых договорах и должностных инструкциях нет ни слова о том, что работник должен «шевелить мозгами» и создавать экономически эффективные, выгодные работодателю результаты интеллектуальной деятельности; практикуемые предприятиями должностные инструкции работников креативных соискателей отпугнут, а имеющихся работников усыпят – **мозговая кома неизбежна**; ну а трудовой договор почти никто не читает – **лишь бы он был**.

Отсюда вывод – зачастую трудовой договор недостаточен по содержанию и требуется дополнительное соглашение по интеллектуальной деятельности работника, оформлению и использованию результатов, закреплению имущественных интеллектуальных прав и прав на получение патентов на служебные изобретения и полезные модели за работодателем. Только не нужно в трудовой договор и дополнительные соглашения к нему вносить гражданско-правовые нормы – **в трудовом договоре они будут неуместны**.

На использование служебных произведений, баз данных, полезных моделей и промышленных образцов с выплатой работнику авторского вознаграждения лучше сделать отдельный гражданско-правовой договор¹². Если в таком договоре предприятие самостоятельно не сможет нивелировать все риски, придется пригласить эксперта-

⁹ Надлежаще оформленный документ с описанием интеллектуальной деятельности работника и ее результатов, аргументацией охраны результата интеллектуальной деятельности авторским правом, творческого характера его создания и принадлежности интеллектуальных прав; предназначен для выявления необходимости и возможности оформления правоподтверждающих документов на интеллектуальную собственность и свидетельств о регистрации программ для ЭВМ или баз данных, для объективного подтверждения принадлежности и соблюдения интеллектуальных прав, целесообразности и порядка использования служебного произведения или базы данных, включая режим ноу-хау.

¹⁰ Надлежаще оформленный документ с описанием интеллектуальной деятельности работника и ее результатов, аргументацией охраны результата интеллектуальной деятельности (технического решения) патентным правом, творческого характера его создания и принадлежности интеллектуальных прав; предназначен для выявления необходимости и возможности оформления патентов и право-подтверждающих документов на изобретения и полезные модели, для объективного подтверждения принадлежности и соблюдения интеллектуальных прав, целесообразности и порядка использования служебного изобретения или полезной модели, включая режим ноу-хау.

¹¹ Для гражданского оборота интеллектуальной собственности это особенно характерно – ученые и конструкторы сосредоточены на НИОКР, ничего другого даже не воспринимают; экономисты и бухгалтера говорят только на своем сленге и не заморачиваются первичными документами – главное, вынь их как фокусник из шляпы и положи перед начальством; корпоративные юристы и патентоведы «заточены» на другое: первые – на хозяйственные споры в отношении материальных активов, вторые – на механическое оформление заявок для получения патентов; как правило, первые и вторые в силу своего менталитета и специализации не могут или не хотят вникать в менеджмент интеллектуальных активов.

¹² Образцы таких договоров можно встретить у предприятий ВПК; при этом целесообразно избегать негативных примеров из публикации «Менеджмент интеллектуальных ресурсов ВПК».

аудитора по оценке соответствия результатов интеллектуальной и научно-технической деятельности, режиму ноу-хау и гражданскому обороту интеллектуальной собственности; также целесообразно познакомиться с публикацией «Экономика и менеджмент интеллектуальных активов».

К тому же в случае недостаточности содержания трудового договора в отношении интеллектуальной деятельности работника интересы предприятия не защищены: на любое служебное задание, предполагающее творческий подход к его решению, работник может сказать – «это не входит в мои трудовые обязанности».

Если речь идет о секретах производства, то предприятие должно обладать имущественными (интеллектуальными) правами на результаты интеллектуальной деятельности, вводить в отношении этих результатов режим коммерческой тайны и конфиденциальности информации – ограничение доступа к сведениям о результатах интеллектуальной деятельности.

Упразднить риски административных, налоговых и уголовных правонарушений гражданского оборота интеллектуальной собственности, утечки конфиденциальной информации предприятию целесообразно заранее – в момент перехода к работодателю исключительного права на служебное произведение, базу данных или права получения патента на охраноспособное техническое решение; путем документального закрепления за работодателем соответствующих прав, включая право на получение патента, гражданско-правовым договором с указанием оснований и даты перехода права календарной датой отчета об оценке соответствия¹³ результатов интеллектуальной деятельности работника, а также гражданско-правовым договором о соблюдении работником режима конфиденциальности сведений (информации) и коммерческой тайны предприятия.

Естественно, для этого понадобится соответствующий **локальный нормативный акт о режиме ноу-хау (секретов производства) предприятия**. Его специфику целесообразно проработать с приглашенным специалистом по гражданскому обороту интеллектуальной собственности и режиму коммерческой тайны в отношении результатов интеллектуальной деятельности. Также будут полезны прикладные публикации в предметной области¹⁴, авторское свидетельство¹⁵, сертификат признания интеллектуальной собственности и ноу-хау¹⁶, эффективная лицензионная политика и практика.



¹³ Экспертное заключение эксперта-аудитора по оценке соответствия результатов интеллектуальной, научно-технической деятельности, интеллектуальных прав и режима ноу-хау, экономике и менеджменту интеллектуальных активов хозяйствующих субъектов с профессиональными аргументами охраны результатов интеллектуальной деятельности авторским, патентным правом и принадлежности, соблюдении интеллектуальных прав; целесообразности оформления правоустанавливающих, правоподтверждающих документов и закрепления правопреемником исключительного права на служебное произведение или базу данных, права на получение патента и введение режима ноу-хау (коммерческой тайны).

¹⁴ В помощь проектировщикам, ученым и конструкторам, экономистам и бухгалтерам, авторам, изобретателям, правообладателям: «Авторское свидетельство оформить не просто, а очень просто»; «Ассоциированная система инновационного менеджмента»; «Интеллектуальная собственность работодателю не досталась»; «Интеллектуальная собственность: Как посеешь, так и пожнешь»; «Интеллектуальная собственность: Как поссорились Иван Иванович и Иван Никифорович»; «Интеллектуальная собственность: Мыльный пузырь софтверного бизнеса – что делать?»; «Легализация интеллектуальной собственности»; «Лицензионная политика и практика»; «Менеджмент интеллектуальной собственности без премудростей»; «Менеджмент интеллектуальных активов: Закрепление прав на интеллектуальную собственность»; «Менеджмент интеллектуальных ресурсов ВПК»; «Нематериальные активы предприятий: Золотовалютный запас бизнеса»; «Социальный паразитизм на интеллектуальной собственности»; «Тайна нематериальных активов: Рациональная магия или хитрый блеф?».

¹⁵ Сертификат соответствия для объектного признания и подтверждения интеллектуальной собственности, интеллектуальных прав и личности правообладателя в целях реализации правовых норм статьи 1228 ГК РФ; оформляется по правилам стандарта СТО.9003-10-2011 «ИСИН. Система сертификации результатов интеллектуальной и научно-технической деятельности, признания и паспортизации интеллектуальной собственности, ноу-хау, единых технологий и инноваций СДС ОИС (государственный регистрационный № РОСС RU.Ж157.04АД00)».

¹⁶ Правоподтверждающий документ, оформляемый по правилам стандарта СТО.9003-10-2011 и поддерживаемый страхованием рисков правообладателя, использованием в налоговой и судебной практике как доказательства, консультационной и организационно-методической поддержки инвестиционной, предпринимательской, договорной, учетной, финансово-хозяйственной, налоговой, арбитражной практики правообладателей по стандарту СТО.9001-08-2014 «ИСИН. Профессиональный менеджмент интеллектуальной собственности и качества интеллектуальных активов хозяйствующих субъектов. Организационно-методическая поддержка правообладателей и аутсорсинг систем менеджмента качества интеллектуальных активов».

