



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 ISJAEЕ
 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. Бекзир, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев, Украина)
 Дж. О'М. Бокрис, проф. (Гейнсвилль, США)
 В.М. Бузник, акад. РАН (ИТЦ РАН, Москва, Россия)
 В.А. Бутузов, д-р техн.наук («Южгеотепло», Краснодар, Россия)
 Т.Н. Везироглу, д-р, проф. (Международная ассоциация водородной энергетики (МАВЭ), зам. главного редактора ISJAEЕ)
 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 ISJAEЕ
 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 ISJAEЕ
 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. Лунич, 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 СОРАН, 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 СОРАН, Новосибирск, Россия)
 А.М. Пенджиев, д-р с.-х. наук (Туркменский гос. архитектурно-строительный институт, Ашхабат, Туркменистан)
 Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)
 О.С. Попель, д-р техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия)
 В.Я. Попова, 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 ISJAEЕ
 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 ISJAEЕ
 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 ISJAEЕ
 В.Е. Фортгов, Президент РАН (ОИВТ РАН, Москва, Россия)
 М.Д. Хэмpton, д-р, проф. (Университет Центральной Флориды, США), зам. главного редактора ISJAEЕ
 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 ISJAEЕ
 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'ternativnāi energetika i' ekologiā”, краткое название: “Al'tern. energ. ecol.”), ISSN 1608-8298. Тематика журнала одобрена Международной ассоциацией водородной энергетики (МАВЭ) и Международным центром развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН (UNIDO-ICNET). 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 ВИННИТИ.
 Журнал включен в каталоги: “Роспечать” (индекс 20487), Объединенный каталог “Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы” (индекс 41935), “Интерпочта-2003”.
 Полные электронные версии статей представлены на сайте Научной электронной библиотеки <http://e-library.ru>, на сайте Международного научного журнала АЭЭ <http://isjaee.hydrogen.ru>, а также на сайте Международного научного и образовательного портала “Водород” <http://www.hydrogen.ru>.
 Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № 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.





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

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

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

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

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

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

Ch. Marchetti, Prof. (Sieci, Italy)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A.Yu. Tsvadze, 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 MPhU)

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: "Альтернативная энергетика и экология", abbreviated key title: "Альтер. энерг. экол."), 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 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. Фортгов

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

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ РЕДАКЦИИ

Председатель: академик РАН Н.Н. Пономарев-Степной

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

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

СОВЕТ ЭКСПЕРТОВ

Председатель: А.Л. Гусев

Сопредседатели:

Б.П. Тарасов, З.Р. 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. Мальшенко

Ю.Д. Третьяков

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Chairman: Academician of the RAS V.E. Fortov

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

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

INTERNATIONAL EDITORIAL ADVISORY BOARD

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

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

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

EXPERTS BOARD

Chairman: A.L. Gusev

Co-Chairmans:

В.П. Тарасов, З.Р. Исмагилов

Р.А. Amerkhanov (Russia, Krasnodar)
L.F. Belovodsky (Russia, Sarov)
A.A. Domashenko (Russia, Balashikha)
A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad)
E.A. Goodilin (Russia, Moscow)
V.A. Khunutdinov (Russia, Moscow)
O.S. Popel' (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. Бугузов (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)
В.В. Спицын (Россия, Москва)
А.Я. Столяревский (Россия, Москва)
Е.М. Тарараева (Россия, Москва)
В.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

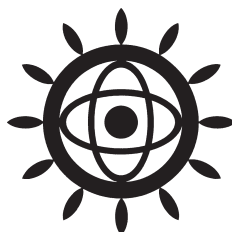
Научно-технический центр «TATA»



Scientific Technical Centre "TATA"



В ЭТОМ НОМЕРЕ



IN THIS ISSUE

**ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ
ЭНЕРГЕТИКА**



**RENEWABLE
ENERGY**

**НЕВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ
ЭНЕРГЕТИКА**



**NONRENEWABLE
ENERGY**

**ТЕРМОЯДЕРНАЯ
ЭНЕРГЕТИКА**



**THERMONUCLEAR
ENERGY**

**ВОДОРОДНАЯ
ЭКОНОМИКА**



**HYDROGEN
ECONOMY**

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**



**STRUCTURAL
MATERIALS**

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ АЭЭ**



**THERMODYNAMIC
BASICS OF AEE**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ЭНЕРГЕТИКИ**



**ENVIRONMENTAL ASPECTS
OF ENERGY**

**ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ,
ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА**



**LEGISLATIVE BASIS,
MASS MEDIA, STATE SUPPORT**

**КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
И ОБРАЗОВАНИЕ**



**PERSONNEL MANAGEMENT
AND EDUCATION**

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
АЭЭ**



**ECONOMIC ASPECTS
OF AEE**

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ,
ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА
И ИХ ВНЕДРЕНИЕ**