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ АЭЭ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ENCYCLOPEDIA OF RENEWABLE ENERGY. TERMS AND DEFINITIONS

Статья поступила в редакцию 15.04.15. Ред. рег. № 2232

The article has entered in publishing office 15.04.15. Ed. reg. No. 2232

УДК 620.9; 811.1

doi: 10.15518/isjaee.2015.17-18.031

**АНГЛИЙСКИЕ НЕОЛОГИЗМЫ В НЕМЕЦКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ*****Е.В. Якимович***

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Исследование проведено на стыке сопоставительной лингвистики, профессиональной коммуникации и терминологической номинации. Объектом изучения выступили современные термины альтернативной энергетики, заимствованные из английского языка и вошедшие в немецкую терминологию. Принадлежность к терминологической системе считается одним из основных свойств терминов, обеспечивающих устойчивость и целостность их совокупностей. Заимствование трактуется как использование элементов чужого языка в новом коммуникативном пространстве. Оно признается ведущим механизмом терминообразования и связывается с необходимостью номинации специальных понятий. На основании языка-источника среди заимствований выделяются англицизмы. Хронологический критерий позволяет определить неологизмы как отдельную группу. В исследовании установлены структурные и семантические типы английских неологизмов, определены распространенные модели терминообразования, найдено соотношение семантики заимствований с логическими категориями и терминологическими подсистемами альтернативной энергетики. Происхождение многих языковых инноваций объясняется развитием технологий геотермальной энергетики. Терминология энергетической биржи и концепции менеджмента в области энергопотребления показаны как основные источники заимствований. Использование англицизмов в иноязычной коммуникативной среде объясняется процессом интернационализации, стремлением к рационализации и детализации номинации. В работе предложены рекомендации по выбору переводческих соответствий для английских неологизмов в немецком и русском языках. Результаты исследования могут быть использованы при подготовке специалистов энергетической сферы к взаимодействию с зарубежными партнерами и работе с иноязычными текстами. Полученные сведения о семантике терминов должны учитываться в лексикографической практике при упорядочивании новой терминологии.

Ключевые слова: свойства термина, характеристика терминологической системы, неологизм, заимствование, альтернативная энергетика, энергетическая биржа, менеджмент в сфере энергопотребления, переводческие соответствия.

**ENGLISH NEOLOGISMS
IN GERMAN TERMINOLOGY OF ALTERNATIVE ENERGY*****E.V. Yakimovich***

Volzhsy Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

The research was conducted in the field of comparative linguistics, professional communication and terminological nomination. The object of the study was formed by the contemporary terms of alternative energy borrowed from English and added to German terminology. The belonging to the terminological system is considered to be one of the main properties of the terms; it provides stability and integrity of their sets. Borrowing is interpreted as usage of foreign elements in a new communicative area. It is recognized as the leading mechanism of creation of new terms, it is connected with the necessity of nomination of special concepts. Based on the language source the anglicisms are distinguished from other borrowings. The chronological criterion allows defining neologisms as a separate group of neologisms. The structural and semantic types of English neologisms are stated in the research, the most common models of terminological derivation are identified, relation between the semantics of borrowings and logical categories and terminological subsystems of alternative energy are found. The origin of many language innovations is explained by the development of the technologies of geothermal power engineering. Terminology of the energy exchange and modern concepts of energy consumption are shown as the main sources of borrowings. The use of English



words in foreign communicative environment is explained by the process of internationalization, by the tendency to rationalize and specificity the nomination. The recommendations about a choice of translational equivalents for English neologisms in German and Russian are offered in the paper. The results of the research can be used in the training of the specialists in the field of energetic for cooperation with foreign partners and understanding foreign texts. The received information about the semantics of the terms must be taken into account in lexicographic practice, in arrangement of new terminology.

Keywords: properties of the term, characteristic of the terminological system, neologism, borrowing, alternative power engineering, energy exchange, management in the field of energy consumption, translational equivalences.



Елена Викторовна
Якимович
Elena V. Yakimovich

Сведения об авторе: зав. кафедрой «Иностранные языки» филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском, доцент, д-р филол. наук.

Образование: Волгоградский гос. педагогический институт (1992).

Область научных интересов: сопоставительная лингвистика, языки профессиональной коммуникации, терминологическая номинация..

Публикации: более 100.

Information about the author: head of a chair of Foreign Languages Department, Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute», associate professor, Dr. Sci.

Education: Volgograd State Pedagogical University (1992).

Research area: comparative linguistics, languages of professional communication, terminological nomination.

Publications: more than 100.

Введение

Терминологии, являющиеся частью языковой системы, представляют собой динамические образования и изменяются в зависимости от актуального состояния обслуживаемых профессиональных сфер. Интенсивное развитие определенной области научных знаний и практической деятельности ведет к увеличению количества терминов, которое может происходить путем их заимствования из других языков. Новые номинативные единицы не сразу фиксируются в словарях и унифицируются в нормативных документах, вызывая трудности при коммуникации. Определенное содействие при упорядочивании иноязычных терминов может оказать лингвосопоставительное исследование, проведенное на стыке интересов с профессиональной коммуникацией и терминологической номинацией.

В качестве объекта изучения в нашей работе выступает немецкая терминология альтернативной энергетики, активно формирующаяся в последние годы как за счет собственных языковых средств, так и путем привлечения ресурсов английского языка. Данный аспект исследования позволяет прийти к обобщениям, характеризующим языковые изменения в целом, и прогнозировать развитие других терминосистем. Практическая значимость результатов связывается не только с лексикографической практикой, но и с образовательной деятельностью, с подготовкой специалистов энергетического профиля к взаимодействию с коллегами, говорящими на немецком и английском языках.

Теоретический анализ

Теоретическая база проводимого исследования сформирована посредством определения сущностных свойств заимствований и неологизмов, обнаружения оснований для пересечения их типологий, соотнесения выявленной специфики со свойствами терминологических единиц и терминосистем. При этом термин понимается как лексическая единица, для которой характерны ограниченная сфера функционирования в рамках конкретной области знаний, человеческой деятельности и производства. К нему предъявляются требования однозначности, информационной насыщенности и наличия дефиниции, экспрессивной нейтральности и краткости. Упорядоченные совокупности терминов, обладающие целостностью, структурированностью и устойчивостью, обозначаются как терминологические системы или терминосистемы [1].

Заимствование трактуется как перемещение из другого языка элементов различной протяженности, включая звуки, буквосочетания, грамматические нормы, словообразовательные комбинации, модели словосочетаний, а также стилевые особенности, например, включение в специальный подязык какой-либо отрасли [2]. Применительно к терминологии наиболее часто переносятся лексемы и их сочетания, при этом заимствование выступает ведущим механизмом терминообразования. Как отмечает Л.П. Крысин, в большинстве специальных терминологий значительный, если не подавляющий, процент составляют иноязычные единицы [3]. Появление заим-

ствований в терминологии отвечает, прежде всего, номинативным потребностям, обеспечивая наименование новых специальных понятий (профессиональных, научных, технических) или дифференциацию близких понятий, что способствует процессу приращения знания. Преимущественное использование иноязычных номинативных средств объясняется не только возникновением новых концепций в инокультурной среде, но и процессом интернационализации терминологий, обеспечивающим доступ к инновациям, стремлением коммуникантов к экономичности и однословности обозначения, их желанием избежать дополнительных коннотаций, связанных со словами родного языка.

Типология заимствований проводится по разным основаниям, в частности, по языку-источнику выделяют англицизмы, которые в современных отраслевых терминотерминологических системах получают максимальное распространение. Применительно к немецкому социуму установлены следующие причины широкого употребления англицизмов: давность контактов с англоговорящими странами, доминантность английского в качестве иностранного языка в Германии, его широкий функциональный диапазон, использование как языка научно-исследовательских публикаций, международных норм и стандартов [4].

Хронологический критерий, положенный в основу классификации, позволяет выделить среди заимствований неологизмы в качестве одной из разновидностей. Все заимствования в первоначальный период функционирования в новом коммуникативном пространстве проходят стадию адаптации к нормам языка-реципиента и считаются неологизмами. Неологизмом принято называть языковую единицу, которая по значению, форме или функции характеризуется как новая. Субъективный и относительный критерий новизны принято конкретизировать уточнением подязыка и временного периода использования новообразований [5]. В нашем случае это подязык немецкой альтернативной энергетики периода с 90-х годов XX-го века и до настоящего времени.

Суммируя вышеназванные теоретические положения, выделим признаки, свойственные рассматриваемым в работе языковым единицам: 1) принадлежность к терминологической системе, обеспечивающей номинацию специальных понятий в сфере альтернативной энергетики; 2) происхождение из английского языка; 3) появление в немецком коммуникативном пространстве в последние 20-25 лет. Методами исследования данного языкового материала выступили понятийное моделирование, дефиниционный и сопоставительный виды анализа.

Результаты и их обсуждение

Английские неологизмы, функционирующие в немецкой терминологии альтернативной энергетики, были отобраны из глоссариев, лексиконов, тезауру-

сов и электронных баз терминов, которые имеются в открытом доступе на многочисленных интернет-сайтах профессиональных и общественных организаций Германии [6-9]. Описание семантики терминов дается на основании собственного авторского перевода дефиниций, предлагаемых в немецкоязычных справочных материалах. Для уточнения значения языковых единиц привлекались контексты их употребления и сведения об исходной лексеме из англоязычных словарей. Список частотных неологизмов-заимствований составил более пятидесяти терминологических единиц, различающихся по степени освоенности немецким языком, по структуре и семантике, в зависимости от которой они соотносятся с разными подсистемами энергетики и логическими категориями.

Анализируя структуру новых терминов, необходимо отметить редкость простых однословных наименований, таких как существительное Recycling, обозначающее процесс использования отходов как вторичного сырья, или Redispatch (переотправка), именуемое технологией реагирования сети на перегрузки, которая заключается в регулировке схемы приема (при генерации энергии) и отбора (при энергопотреблении) с целью увеличения или уменьшения потоков на конкретном сегменте линии передач. Сложные по составу единицы более многочисленны, они могут быть либо полными заимствованиями (Baseload – базовая нагрузка), либо частичными, т. е. гибридными, которые используют английские единицы в качестве составляющих элементов, например: Residuallast – остаточная нагрузка, т. е. разница в электросети между необходимой мощностью и мощностью, предоставляемой неуправляемыми электростанциями, работающими на альтернативных источниках и производящими максимально возможный объем энергии, безвозвратно теряемый при регулировании. Предполагается, что подобный дефицит покрывается за счет традиционных электростанций.

Самой объемной является группа заимствованных сочетаний слов, которые в немецком языке могут функционировать не только как терминологические сочетания (Performance Ratio – коэффициент производительности, соотношение реального и номинального КПД), но и в качестве однословных многокомпонентных имен, в частности: Drop-in-Fuel – горючие вещества, которые напрямую заменяют традиционное топливо, Must-run-Kapazität – результирующая мощность электростанций, которая необходима для обслуживания энергосистемы. Несмотря на сложность структуры, подобные наименования также часто образуют гибридные термины, например: Energy-only-Markt – рыночная система торговли электроэнергией, вид энергетического рынка, имеющий дело с реальными поставками, когда принимается в расчет только поставленный киловатт/час электроэнергии, а затраты на заблаговременную подготовку мощностей и техническое обслуживание установок не учитываются. Многокомпонентность



наименований указывает на узкую специализацию терминов и свидетельствует об углублении познаний в номинируемой области. Сложные термины-гибриды могут быть образованы путем усечения английского терминосочетания и добавления немецкой лексемы. Так, единица Standby-Verbrauch (резервное потребление) образована от английского standby consumption, включает немецкий компонент Verbrauch со значением «потребление» и английский компонент standby со значением «резервный, запасной, находящийся в состоянии готовности», который вытеснил сложные по структуре немецкие аналоги Stillstandsverbrauch и Leerlaufverlust. Замещение многосоставных немецких терминообозначений более простыми английскими, объясняемое законом экономии усилий говорящего, происходит также при употреблении Geothermie вместо Erdwärmeenergie или Dispatch вместо Kraftwerkseinsatzplanung.

Стремлением к рационализации терминологических обозначений объясняется межязыковой перенос сокращений. Так, акроним CCS образован от английского Carbon Capture and Storage, имеет немецкий вариант CO₂-Abscheidung und -Speicherung и дословно может быть передан как «улавливание и хранение углерода». Он обозначает процесс отделения углерода, образуемого при сжигании ископаемого топлива и промышленных источников, его транспортировку и долгосрочное хранение без ущерба для окружающей среды путем изоляции от атмосферы. Обратим внимание, что перевод подобных заимствованных сокращений не допускает побуквенной передачи, а требует сведений о семантике исходного сочетания. В частности, единица EGS образована от Enhanced Geothermal Systems (дословно «усовершенствованные или расширенные геотермальные системы»), его немецким аналогом выступает терминосочетание verbesserte geothermische Systeme. Сокращение EGS употребляется для наименования технологии использования геотермальных ресурсов, позволяющей добывать энергию путем разработки гидротермальных резервуаров в горячих породах ниже поверхности Земли. Сокращенные наименования могут использоваться и самостоятельно (CDM для Clean Development Mechanism – механизм непрямого сокращения эмиссии углекислого газа), и в составе более сложных и гибридных терминов. Так, единица ОТС образована от over the counter (немецкий вариант über den Schalter) и функционирует в составе термина ОТС-Handel, обозначая внебиржевую торговлю, т. е. прямую торговлю между участниками рынка без посредничества биржи электроэнергии.

Заимствованные языковые единицы различаются своей словообразовательной активностью, например, широкое применение находит лексема Peak, имеющая в немецком эквиваленты Spitze и Höchstwert. Приведем примеры: Peakload – пиковая нагрузка, Peakleistung – пиковая мощность, On-Peak – пиковый период, временной интервал наивысшей нагрузки в

энергосистеме, Off-Peak – непииковый период, временной интервал с наименьшим спросом на энергию, Peak Shaving – выравнивание пиков нагрузки в периоды повышенного спроса. Наиболее продуктивными можно признать префикс ge- и суффикс -ing, например: Redispatch, Rebound, Recycling, Recuperation, Repowering, Clearing, Fracking, Unbundling, Pooling и др.

Анализ семантики английских неологизмов позволяет выявить их соотношение со структурой терминосистемы альтернативной энергетики. Наши данные показывают, что наибольшее количество новейших заимствований обнаруживается в подсистеме геотермальной энергетики. Так, для обозначения метода использования сухой нагретой породы как источника геотермальной энергии употребляется сочетание Hot-Dry-Rock-Verfahren и его сокращенный вариант HDR. Сам метод описывается как искусственное создание горячих резервуаров в горных породах на глубине от 3000 до 6000 метров, что происходит путем перекачки воды под высоким давлением через изломы. Так как перекачиваемая вода нагревается, поднимается и испаряется, полученный пар может быть использован для вращения турбины, вырабатывающей электроэнергию. Охлажденная вода возвращается в резервуар через нагнетательные скважины для завершения циркуляционного цикла. HDR-Verfahren номинирует технологию преобразования геотермальной энергии в электрический ток, при которой горная порода используется в качестве теплообменника. С геотермальной энергетикой связано заимствование термина Fracking, являющегося сокращением английского сочетания hydraulic fracturing и заменившего немецкий вариант hydraulisches Aufbrechen (гидравлический разрыв). Обозначаемая им технология объясняется как введение воды, песка или химикатов под давлением в подземные слои каменной породы, в результате чего возникают трещины, повышающие проницаемость породы.

Семантика английских неологизмов соотносится с различными логическими категориями внутри отдельных подсистем альтернативной энергетики. Заимствования могут быть номинантами: 1) объектов, изготовленных по новым технологиям, установок по производству энергии, видов сырья и отходов: Redox-Flow-Batterie – окислительно-восстановительная батарея, представляющая собой систему реверсивного аккумулирования электрического тока; 2) производственных процессов и технологий: Biomass-to-liquid-Verfahren – метод преобразования биомассы в жидкость; 3) признаков и свойств: Tight Gas – плотный газ, природный газ в горных породах с низкой проницаемостью; 4) величин и их единиц: сокращение Phelix от Physical Electricity Index – физический индекс электроэнергии, используемый на Лейпцигской энергетической бирже для средневзвешенной цены часа электроэнергии на конкретный день. Использование англицизмов для номинации технологий преобразования одного вида топлива в другой является весьма частотным, строится по од-

ной модели и может заменяться аббревиатурами. Приведем примеры и объяснения, встретившиеся в немецких глоссариях: PtG, или P2G, или Power to Gas, или Power-to-Gas-Technologie – преобразование электрической энергии в химическую энергию горючих газов или водород для длительного аккумулирования энергии из альтернативных источников; PtH, или P2H, или Power to Heat – использование электроэнергии для производства тепла при возникновении временного избытка ветровой и солнечной энергии; CTL или Coal-to-Liquid-Verfahren – превращение угля в жидкое топливо; GTL или Gas-To-Liquid-Verfahren – технология изготовления топлива из природного газа.