**INNOVATION SOLUTIONS,
TECHNOLOGIES, FACILITIES
AND THEIR INNOVATION**



В ЭТОМ НОМЕРЕ



IN THIS ISSUE

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



СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- Амерханов Р.А., Кириченко А.С., Касьянов Р.С., Костенко В.С., Куличкина А.А., Скороход А.А., Армаганян Э.Г., Дворный В.В.*
Возможности использования возобновляемых источников энергии Краснодарского края 12
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.001
- Козинец Г.Л.*
Обоснование проектных параметров гидроагрегатных блоков высоконапорных ГЭС 26
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.002
- Козинец Г.Л.*
Гидродинамические нагрузки в водопроводящем тракте Саяно-Шушенской ГЭС при закрытии регулирующих устройств и гидравлическом ударе 31
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.003

Солнечная энергия

- Обухов С.Г., Плотников И.А.*
Моделирование и исследование режимов работы солнечной фотоэлектрической станции с контроллером максимальной мощности 38
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.004
- Стариков Е.В., Джайлани А.Т., Никитин А.Д., Щеклеин С.Е.*
Расчетно-экспериментальное исследование использования термосифонного теплообменника для получения пара с применением концентратора солнечной энергии 51
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.005
- Майоров В.А., Лукашик Л.Н.*
Исследование оптико-энергетических параметров солнечного модуля в составе с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором, линейчатым фотоприемником и вторичными отражателями со следящей системой 58
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.006

Ветроэнергетика

- Стрекалов С.Д., Стрекалова А.С., Стрекалова Л.П.*
Инновационно-демонстрационные площадки на основе экологических волновых ветродвигателей: структура и роль в устойчивом развитии территории 66
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.007

Энергия биомассы

- Шалимов Ю.Н., Епифанов А.В., Кудряш В.И., Епифанов В.Д., Лутовац М., Федянин В.И., Евсеев Е.П., Соколов С.А., Макаров П.Н., Власов Г.Я., Веранян Г.С.*
Физико-химические основы процессов образования биомассы и перспективы ее использования в альтернативной энергетике 72
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.008
- Ринк Л.И., Собченко Ю.А.*
Мини-установка по производству биодизеля из растительного масла и изопропилового спирта 91
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.009

ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА

Дубинин А.М., Щеклеин С.Е., Тупоногов В.Г., Ершов М.И., Каграманов Ю.А.

Оптимальные параметры реактора с заторможенным насадкой

циркуляционным псевдооживленным слоем для паровой конверсии метана 98

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.010

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Наноструктуры

Пильщикова Е.Д., Обрубова А.В.

Структура и транспортные свойства $\text{Ba}_{0,8-0,5x}\text{La}_{1,2}\text{In}_2\text{O}_{5,6-x}\text{F}_x$ 104

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.011

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Энергетика и экология

Гуревич В.И. Электромагнитный Армагеддон? 108

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.012

ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Чувашев С.Н., Якимов Н.М., Чувашева Е.С., Попов С.Д., Попов С.А.

Математическое моделирование эффективных и экологических

амфибийных судов на воздушной подушке для Арктики и Дальнего Востока 117

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.013

Литий-ионные источники тока и суперконденсаторы

Ткаченко Л.И., Николаева Г.В., Дремова Н.Н., Ефимов О.Н.

Электрохимические свойства пленок полианилин-п-толуолсульфокислота

в литиевом апротонном электролите 139

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.014

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

Юферов Л.Ю.

Исследование светодиодов в качестве фотодатчиков 148

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.015

ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Королев В.А.

Повышение эффективности управления процессами в агротехнологических системах 152

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.016

Королев В.А., Башилов А.М., Можяев К.О.

Структура и алгоритмы работы летающего робота

для забора и анализа грунта сельскохозяйственных угодий 158

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.017

Топорков В.Н.