Систематизация новейших английских заимствований на основе лексико-семантического критерия позволяет выявить активно развивающиеся области деятельности, к которым принадлежат экономика и управление в сфере альтернативной энергетики. В данной группе неологизмов-заимствований можно выделить термины энергетической биржи и термины менеджмента энергопотребления. К первым относятся названия: 1) бирж: EEX или die European Energy Exchange – Лейпцигская энергетическая биржа; 2) видов рынка: Spotmarkt и Spot market – спотовый рынок или спот-рынок, под которым понимается краткосрочная торговля реальным товаром с его немедленной поставкой, т. е. рынок «наличной» электроэнергии с поставкой в пределах суток; 3) видов контрактов: All-inclusive-Vertrag – договор энергообеспечения, который включает поставку энергии и техническое обслуживание сети, в том числе по выравниванию уровня нагрузки; 4) механизмов управления денежными ресурсами: Pooling – объединение денежных средств; 5) форм и методов продвижения товаров на рынке: Unbundling – распаketирование или разъединение биржевых предложений, связанных с энергопроизводством и с торговлей энергией, направленное на обеспечение независимого функционирования сети как «естественной монополии» и предотвращение нечестной конкуренции; метод опирается на разные расчетные основания, действующие для регулируемой сетевой сферы и для находящейся в свободной конкуренции сферы сбыта.

Особенностью семантической группы энергетического менеджмента выступает тот факт, что усвоение английских языковых единиц идет параллельно с заимствованием общественно-экономических концепций. Англицизмы фиксируют ключевые понятия единой системы знания, поэтому не допускают дословного перевода по отдельным элементам, а предполагают передачу сущности концепции и объяснение терминов в их взаимосвязи. Так, термин Demand-Side-Management некорректно переводить просто как «побочное, дополнительное или стороннее управление спросом». Он выступает наименованием технологии, которая стимулирует потребителей дифференцированно использовать электроэнергию. Данный термин и его менее употребительный синоним

Lastmanagement лучше передать как регулирование спроса, рационализация управления нагрузкой, меры по оптимизации энергопотребления. Объяснение можно свести к тому, что управление нагрузками базируется не только на спросе энергопотребителей, но и направлено на формирование их потребностей путем надлежащего информирования о тарифах. Однословным вариантом перевода данных терминов на русский язык может быть лексема «энергосбережение», что подразумевает планирование, внедрение и отслеживание программ, финансируемых энергетическими предприятиями и направленных на снижение расходов электроэнергии, изменение графика ее потребления, программирование приборов учета и оборудования. Данную концепцию репрезентируют многие из перечисленных выше англицизмов, а также другие неологизмы: Feed-in Tarif – льготный тариф; Engrpassmanagement – управление перегрузками; Prosumer (от английских слов producer со значением «производитель» и consumer со значением «потребитель») – конечный потребитель энергии, который одновременно является производителем энергии из альтернативных источников на собственных установках; Merit-Order (дословно «порядок, определяемый заслугами») – последовательность использования электростанций, при которой критерием выступает размер затрат на выработку энергии.

К семантической группе энергетического менеджмента могут быть отнесены терминологические сочетания с единицей smart, в частности: smart grid, smart meter, smart metering, smart heat, smart house, smart home, smart market, которые в немецких текстах могут передаваться путем калькирования и использования лексемы intelligent. Понятие «Smart Grids» (немецкая калька Intelligente Netze) выступает родовым термином для умелого и эффективного объединения производства энергии, ее транспортировки и управления энергопотреблением при помощи современных коммуникационных и информационных технологий. «Умные» электрические сети рассматриваются в качестве способа решения вопросов энергосбережения, повышения надежности и прозрачности энергопроизводства, энергетической безопасности и глобального потепления. Составной частью подобных «умных сетей» являются smart meters – «умные счетчики» (немецкая калька intelligente Stromzähler). С января 2010 г. в Германии согласно закону об энергетике (Energiewirtschaftsgesetz) при строительстве и реконструкции зданий обязательным является их оснащение цифровыми счетчиками, которые фиксируют количество потребленной энергии, момент времени потребления, продолжительность периода потребления, а также предлагают потребителю дополнительную информацию о стоимости энергии в конкретный момент, что способствует ее экономии и регулированию спроса. Процессы автоматизированного сетевого управления транспортировкой, накоплением, распределением и потреблением энергии получают наименование smart metering – «умное измерение» или «ум-



ные замеры». Данная технология позволяет достигать баланса нагрузок при меняющихся объемах энергии, поступающих от альтернативных источников, направлять энергию наиболее оптимальным способом, реагируя на широкий спектр условий, как, например, изменение погоды, отражающееся на количестве генерируемой альтернативной энергии, события на энергорынке, локальные отключения на линии из-за временных аварийных ситуаций. Smart metering обеспечивает коммуникативное взаимодействие между производителем и потребителем, который становится активным участником процесса энергопроизводства.

Концептуальная согласованность биржевых и управленческих терминов поддерживается на внутриязыковом уровне. Как правило, термины заимствуются не изолированно, а в совокупности с тематически близкими единицами, среди которых можно выделить пары, соединенные: 1) антонимическими отношениями: Backwardation – от английского «запаздывание», скидка с цены за поставку товара в более близкие сроки, Contango – надбавка к цене, взимаемая продавцом за отсрочку расчета по фондовой сделке; 2) синонимическими связями: Rebound-Effekt или Bumerang-Effekt или Backfire-Effekt – амортизационный эффект, от английского rebound со значением «отдача, отскок, отражение», обозначающий реакцию системы, которая приводит ее в первоначальное состояние после каких-либо мер; 3) отношениями «часть – целое»: Spot market является более общей категорией по отношению к таким разновидностям, как Day-Ahead-Markt – рынок на сутки вперед и Intraday-Markt – внутрисуточный рынок, когда открытие и закрытие позиции происходит в течение одного биржевого дня. Данные примеры подчеркивают важность принципа концептуально связанной передачи заимствованных терминов, которого необходимо придерживаться при переводе лексических единиц любых семантических групп, например, обозначений совокупностей энергетических предприятий и поставщиков. Так, термин Super Grid (супер-сеть) называет объединение энергосистем различных стран, обеспечивающее интеграцию добычи и перераспределения энергии из различных источников. Эффективное функционирование данной суперсети обеспечивается сетями, которые именуются как Overlay-Netz и Overlay-Verbindungen (дословно «сеть перекрытия или наложения»). Они предполагают на-

личие транспортировочной сети (Übertragungsnetz), используемой для значительных расстояний и дополняющей сети низкого, среднего, высокого и сверхвысокого напряжения.

Как показало наше исследование, заимствование новых английских терминов в немецкую терминологию альтернативной энергетики можно охарактеризовать как вполне оправданный процесс. В исключительных случаях англицизмы употребляются в качестве дополнительных синонимичных наименований и существуют параллельно с исконно немецкими единицами, указывая на избыточность языковой репрезентации, например: Baseload и Grundlast (базовая нагрузка), Peakload и Spitzenlast (пиковая нагрузка), Solar energy и Sonnenenergie (солнечная энергия). Чаще всего немецкий аналог является более громоздким обозначением или отсутствует, в частности, как при наименовании процесса переоснащения старых энергоустановок и переносе термина Repowering, образованного от английского power – «мощность, мощь, сила, энергия». Многие англицизмы встречаются в схожей или идентичной форме и с тем же значением в нескольких языках, их заимствование носит интернациональный характер. В русских текстах уже встречаются единицы: генерация, ресайклинг, репауэринг, бэквордация, анбандлинг, рекуперация, блэкаут, оффшорная энергетика, пулинг, диспетчеризация.

Заключение

Современная немецкая терминология альтернативной энергетики формируется под интенсивным воздействием английского языка. Обновление состава терминов носит системный характер и свидетельствует об активном развитии обслуживаемой отрасли. Английские неологизмы образуют открытую продуктивную совокупность терминов, построенную на системно-языковых отношениях и связях с актуальными концепциями энергосбережения и практической биржевой деятельности.

Сведения о семантике терминов, полученные в результате исследования, могут быть использованы при подготовке специалистов энергетической сферы к взаимодействию с зарубежными партнерами и работе с иноязычными текстами. Они должны учитываться при упорядочивании новой терминологии, при составлении отраслевых словарей и справочников.

Список литературы

1. Якимович Е.В., Опара А.А. Соотношение терминологических систем русского, английского и немецкого языков в области альтернативной энергетики // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14 (136). С. 71-75.

References

1. Âkimovič E.V., Opara A.A. Sootnošenie terminologičeskikh sistem russkogo, anglijskogo i nemeckogo âzykov v oblasti al'ternativnoj ènergetiki // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 14 (136). S. 71-75.

2. Реформатский А.А. Введение в языковедение. М.: Аспект Пресс, 2000.

3. Крысин Л.П. Слово в современных текстах и словарях: Очерки о русской лексике и лексикографии. М.: Знак, 2008.

4. Хильгендорф С.К. Английский язык в Германии: контакт, распространение и отношение к нему // Личность, культура, общество. 2010. Том XII, Вып. 4. С. 215-234.

5. Попова Т.В., Рацибурская Л.В., Гугунава Д.В. Неология и неография современного русского языка. М.: Флинта: Наука, 2011.

6. Agentur für Erneuerbare Energien. Glossar. Режим доступа: <http://www.unendlich-viel-energie.de/glossar>.

7. Das RP-Energie-Lexikon. Режим доступа: <http://www.energie-lexikon.info/glossar.html>.

8. Glossar der Erneuerbaren Energien. Режим доступа: <http://ee.thuega.de/glossar.html>.

9. Glossar für die Erneuerbaren Energien. Режим доступа: <http://www.erneuerbareenergien.de/glossar/158/497>.

2. Reformatskij A.A. Vvedenie v âzykovedenie. M.: Aspekt Press, 2000.

3. Krysin L.P. Slovo v sovremennyh tekstah i slovarâh: Očerki o russkoj leksike i leksikografii. M.: Znak, 2008.

4. Hil'gendorf S.K. Anglijskij âzyk v Germanii: kontakt, rasprostranenie i otnošenje k nemu // Ličnosť, kul'tura, obščestvo. 2010. Tom XII, Vyp. 4. S. 215-234.

5. Popova T.V., Raciburskaâ L.V., Gugunava D.V. Neologîâ i neografiâ sovremennogo russkogo âzyka. M.: Flinta: Nauka, 2011.

6. Agentur für Erneuerbare Energien. Glossar. Režim dostupa: <http://www.unendlich-viel-energie.de/glossar>.

7. Das RP-Energie-Lexikon. Režim dostupa: <http://www.energie-lexikon.info/glossar.html>.

8. Glossar der Erneuerbaren Energien. Režim dostupa: <http://ee.thuega.de/glossar.html>.

9. Glossar für die Erneuerbaren Energien. Režim dostupa: <http://www.erneuerbareenergien.de/glossar/158/497>.

Транслитерация по ISO 9:1995



ДИНАМИКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНЦЕПТА «СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА» В РУССКОЙ ЛИНГВОКУЛЬТУРЕ

А.А. Опара

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110 г. Волжский, пр. Ленина, д. 69
Тел.: (8443) 210160, факс: (8443) 210166, e-mail: vfmei@vfmei.ru

Заключение совета рецензентов: 19.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 27.04.15

Данная статья описывает исследования в области лингвокультурологии. Объектом изучения является профессиональный концепт «солнечная энергетика», функционирующий в институциональном и рекламном дискурсе.

Существует много различных подходов в определении концепта как единицы культуры. В работе концепт рассматривается как ментальное образование с трехкомпонентной структурой. Номинативная наполняемость профессиональных концептов – это термины определенной сферы деятельности. Наличие множества классификаций концептов подтверждает идею о возможности использования концепта в качестве исследовательской единицы для анализа институционального дискурса. Рекламный дискурс является частью институционального дискурса.

В работе отмечены характерные признаки концепта «солнечная энергетика» для институционального типа общения. Для изучения лингвоаксиологического поля концепта использовались различные лингвистические методы. В результате анализа рекламных объявлений обнаружены общие признаки концепта: востребованность и утаивание некоторой информации с точки зрения экологии. Важной лингвокультурной характеристикой является то, что некоторые русские рекламодатели пытаются изменить ценностное направление адресата в использовании солнечной энергии, а именно: от потребления к ее производству. Статья будет интересна студентам, аспирантам, преподавателям, работающим в сфере как лингвистических, так и энергетических исследований. Материал предназначен для составления словаря-тезауруса по солнечной энергетике для студентов энергетического профиля.

Ключевые слова: солнечная энергетика, концепт, институциональный дискурс, рекламный дискурс, солнечная батарея.

DYNAMICS OF FUNCTIONING OF THE CONCEPT “SOLAR POWER ENGINEERING” IN RUSSIAN LANGUAGE AND CULTURE

A.A. Opara

Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
69 Lenin str., Volzhsky, Volgograd reg., 404110, Russia
Tel.: (8443) 210160, fax: (8443) 210166, e-mail: ev-kaple@yandex.ru

Referred: 19.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 27.04.15

This article describes researches in the field of a language and a culture. The object of study is the professional concept “solar power engineering” functioning in an institutional discourse and a discourse of advertisement.

There are many various approaches in a definition of a concept as a cultural unit. In this article the concept is considered as a mental formation with a three component structure. The nominative fullness of professional concepts is terms of a certain field of activity. Existence of a set of classifications of concepts confirms the idea about possibility of use of a concept as a research unit for the analysis of an institutional discourse. The discourse of advertisement is a part of an institutional discourse.

In the work the characteristic signs of the concept «solar power engineering» for institutional types of communication are noted. For study of a valuable field of the concept various linguistic methods have been used. As a result of the analysis of advertisements the general signs of the concept are found: a demand and concealment of some information from the point of view of ecology. The important language and cultural characteristic is that some Russian advertisers try to change the valuable direction of the addressee in use of solar power, namely: from consumption to energy production. The article will be interesting to the students, graduate students, teachers working as in the sphere of linguistic, as and power engineering researches. The material is intended for making up the thesaurus on solar power engineering for students in the field of power engineering.

Keywords: solar power engineering, a concept, an institutional discourse, the discourse of advertisement, a solar battery.



Алла Андреевна
Опара
Alla A. Onara

Сведения об авторе: канд. филол. наук, доцент кафедры «Иностранные языки» филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

Образование: Волгоградский государственный педагогический институт (1993).

Область научных интересов: межкультурная коммуникация, терминологическая номинация, роль грамматического строя в отображении языковой картины мира.

Публикации: более 70.

Information about the author: Ph. D., associate professor of Foreign Languages Department, Volzhsky Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

Education: Volgograd State Pedagogical University (1993).

Research area: cross-cultural communication, terminological nomination, role of the grammatical structure in the reflection of the linguistic picture of the world.

Publications: more than 70.

Введение

Лингвокультурное моделирование считается одним из основных направлений в современной науке о языке, однако типы концептов с профессиональной точки зрения изучены недостаточно. Солнечная энергетика представляет собой весьма актуальное понятие в жизни современного общества, хотя данное явление до сих пор не рассматривалось в лингвоконцептологическом аспекте. Концепт «солнечная энергетика» представляет собой сложное ментальное образование, имеющее определенную структуру и связанное с важнейшими ценностными ориентирами поведения человека по отношению к основному источнику энергии для всех процессов, совершающихся на земле. Данный концепт находит свое выражение в разных типах институционального дискурса, в частности, в рекламном.