Зависимость степени повреждения корневой системы сорняков

от глубины их залегания и влажности почвы при электроимпульсной обработке 164

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.018



ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ

Акция «Архивные номера журнала - РАСПРОДАЖА»	167
Generations-2015 стартовал в сотрудничестве с российскими корпорациями	168
Всероссийская практическая конференция «Культурное наследие Крыма и Севастополя»	172
Премия Президента США («Зеленая химия») 2015	175
4-я Международная школа-конференция по катализу для молодых ученых «Проектирование катализаторов: от молекулярного до промышленного уровня»	177
HYROTHERESIS-2015	182
XXIII международная конференция «Релаксационные явления в твердых телах», посвященная 100-летию со дня рождения В.С. Постникова	183
8-й международный семинар по физике сегнетоэластиков	184
8-я Российская конференция «Радиохимия-2015»	185

Рекламные материалы

Научно-технический центр «ТАТА» поставляет заказчикам ГРАФЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO) в виде порошка, водной суспензии, пасты	187
Тематика журнала	213

На 1-й стр. обложки: Четвертый блок (БН 800) Белоярской АЭС (БАЭС) в Свердловской области близ г. Заречный. Фотография сотрудника ЦОИ БАЭС Сергея Тена.

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 реферированы в ВИНТИ, в международном научном журнале «Письма в Альтернативную энергетику и экологию», рецензируются, аннотируются и депонируются.

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

Художественный редактор
Виктор Иванович Немышев (Россия, Саров)

Редактор, корректор
Ирина Борисовна Меркулова (Россия, Саров)

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

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

Компьютерная верстка
Наталья Николаевна Семенова (Россия, Саров)

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

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



CONTENTS

RENEWABLE ENERGY

- Amerkhanov R.A., Kirichenko A.S., Kasyanov R.S., Kostenko V.S., Kulichkina A.A., Skorokhod A.A., Armaganyan E.G., Dvorny V.V.*
Possibilities of use of renewable sources of energy of Krasnodar region12
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.001
- Kozinets G.L.*
Substantiation of project parameters of hydraulic units of high-head turbines26
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.002
- Kozinets G.L.*
Hydrodynamic loads in water channel of Sayano-Shushenskaya
hydropower plant at closing regulator device and hydraulic impact31
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.003

Solar energy

- Obukhov S.G., Plotnikov I.A.*
Modeling and study of modes of solar photovoltaic power plant with
a maximum power point tracing controller38
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.004
- Starikov E.V., Jailany A.T., Nikitin A.D., Shcheklein S.E.*
The calculating experimental research of use of the thermosiphon heat exchanger
for receiving technological steam with use of the concentrator of solar energy51
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.005
- Mayorov V.A., Lukashik L.N.*
Investigations the optical-power parameters of the solar modules
in an asymmetrical parabolic-cylindrical concentrator,
with photodetector and secondary reflector with tracking system58
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.006

Wind energy

- Strekalov S.D., Strekalova A.S., Strekalova L.P.*
Innovative-demonstration platforms on the basis of eco-friendly wave wind turbines:
structure and the role in the sustainable development of the territory66
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.007

Energy of biomass

- Shalimov Yu.N., Epifanov A.V., Kudrjash V.I., Epifanov V.D., Lutovac M., Fediyanin V.I., Evseev E.P., Sokolov S.A., Makarov P.N., Vlasov G.Ya. Veranjan G.S.*
Physico-chemical basis of processes of formation biomass
and prospects of its use in alternative energy72
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.008
- Rink L.I., Sobchenko Yu.A.*
Miniplant on production of the biodiesel from vegetable oil and isopropyl alcohol91
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.009

HYDROGEN ECONOMY

Dubinin A.M., Shcheklein S.E., Tuponogov V.G., Ershov M.I., Kagramanov Yu.A.

Filling impeded circulating fluidized bed reactor
for methane steam reforming optimum parameters98
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.010

STRUCTURAL MATERIALS

Nanostructures

Pilshchikova E.D., Obrubova A.V.

Structure and transport properties of $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ 104
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.011

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY

Energy and ecology

Gurevich V.I.

Electromagnetic Armageddon? 108
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.012

ENVIRONMENTAL VEHICLES

Chuvashhev S.N., Yakimov N.M., Chuvasheva E.S., Popov S.D., Popov S.A.

Computer simulation of energy saving and
environmentally friendly amphibious hovercrafts for Arctics and Far East117
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.013

Lithium-ion current sources and supercapacitor

Tkachenko L.I., Nikolaeva G.V., Dremova N.N., Efimov O.N.

Electrochemical properties of p-toluenesulphonic acid-doped polyaniline films
in Li aprotic electrolyte 139
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.014

OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES

Yuferev L.Yu.

Research of LEDs as photosensors 148
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.015

ISSUES OF AGRICULTURE

Korolev V.A.