Теоретический анализ

Основой теоретического анализа послужили различные подходы к описанию концепта, а именно: 1) лингвокогнитивный, в котором «концепт – это некое представление о фрагменте мира или части такого фрагмента, имеющее сложную структуру, выраженную разными группами признаков, реализуемых разнообразными языковыми способами и средствами. Концепт – это означенный в языке (воплощенный в знаке) образ (символ, понятие)» [1]; 2) психологический, в котором концепт представляется как «калгебраическое выражение значения», так как «охватить значение во всей его сложности человек просто не успевает, иногда не может, а иногда по-своему интерпретирует его» [2]; 3) семантический, в котором через значения слов познается действительность [3]; 4) интегративный, в котором концепты трактуются как «первичные культурные образования, транслируемые в различные сферы бытия человека...» [4]. Они проецируются на языковую действительность, находя в ней прямые или описательные соответствия. Степень их языкового выражения варьируется в различных культурах в зависимости от значимости данного концепта. Методики изучения концептов в рамках интегративного подхо-

да позволяют выявить смысловой потенциал исследуемых концептов, а именно их образную, понятийную и ценностную составляющие.

Все вышеупомянутые подходы рассматривают концепты как ментальные способы представления действительности в сознании людей, передающие важную культурную информацию и находящие свое конкретное выражение в языковой картине мира. В данном исследовании наиболее эффективным представляется интегративный подход, позволяющий рассматривать концепт с социальной, культурологической и лингвистической точек зрения, обнаруживая особенности в понимании этих «смысловых образований» носителями культуры [5].

Лингвокультурные концепты считают одной из важнейших категорий лингвокультурологии, которые привлекают лингвистов не только своей трехкомпонентной (образная, понятийная, ценностная составляющие) внутренней структурой [5], но и разнообразием классификаций. Внутри каждой классификации лежат свои особые признаки: 1) структурно-семантический [3]; 2) тематический [2]; 3) социологический [6]; 4) внутренне-содержательный [7]. В классификации В.И. Карасика выделяются два больших класса: параметрические и непараметрические концепты, последние, в свою очередь, подразделяются на регулятивные и нерегулятивные, во втором выделяются два подкласса: конкретно-предметные ментальные образования и абстрактные ментальные образования [7]. На основании признака «сфера применения» М.В. Прищепенко выделяет в классе абстрактных нерегулятивных концептов три самостоятельных подкласса, одним из которых являются профессиональные концепты, возникающие и функционирующие в том или ином типе институционального дискурса, например: «услуга» в обычном и институциональном дискурсах [8]. Данные концепты обладают типичными признаками для институционального дискурса, а именно: 1) наличие участников статусно-ориентированного общения; 2) обозначение институтов как места разворачивания концепта в дискурсе; 3) характеристика отношений в диаде «агент – клиент» [8]. Учитывая вышеприведенные признаки классификаций концептов, мы предполагаем, что концепт «солнечная энергетика»



относится к типу профессиональных концептов и реализуется в рекламном дискурсе. Номинативные единицы данного концепта – это термины области солнечной энергетики, образующие подсистему в терминологической системе области альтернативной энергетики [9].

Рекламный дискурс, представляя особую сферу речевой деятельности, часто является объектом исследования лингвистов. Л.А. Кочетова, изучая лингвокультурные характеристики английского рекламного дискурса, акцентирует свое внимание на построении модели современного рекламного дискурса с выявлением его ценностных характеристик в британской культуре [10]. Т.Б. Колышкина в дискурсе и рекламном дискурсе выделяет инвариативную и вариативную части их моделей, указывая, что в вариативной части понятие код учитывается только в рекламном дискурсе и становится его важной составляющей [11]. В.В. Детинкина утверждает, что рекламный дискурс способствует созданию социальных мифов [12]. В работе мы придерживаемся точки зрения Л.А. Кочетовой в том, что рекламный дискурс – это разновидность общественно-институциональной коммуникации, выражающая институциональные ценности, которые могут быть объективно выделены при помощи анализа культурных концептов [10].

В результате рассмотрения теоретического материала, представленного выше, мы приходим к выводу, что концепт «солнечная энергетика» необходимо изучать в рамках профессиональных концептов, так как он обладает рядом типичных признаков для институционального дискурса и особыми признаками для функционирования в рекламном дискурсе. Номинативными единицами концепта являются термины как области альтернативной энергетики, так и ее подсистемы – солнечной энергетики.

Результаты и их обсуждение

Материалом исследования послужили термины области солнечной энергетики в объеме свыше 600 единиц, закрепленные в текстах нормативных документов (Государственный стандарт Российской Федерации по солнечной энергетике), электронные словари, данные Русского национального корпуса, а также тексты рекламных объявлений, опубликованные на Интернет-сайтах. Проанализировано более 500 объявлений.

В работе нашли применение следующие методы: понятийное моделирование, дефиниционный, компонентный и контекстуальный анализ.

О солнечной энергетике как о концепте мы можем говорить в том случае, если «концептуализируемая область осмыслена в языковом сознании и получает однословное обозначение», поэтому необходимо выделить понятийную, образную и ценностную составляющие концепта [5]. Проиллюстрируем приведенный концепт выдержками из Государствен-

ного стандарта Российской Федерации по солнечной энергетике: 1. «Настоящий стандарт устанавливает термины и определения понятий в области солнечной энергетики и распространяется на нетрадиционную энергетику. Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения во всех видах документации и литературы в области солнечной энергетики, входящих в сферу работ по стандартизации или использующих результаты этих работ»; 2. Нормативные ссылки «В настоящем стандарте использована ссылка на ГОСТ 19431–84 Энергетика и электрификация. Термины и определения» [13]. В данном тексте выделяются смысловые признаки: область применения – солнечная энергетика и нетрадиционная энергетика; продукт – электрификация; лексика – профессиональная терминология; текст – документация и специализированная литература.

Образная составляющая концепта «солнечная энергетика» в русском профессиональном сознании связывается с ее состоянием, перспективой развития как в нашей стране, так и за рубежом, с созданием крупных производств солнечной индустрии, с изучением энергоресурсов по солнечной энергии в России.

Понятийно-содержательная сторона изучаемого концепта осложнена терминологическими номинациями, состоящими из двух, трех и более компонентов, а также наличием аббревиатур, зафиксированных в государственном стандарте Российской Федерации по солнечной энергетике. Она имеет полевою структуру с ядерной лексемой солнце, включающую лексико-семантические группы (ЛСГ) с общими семантиками: 1) электростанция: солнечные электростанции СЭС, солнечно-топливная электростанция СТЭС; 2) снабжение: солнечное теплоснабжение, солнечное горячее водоснабжение, солнечное охлаждение, солнечное тепло- и холодоснабжение; 3) коллектор: солнечный коллектор, концентратор солнечной энергии; 4) установки: опорная конструкция.

Первая ЛСГ содержит следующие лексико-семантические варианты терминологических единиц: термодинамическая солнечная электростанция, фотоэлектрическая солнечная электростанция, башенная солнечная электростанция, двухконтурная солнечная электростанция, модульная солнечная электростанция.

Вторая ЛСГ содержит следующие лексико-семантические варианты терминологических единиц: система солнечного горячего водоснабжения, активная система солнечного отопления, пассивная система солнечного отопления, система солнечного теплоснабжения, система солнечного охлаждения, система солнечного тепло- и холодоснабжения, одноконтурная система солнечного теплоснабжения, двухконтурная система солнечного теплоснабжения, термосифонная система солнечного отопления, дублиер системы солнечного теплоснабжения.

Третья ЛСГ содержит следующие лексико-семантические варианты терминологических единиц: пло-

ский солнечный коллектор, жидкостный солнечный коллектор, воздушный солнечный коллектор, проточный солнечный коллектор, солнечный коллектор-аккумулятор, вакуумированный трубчатый солнечный коллектор, поглощающая панель солнечного коллектора, прозрачная изоляция солнечного коллектора, площадь поглощающей панели, теплопроизводительность солнечного коллектора.