Management and forecasting of processes in agrotechnological systems 152
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.016



Korolev V.A., Bashilov A.M., Mozhaev K.O.

Structure and algorithms of the work flying robot for taking away
and analysis of the soil agricultural fields 158
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.017

Toporkov V.N.

Dependency of the harm root plants from depth of their finding
and moisture of the land under electric processing 164
doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.018

INFORMATION FOR AEE

Action «Archive issues of the journal - SALE»	167
Generations-launched in 2015 in cooperation with the Russian Corporation	168
All-Russian Conference «Cultural heritage of the Crimea and Sevastopol»	172
Presidential Green Chemistry Challenge Award	175
4 th International School-Conference on Catalysis for young Scientists «Catalyst design: from molecular to industrial level»	177
HYPOTHESIS-2015	182
XXIII International Conference «Relaxation phenomena in solids», dedicated to the 100th anniversary of VS Postnikov	183
International seminar on Ferroelastics Physics	184
8 th Russian conference «Radiochemistry-2015»	185

Advertising matters

Scientific Technical Centre «TATA» (Russia) delivers GRAPHENE MATERIALS: graphene oxid, reduced graphene oxid (RGO) in the powder, aqueous suspension, and paste forms	187
Topics	213

1st page of cover: The 4th block (BN 800) Beloyarsk Nuclear Power Plant (BNPP) in the Sverdlovsk region near the town Zarechny. Photo PIC employee BNPP Sergey Ten.

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 Nemyshv (Russia, Sarov)

Editor, Proof-reader
Irina Borisovna Merkulova (Russia, Sarov)

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





**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

*Р.А. Амерханов¹, А.С. Кириченко¹, Р.С. Касьянов¹, В.С. Костенко¹,
А.А. Куличкина¹, А.А. Скороход¹, Э.Г. Армагян², В.В. Дворный²*

¹Кубанский государственный аграрный университет
350044 Краснодар, ул. Калинина, д. 13
E-mail: energyksau@mail.ru

²ОАО «Кубаньэнерго»

350001 Краснодар, ул. Ставропольская, д. 2

Tel.: 8 (861) 212-23-67, e-mail: dvorniyvv@kuben.elektra.ru, vovadvv114@mail.ru, armagyaneg@elsetisoch.ru

Заключение совета рецензентов: 15.02.15 Заключение совета экспертов: 20.02.15 Принято к публикации: 25.02.15

Рассмотрен вопрос возможности использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, энергосбережения и энергообеспечения для отдельного экономически самостоятельного региона России, развивающегося в условиях рыночных отношений.

Обоснована актуальность подготовки высококвалифицированных кадров по направлению «Возобновляемые источники энергии» для энергетических предприятий Краснодарского края. Рассмотрены особенности энергетики на основе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Приведены в качестве примера успешно функционирующие предприятия, на которых используются нетрадиционные и комбинированные установки энергоснабжения.

Ключевые слова: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, энергоснабжение, энергосбережение, подготовка высококвалифицированных специалистов, предприятия энергетического комплекса.

**POSSIBILITIES OF USE OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY
OF KRASNODAR REGION**

*R.A. Amerkhanov¹, A.S. Kirichenko¹, R.S. Kasyanov¹, V.S. Kostenko¹,
A.A. Kulichkina¹, A.A. Skorokhod¹, E.G. Armaganyan², V.V. Dvornyy²*

¹Kuban State Agrarian University
13 Kalinin str., Krasnodar, 350044, Russia
E-mail: energyksau@mail.ru

²JSC "Kubanenergo"

2 Stavropol str., Krasnodar, 350001, Russia

Tel.: 8 (861) 212-23-67, e-mail: dvorniyvv@kuben.elektra.ru, vovadvv114@mail.ru, armagyaneg@elsetisoch.ru

Referred: 15.02.15 Expertise: 20.02.15 Accepted: 25.02.15

There was considered the problem of possibility of use of non-traditional and renewable sources of energy, energy saving and energy provision for separate economically independent region of Russia developing in the conditions of market relations.

There was substantiated the question of urgency of preparation of highly qualified cadres in specialization "Renewable sources of energy" for energetic enterprises of Krasnodar region. There were considered the peculiarities of energetic on the basis of non-traditional and renewable sources of energy. There were cited the functioning enterprises successfully on which the non-traditional and combined installations of energy supply were used.

Keywords: non-traditional and renewable sources of energy, energy supply, energy saving, preparation of highly qualified specialists, enterprises of energetic complex.



Роберт
Александрович
Амерханов
Robert A. Amerkhanov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии КубГАУ. Заслуженный работник высшей школы РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Почетный работник по науке и технике РФ.

Награды: орден Почета, Почетная грамота Президента РФ.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе.

Публикации: около 370.

Information about the author: doctor of technical sciences, professor of the chair of electric technology, heat technology and renewable sources of energy Kuban State Agrarian University. Honored worker of the RF Higher school, Deserved worker of Higher professional education of the RF, Deserved Worker of Science and Technology of the RF. Order of Honor. Certificate of honor of the President of the RF.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy in agro industrial complex.

Publications: about 370.



Анна Сергеевна
Кириченко
Anna S. Kirichenko

Сведения об авторе: аспирант КубГАУ.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе.

Публикации: около 30.

Information about the author: post-graduate Kuban State Agrarian University.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy in agro industrial complex.

Publications: about 30.



Роман Сергеевич
Касьянов
Roman S. Kasyanov

Сведения об авторе: студент КубГАУ.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе.

Information about the author: student Kuban State Agrarian University.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy in agro industrial complex.



Виктор Сергеевич
Костенко
Viktor S. Kostenko

Сведения об авторе: студент КубГАУ.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе.

Information about the author: student Kuban State Agrarian University.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy in agro industrial complex.



Анна Андреевна
Куличкина
Anna A. Kulichkina

Сведения об авторе: студент КубГАУ.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе.

Information about the author: student Kuban State Agrarian University.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy in agro industrial complex.



Алексей
Александрович
Скорород
Aleksey A. Skorokhod

Сведения об авторе: студент КубГАУ.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе.

Information about the author: student Kuban State Agrarian University.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy in agro industrial complex.



Эдгар Гариевич
Армаганян
Edgar G. Armaganyan

Сведения об авторе: первый заместитель ген. директора – директор филиала ОАО «Кубань-энерго» Сочинские электрические сети. Заместитель ген. директора по реализации услуг.

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Information about the author: first deputy general director – director of the branch of JSC “Kubanenergo” Sochi electrical networks. Deputy of general director for the sale of services.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy.



Владимир
Викторович
Дворный
Vladimir V. Dvornyy

Сведения об авторе: начальник управления учета электроэнергии ОАО «Кубаньэнерго».

Область научных интересов: энергосбережение естественных ресурсов при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Information about the author: head of management Automatic system for commercial accounting of power consumption JSC “Kubanenergo”.

Research area: energy saving of natural resources under usage of non-traditional and renewable sources of energy.

Введение

В настоящее время становится бесспорным тезис, что наше устойчивое будущее находится в прямой зависимости от развития экологически чистой энергетики, использующей энергию возобновляемых природных ресурсов – Солнца, ветра, термальных вод, малых водотоков, энергии биомассы, приливов и отливов и т.д.

В первую очередь, экологические проблемы, достигающие катастрофических значений, ведут к переоценке подходов к развитию нетрадиционной энергетики.

Вторым важным фактором является продолжающийся рост цен в мировом масштабе на органическое топливо и электроэнергию.

Традиционные источники энергии, работающие на органическом топливе, устойчиво дорожают и становятся дефицитными.

С другой стороны, возобновляемые источники энергии испытывают противоположную тенденцию: мировая стоимость электроэнергии для ветровых, фотоэлектрических, геотермальных и биогазовых установок постоянно падает.

Понятия нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, энергосбережение прочно вошли в лексикон современного специалиста в области энергетики, однако дальше поверхностного понимания продвинулись немногие, хотя эту область по праву можно считать передовой энергетикой будущего. Причин такой перспективы множество, наиболее важными из них являются уменьшение зависимости от органического топлива, снижение загрязнения окружающей среды, неисчерпаемость и доступность возобновляемых источников энергии.

Рассматривая отдельный, экономически самостоятельный регион России, развивающийся в условиях рыночных отношений, а также рост значимости социально-экологических факторов, необходимо учитывать возможности существования децентрализованного энергоснабжения разных форм собственности и источников финансирования.

Возрастающая необходимость удовлетворения существующих потребностей населения и промышленности в электрической и тепловой энергии, особенно в сельскохозяйственных районах, удаленных от централизованных энергетических сетей, приводит к необходимости развития возобновляемой энергетики, в том числе нетрадиционной и малой. Это также обуславливается необходимостью решения глобальных проблем обеспечения человечества энергией в будущем, связанных с ограниченностью и истощением запасов ископаемых видов топлива, и соблюдением экологической безопасности.