Четвертая ЛСГ содержит следующие лексикосемантические варианты терминологических единиц: фотоэлектрический модуль, фотоэлектрический модуль с концентрацией солнечной энергии, комбинированный фотоэлектрический модуль, солнечная фотоэлектрическая батарея, опорная конструкция, устройство слежения за Солнцем, система слежения фотоэлектрической установки теплоснабжения, система охлаждения фотоэлектрических солнечных элементов, КПД солнечного элемента, модуля, батареи, вольт-амперная характеристика солнечного элемента, модуля, батареи.

Анализ примеров, включающих терминологическое сочетание солнечная энергетика и представленных в Русском национальном корпусе [14], позволит увидеть развернутые характеристики одноименного концепта и смоделировать его лингвоаксиологическое поле признаков в институциональном дискурсе: 1) в области химии, например: Вместе с тем химики вносят существенный вклад в производство энергии, и эта их роль будет только усиливаться по мере развития таких областей, как водородная и солнечная энергетика; 2) в космической технике, например: В космической технике солнечная энергетика используется с 1956 г. благодаря энтузиазму академика Н.С. Лидоренко.

Ученые говорят о ее использовании как отдельной отрасли, например: XXI век должен стать веком рождения новой самостоятельной отрасли – «Солнечная энергетика». В мире ее оценивают как дорогую энергию, например: в то же время солнечная энергетика и в Германии требует пока 100%-ных дотаций; Реальная солнечная энергетика остается одним из самых дорогих источников энергии и, несмотря на многолетние декларативные усилия в этой области, занимает в энергобалансе США менее 0,1%.

В контекстных дефинициях газетного корпуса солнечная энергетика трактуется как «вещь» (Солнечная энергетика не такая консервативная вещь, какой может казаться) дорогая (Дотации от государства солнечная энергетика ФРГ имеет в соответствии с законом о возобновляемых источниках энергии (EEG)), являющаяся источником дохода (По сути, солнечная энергетика – своего рода алхимия: берете бесплатное солнечное излучение и превращаете его в нечто, имеющее стоимость). Она относится к высокотехнологичным направлениям (Основными для компании сейчас являются высокотехнологичные направления, например «Солнечная энергетика»...), по эффективности ее сравнивают с ветряной (В некоторых регионах страны солнечная энергетика мо-

жет по объему выработки сравняться с ветряной) и атомной (Выступая на презентации, заместитель губернатора Красноярского края Анатолий Тихонов отметил, что солнечная энергетика сопоставима по своему потенциалу с атомной). Ее относят к альтернативным источникам энергии (солнечная энергетика в условиях высоких цен на энергоносители будет становиться все более интересной инвестиционной темой наряду с другими альтернативными источниками электроэнергии...).

Анализ словарных статей позволил выявить признаки концепта «солнечная энергетика», характеризующие его как концепт, функционирующий в институциональном дискурсе: 1) наличие участников статусно-ориентированного общения представлено такими лексическими единицами, как химики, академик, заместитель губернатора; 2) обозначение институтов как места разворачивания концепта в дискурсе: космическая техника, некоторые регионы России, компании, ФРГ; 3) характеристика отношений в диаде «агент-клиент»: вносить существенный вклад в производство энергии, рождение новой самостоятельной области, дорогой источник энергии, бесплатный источник энергии, сопоставима по своему потенциалу с атомной, интересная инвестиционная тема.

Образная составляющая концепта «солнечная энергетика» в рекламном дискурсе соотносится с ситуациями использования этого вида энергии частными лицами (туристы, охотники, рыбаки, владельцы частных домов, владельцы небольших дачных строений), в бытовых целях в виде солнечных батарей для бесперебойного питания дома, коттеджа или любого другого объекта. В России рекламодатель, информируя адресата о товарах, делает его участником потребления бесплатной, доступной солнечной энергии в своих целях. Таким образом, профессиональный концепт «солнечная энергетика», являясь продуктом постиндустриального общества, имеет спрос у бытового потребителя.

Понятийно-содержательная сторона изучаемого концепта осложнена терминологическими номинациями, состоящими из двух, трех и более компонентов, зафиксированных в русскоязычных рекламных объявлениях. Она имеет полевую структуру с ядерной лексемой батарея, которая включает лексикосемантические группы с общими семами: 1) портативные солнечные батареи для мелкой бытовой техники (сотовые телефоны, планшеты, КПК, электронные книги, фотоаппараты, mp3 плееры): зарядник в виде брелока, «раскладушки», телефона-«раскладушки», сумки или рюкзака; 2) стационарные солнечные батареи: панели, модули, генераторы для бесперебойного питания зданий.

Ценностная составляющая концепта «солнечная энергетика» выражается в рекламных текстах, описывающих только положительные характеристики солнечных батарей: «Солнечные мобильные генераторы позволяют зарядить практически все электрон-



ные приборы на дачных участках, во время кемпинга, рыбалки, охоты, путешествий» [15]; «Главными преимуществами Солнечных батарей являются стабильность, бесшумность, экологичность и высокая надежность, т.к. солнечная батарея не содержит в себе подвижных механизмов. Солнечные модули, изготовленные по современным технологиям, рассчитаны на срок службы не менее 25 лет без значительных потерь в КПД» [15]. Рекламодатели Интернет-магазина «sun-battery.biz» оценивают зарядник как компактный, независимый, недорогой, универсальный, надежный. Дают советы адресату о том, как и в чем его можно носить, например: «его можно брать с собой куда угодно, даже носить на связке ключей!» или «поместится даже в маленькой дамской сумочке или барсетке» [16].

Важнейшим основанием при оценке концепта «солнечная энергетика» выступают концепты «экологическая безопасность», «окружающая среда». Отрицательное отношение адресата связано с изготовлением солнечных батарей, содержащих вредные ядовитые вещества в составе самих фотоэлементов (свинца, кадмия, галлия, мышьяка), а также их утилизацией, монтажом и дороговизной. Такие терминологические номинации, как ультрафиолетовое излучение, солнечные бури, вызывают отрицательную оценку у человека. Важной лингвокультурной характеристикой является то, что некоторые русские рекламодатели пытаются изменить ценностное направление адресата в использовании солнечной энергии, а именно: от потребления к ее производству. Например, в рекламных текстах Интернет-сайта «solbat.su» дается следующая информация: «... Но солнечные батареи также применяются и в системах, связанных и работающих параллельно с сетью. В этом случае

запасания энергии нет, система удешевляется на стоимость аккумуляторов, вся генерируемая энергия поступает в сеть. Далее она потребляется нагрузками, а излишки «уходят» в городскую сеть. Эти излишки в странах, где солнечная энергетика имеет поддержку от государства, покупаются коммунальной сетью по повышенным тарифам» [15].

Таким образом, дефиниционный и контекстуальный анализ как лексических, так и терминологических единиц позволяет обозначить специфику внутренней структуры концепта «солнечная энергетика» как профессионального. Выделенные особые признаки концепта показывают его функционирование в институциональном дискурсе. В рекламном дискурсе вышеупомянутый концепт обладает следующими общими признаками, характерными для русского рекламного текста: востребованностью и утаиванием некоторой информации с точки зрения экологии. Особым отличительным лингвокультурным признаком русских рекламных объявлений является попытка изменения ценностного ориентира потребителя солнечной энергии.

Заключение

Перспективы работы мы видим в дальнейшем изучении профессиональных концептов как в русской, так и в английской лингвокультурах, сопоставительном исследовании терминологической наполняемости концептов сферы альтернативной энергетики. К насущным практическим задачам следует отнести составление словаря-тезауруса и словаря-минимума терминов по солнечной энергетике для студентов энергетического профиля.

Список литературы

1. Пименова М.В. Концептуальные исследования: новые приоритеты (концепт «вера» в русской концептосфере) // Язык. Культура. Коммуникация. Материалы 2-й Межд. научн. конф, г. Волгоград, 14-15 мая 2008 г.: в 2 ч. Ч. 1. Волгоград, 2008.
2. Лихачев Д.С. Концептосфера русского языка // Русская словесность: Антология / Под. ред. Нерознак В.П. М.: Academia, 1997.
3. Бабушкин А.П. Типы концептов в лексико-фразеологической семантике языка. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1996.
4. Карасик В.И. Культурные доминанты в языке // Языковая личность: Культурные концепты: Сб. науч. тр. Волгоград: Перемена, 1996.
5. Карасик В.И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс. Волгоград: Перемена, 2002.