Добыча, производство, переработка, хранение и использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) объективно оказывают негативное воздействие на природную среду: изменяется ландшафт, потребляется большое количество пресной воды и кислорода, окружающая среда загрязняется продуктами сгорания топлива, твердыми и жидкими отходами.

Все это привело к более глубокому изучению и использованию нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). К ним обычно относят энергию ветра, Солнца, геотермальную энергию, энергию водотоков и биомассы, аккумулированную в грунте тепловую энергию, энергию мирового океана и др. Основное преимущество НВИЭ – это их неисчерпаемость и экологическая чистота. Их исполь-



зование не изменяет энергетический баланс планеты. Повышенные, относительно традиционных, начальные капиталовложения окупаются за счет низких эксплуатационных затрат, что и послужило причиной бурного развития возобновляемой энергетики во всем мире и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшее время. По прогнозам, их доля в мировом потреблении энергии в 2020 г. составит порядка 24% от общего энергопотребления, а в 2040 г. – уже около 50% [1].

В Указе Президента РФ № 889 от 04.06.2008 «О некоторых мерах повышения энергетической и экономической эффективности Российской экономики» уделено внимание вопросам снижения энергоемкости валового продукта России, обеспечения рационального и экологически ответственного использования энергии и энергетических ресурсов [2].

При годовом современном потреблении в России первичных топливно-энергетических ресурсов в объеме около 910 млн т у.т. технический потенциал использования НВИЭ оценивается 4,5 тыс. т у.т./год, а экономически может достигать 270 млн т у.т./год или быть на уровне 30% от всего энергопотребления РФ. Однако современный уровень применения НВИЭ не достигает даже 0,1% от энергопотребления страны.

Интерес к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии усилился не только в связи с усложнением экономической ситуации в России в плане обеспечения энергоресурсами, но и в связи с созданием большого количества новых объектов энергопотребления в рекреационных районах, а также в районах с суровыми климатическими условиями, удаленных от энергосистем.

Прогноз развития мировой энергетики, составленный Международным энергетическим агентством (IEA), предполагает, что производство электроэнергии в мире к 2050 г. составит 46631 ТВт·ч, в том числе доля гидроэнергии – 9,5%, других возобновляемых источников энергии – 5,9%, при этом нас ожидает следующее соотношение производства энергоресурсов в производстве электроэнергии: уголь – 25%, нефть – 2, газ – 25, АЭС – 18, ГЭС – 15, другие возобновляемые источники энергии – 15% [3].

Этот прогноз претерпевает серьезные изменения, об этом можно судить хотя бы по результатам прошедшего в Сингапуре саммита по проблемам мировой энергетики (2014 г.). В беседе с корреспондентом «Российской Газеты» Ю.Медведевым от 16.12.14 г. председатель научного совета РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии О.Попель пересказал наиболее значимые моменты прошедшего саммита и озвучил цифру мощности всех энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, которая достигла 600 ГВт. Это значение, по словам О.Попеля, удивило даже опытных специалистов – лауреатов премии «Глобальная энергетика», для которых эта информация стала открытием. Поразила даже Нобелевский лауреат

британец Родней Аллам. Сам же О.Попель сообщил, что эта цифра в три раза больше мощности всей энергосистемы России.

При этом темпы создания этих установок поразительны, так как за последние 5 лет прирост солнечных преобразователей достиг 55%, ветряков – 20.

Из сообщения, сделанного О.Попелем, доля возобновляемых источников энергии во всем мировом энергопотреблении – уже 19%, для сравнения, на атомную энергетику приходится в семь раз меньше, всего 2,6% [4].

Наибольший вклад в возобновляемую энергетику вносят такие страны, как Китай, на территории которого сосредоточено более 20% (118 ГВт) всех альтернативных систем, США – 15 (93 ГВт) и Германия – 13 (78 ГВт) [5-7].

Перспектива такова, что Европа и США намерены к 2040 г. довести долю альтернативной энергетики до 40%.

Такой скачок объясняется тем, что в самые последние годы вложения в «зеленую энергетику» падают, а ввод новых мощностей растет в связи с произошедшим переломом производства, при котором на выпуск новой продукции сейчас необходимо затрачивать меньше средств ввиду совершенствующихся технологий.

Следует также отметить, что стоимость солнечных фотоэлектрических преобразователей падает: их цена за так называемый пиковый ватт за последние два года составляла 2\$, сейчас – 0,44\$.

И, конечно, нельзя не учитывать специфику каждого из возобновляемых видов энергии. Так, обычные электростанции не зависят от климата, от погоды, а работа альтернативных станций связана с особенностями местности, в которой они установлены.

На территории России сосредоточено более 45% мировых запасов газа, 13 – нефти, 23 – угля, 14 – урана, эти запасы топливно-энергетических ресурсов способны обеспечить потребности России в тепловой и электроэнергии в течение сотен лет. Однако фактическое их использование обусловлено существенными трудностями и опасностями, не обеспечивает потребности многих регионов энергией, связано с безвозвратными потерями топливных ресурсов, угрожает экологической катастрофой в местах добычи и эксплуатации топливно-энергетических ресурсов. Около 22-25 млн чел., занимающих более 70% территории России, проживают в районах автономного энергоснабжения или ненадежного централизованного энергоснабжения.

Экономический потенциал возобновляемых источников энергии на территории России, выраженный в тоннах условного топлива (т у.т.), составляет по видам источников: энергия солнца – 12,5 млн т у.т., энергия ветра – 10, геотермальная энергетика – 115, энергия биомассы – 35, энергия малых рек – 65, энергия низкопотенциальных источников тепла – 31,5, всего 270 млн т у.т.



Уникальные запасы угля, газа и нефти не умаляют весомости аргументов значимости использования возобновляемых источников энергии, так как уже в нынешних условиях созданы экономические и экологически эффективные области использования альтернативной энергетики. К ним следует отнести населенные пункты, находящиеся в зоне автономного энергоснабжения, а также территории дефицитных энергосистем и населенные пункты, находящиеся в зонах с неблагоприятной экологической обстановкой.

Чрезвычайно важно для стратегии государства то, что использование возобновляемых источников энергии не только сохраняет ископаемое органическое топливо для будущих поколений, но и увеличивает имеющийся экспортный потенциал нефти и газа.

Россия обладает всеми видами возобновляемых источников энергии, а большинство субъектов РФ имеют ресурсы двух-трех видов. Экономический потенциал России, оцененный в 314 млн т у.т. в год, равный одной трети внутреннего потребления первичной энергии, используется всего на 5-10%.

В России проблема энергосбережения весьма актуальна. Удельное потребление электроэнергии на единицу произведенной продукции в 2-3 раза больше, чем на подобных предприятиях в Западной Европе. На многих отечественных предприятиях только около 50% общей потребляемой энергии идет на производственные нужды. Проблема экономии энергетических ресурсов и повышения эффективности их использования, защиты окружающей среды имеет особое значение в сельском хозяйстве.

Потери тепла на объектах агропромышленного комплекса, как правило, недопустимо велики. Обследование ряда животноводческих ферм показало, что нормативное значение термических сопротивлений ограждений здания чаще всего не выдержано. Действительные значения сопротивления теплопередачи наружных стен на 30-70% ниже нормативных, при этом принятые в России нормы существенно ниже, чем в странах Западной Европы. Значительны потери энергии и в технологических процессах сельхозпроизводства.

Практическая сторона вопроса

Электроэнергетика Краснодарского края переживает в настоящее время известный кризис, усугубляющийся регулярно повторяющимися природными и экологическими катаклизмами, в результате которого происходят отключения как отдельных предприятий, так и целых энергетических районов от систем центрального электроснабжения. Такие отключения, вызванные нехваткой генерирующих мощностей, наносят серьезный урон экономике края и требуют срочных мер по предотвращению кризиса.

Анализ состояния дел в энергетическом обеспечении АПК края в сложившихся рыночных условиях показывает, что большая часть энергетического хо-

зяйства сельскохозяйственных производителей находится в запущенном состоянии.

Основное оборудование электростанций отработало положенный ресурс и требует замены. В крае эксплуатируется более 3000 котельных с устаревшим оборудованием, фактический КПД менее 70%.

В то же время в крае имеются обширные запасы возобновляемых источников энергии, которые могут снизить дефицит органического топлива, в наличии также имеется опыт использования возобновляемых источников энергии. Степень их использования в энергобалансе края составляет 1,7%.

Анализ состояния дел в энергетическом обеспечении АПК края в сложившихся рыночных условиях показывает, что большая часть энергохозяйства сельскохозяйственных производителей находится в крайне запущенном состоянии.

Одной из основных причин создавшегося дефицита является дефицит и неуккомплектованность квалифицированным электротехническим и теплотехническим персоналом и в связи с этим недостаточное внимание к вопросам рационального и эффективного расходования топливно-энергетических ресурсов.