References

1. Pimenova M.V. Konceptual'nye issledovaniâ: novye prioritety (koncept «vera» v russkoj konceptosfere) // Âzyk. Kul'tura. Kommunikaciâ. Materialy 2-j Mežd. naučn. konf, g. Volgograd, 14-15 maâ 2008 g.: v 2 ō. Č. 1. Volgograd, 2008.
2. Lihačev D.S. Konceptosfera russkogo âzyka // Russkaâ slovesnost': Antologîâ / Pod. red. Neroznaka V.P. M.: Academia, 1997.
3. Babuškin A.P. Tipy konceptov v leksiko-frazeologičeskoj semantike âzyka. Voronež: Izd-vo Voronežskogo gos. un-ta, 1996.
4. Karasik V.I. Kul'turnye dominanty v âzyke // Âzykovaâ ličnost': Kul'turnye koncepty: Sb. nauč. tr. Volgograd: Peremena, 1996.
5. Karasik V.I. Âzykovoj krug: ličnost', koncepty, diskurs. Volgograd: Peremena, 2002.

6. Слышкин Г.Г. От текста к символу: лингвокультурные концепты прецедентных текстов в сознании и дискурсе. М.: Academia, 2000a.

7. Карасик В.И. Лингвокультурные концепты: типы единиц и приемы изучения // Современные парадигмы лингвистики: традиции и инновации: материалы международной конференции. Волгоград, 12-14 окт. 2005 г. / Волгогр. гос. пед. ун-т; отв. ред. В.И. Супрун. – Волгоград: Перемена, 2005.

8. Прищепенко М.В. Метапрофессиональный концепт «услуга» в обиходном и институциональном дискурсе (на материале английского языка): Автореф. дис. ... канд. филол. наук. Волгоград, 2006.

9. Якимович Е.В., Опара А.А. Соотношение терминологических систем русского, английского и немецкого языков в области альтернативной энергетики // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2013. № 14. С. 71-75.

10. Кочетова Л.А. Лингвокультурные характеристики английского рекламного дискурса: Автореф. дис. ... канд. филол. наук. Волгоград, 1999.

11. Колышкина Т.Б. Модель анализа дискурса и рекламного дискурса // Вестник ВГУ. Сер. Филология. Журналистика. 2010. № 1. С. 34-36.

12. Детинкина В.В. Рекламный дискурс как способ создания социального мифа: Автореф. дис. ... канд. филол. наук. Ижевск, 2010.

13. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=273, свободный (5.11.2014).

14. Русский национальный корпус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ruscorpora.ru>, свободный (15.11.2014).

15. Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solbat.su/>, свободный (29.11.2014).

16. Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sun-battery.biz/>, свободный (29.11.2014).

6. Slyškin G.G. Ot teksta k simvolu: lingvokul'turnye koncepty precedentnyh tekstov v soznanii i diskurse. M.: Academia, 2000a.

7. Karasik V.I. Lingvokul'turnye koncepty: tipy edinic i priemy izučeniâ // Sovremennye paradigmy lingvistiki: tradicii i innovacii: materialy meždunarodnoj konferencii. Volgograd, 12-14 okt. 2005 g. / Volgogr. gos. ped. un-t; отв. red. V.I. Suprun. – Volgograd: Peremena, 2005.

8. Prišepenko M.V. Metaprofessional'nyj koncept «usluga» v obihodnom i institucional'nom diskurse (na materiale anglijskogo âzyka): Avtoref. dis. ... kand. filol. nauk. Volgograd, 2006.

9. Âkimovič E.V., Opara A.A. Sootnošenie terminologičeskikh sistem russkogo, anglijskogo i nemeckogo âzykov v oblasti al'ternativnoj ènergetiki // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAE. 2013. № 14. S. 71-75.

10. Kočetova L.A. Lingvokul'turnye karakteristiki anglijskogo reklamnogo diskursa: Avtoref. dis. ... kand. filol. nauk. Volgograd, 1999.

11. Kolyškina T.B. Model' analiza diskursa i reklamnogo diskursa // Vestnik VGU. Ser. Filologija. Žurnalistika. 2010. № 1. S. 34-36.

12. Detinkina V.V. Reklamnyj diskurs kak sposob sozdaniâ social'nogo mifa: Avtoref. dis. ... kand. filol. nauk. Iževsk, 2010.

13. GOST R 51594-2000 Netradicionnaâ ènergetika. Solnečnaâ ènergetika. Terminy i opredeleniâ [Èlektronnyj resurs]. – Režim dostupa: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=273, svobodnyj (5.11.2014).

14. Russkij nacional'nyj korpus [Èlektronnyj resurs]. – Režim dostupa: <http://www.ruscorpora.ru>, svobodnyj (15.11.2014).

15. Internet-magazin [Èlektronnyj resurs]. – Režim dostupa: <http://www.solbat.su/>, svobodnyj (29.11.2014).

16. Internet-magazin [Èlektronnyj resurs]. – Režim dostupa: <http://www.sun-battery.biz/>, svobodnyj (29.11.2014).

Транслитерация по ISO 9:1995





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(лов), 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(лов), 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 Редколлегий 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 редколлегий; 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 Редколлегий для финансирования Международными Научными Фондами; 3/5 – научный результат превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегий 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) ВИНТИ, «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 (MANUSKRIFT 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 редколлегией 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 пристатейных 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») (РНС)
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») (РНС)

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) (РНС)
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 энергетике

М.А. Сырунин (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ)

10-2-1-0 Постановки задач взрывной энергетике

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



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, Черногловка, ИПХФ РАН) (РНС)

Б.П. Тарасов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

12-4-1-0 В углеродных наносистемах
О.Н. Ефимов (Россия, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

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, Черногловка, 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 Радиолиз
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 (риформинг) 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

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 термовакуумных 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, Черногловка, 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, Черногловка, 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. Энергонадзор (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) (МНКСР)

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) (МНКСР)

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) (МНКСР)

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; МПК — 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")

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. Aroutiounian, 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. Syvrotkin (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-2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAE

Уважаемые коллеги! Продолжается подписка на второе полугодие 2015 г.

Наименование:

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

Индекс издания: ISSN1608-8298

Периодичность: 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 «TATA»

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	
	(*наименование платежа)	
	Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп.	
Кассир	Платательщик (подпись) _____	
	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	
	(*наименование платежа)	
	Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп.	
Квитанция	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: 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
Кассир		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа) 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с30101810200000000721 042204721 БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: 42_000 руб. ____ коп. Плательщик (подпись) _____
Кассир		ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа) 5254022656/525401001 (ИНН получателя платежа) 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа) ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты) к/с30101810200000000721 042204721 БИК
		(*наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа: 42_000 руб. ____ коп. Плательщик (подпись) _____

*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 _____

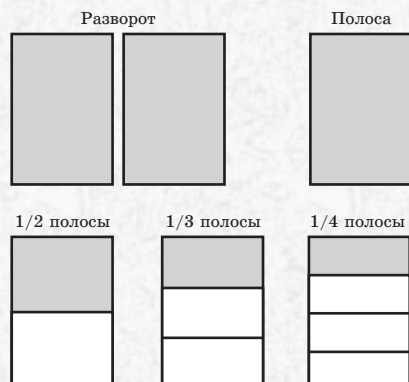
Signed _____ Date _____



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.

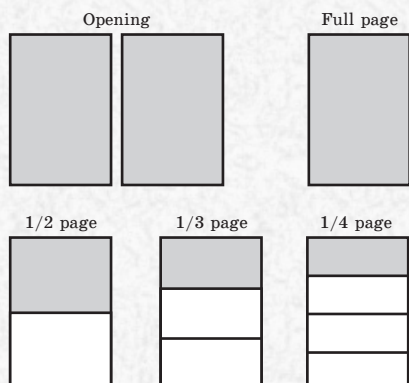
Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных объявлений.



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 12.09.2015 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»).*