Руководство Кубанского госагроуниверситета, учитывая складывающуюся и постоянно усугубляющуюся кризисную ситуацию с энергообеспечением и энергосбережением, организовало на факультете энергетики подготовку инженеров-энергетиков по специализации «Энергообеспечение сельского хозяйства», первый выпуск которых состоялся в июне 2004 года.

Правильность и своевременность принятого решения позволила департаменту научно-технологической политики и образования Минсельхоза РФ определить КубГАУ как базовое предприятие по пропаганде и внедрению энергосберегающих технологий, обучению студентов, подготовке и переподготовке специалистов энергетических служб агропромышленного комплекса края.

Снижению остроты этой проблемы способствовало бы расширенное применение предприятиями края энергосберегающих технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ). В связи с этим регулярно проводятся научные и практические совещания, конференции и семинары, посвященные проблеме применения ВИЭ в разных областях хозяйственной деятельности.

Краснодарский край располагает необходимыми природными ресурсами для использования ВИЭ и квалифицированными научными кадрами для научного обеспечения использования ВИЭ. Только в Кубанском госагроуниверситете на факультете энергетики и электрификации проблемами ВИЭ заняты 16 профессоров, среди которых 10 докторов наук, заслуженные изобретатели России. Университет ежегодно получает патенты на изобретения в области ВИЭ и готовит аспирантов в этой области. Лицензия на подготовку специалистов высшей ква-



лификации через аспирантуры по специальности 05.14.08 – энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии была получена в 2006 г. и пролонгирована в 2010 г.

Однако подготовка специалистов – необходимый, но не достаточный шаг к решению проблем электроэнергетики в области ВИЭ. Необходимы как инвестиции в использование ВИЭ предприятиями (особенно аграрными), так и создание научно-производственной базы ВИЭ, где могли бы производиться энергетические установки. Большое значение имеет также формирование общественного мнения в пользу применения ВИЭ.

В решении существующей проблемы энергосбережения и защиты окружающей среды большая роль принадлежит подготовке соответствующих специалистов в области энергетики.

Учебная практика студентов проходит в филиале кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии ООО «Теплопроект-строй», где имеется положительный опыт энергосбережения, в том числе за счет использования возобновляемых или вторичных энергетических ресурсов.

Одним из важных элементов учебного процесса, способствующим закреплению студентами теоретических знаний, приобретению практических навыков, является курсовое и дипломное проектирование. Проектирование содействует формированию у будущего специалиста способностей самостоятельно решать конкретные инженерные задачи.

Учитывая значимость курсового и дипломного проектирования при подготовке кадров высшей квалификации, на кафедре подготовлены, изданы и используются в учебном процессе учебники, учебные пособия, комплекты учебных программ. Значительная часть учебников и монографий посвящена использованию возобновляемых источников энергии.

Проблема энергосбережения является в настоящее время одной из наиболее актуальных в мире. С ней неразрывно связаны вопросы охраны окружающей среды и экономики страны. Проблема, которую можно назвать «три Э»: экономика, энергетика, экология, – чрезвычайно важна и для стран СНГ. В значительной степени ее решение возможно за счет использования возобновляемых источников энергии [8].

Среди различных возобновляемых источников энергии геотермальные станции получили наиболее широкое коммерческое развитие и эффективно функционируют на рынке услуг. Несмотря на относительно небольшую мощность современных геотермальных электростанций, по сравнению с ветроагрегатами и солнечными установками, общая выработка электроэнергии на геотермальных электростанциях достаточно высока. Это обусловлено тем, что коэффициент использования установленной мощности геотермальных электростанций в несколько раз превышает этот показатель для солнечных и ветровых установок.

Термальные воды не являются возобновляемыми источниками энергии, однако их можно отнести к «нетрадиционным» технологиям. Термальные воды нашли применение в зоне как централизованного, так и децентрализованного теплоснабжения. И в первую очередь за счет вытеснения котельных малой мощности, различных индивидуальных теплогенераторов на мазуте печном и твердом топливе.

Сегодня геотермальная энергетика обладает рядом принципиальных преимуществ: низкой стоимостью электроэнергии, независимостью от климатических условий и погоды, высокой экологичностью [9].

Из общих запасов термальные воды с минерализацией до 10 г/л (без вредных примесей) с температурой свыше 50 °С составляют по Северному Кавказу более 900 тыс. м³/сутки. По своим гидрогеологическим условиям Краснодарский край представляет крупный бассейн термальных подземных вод, которые распространены повсеместно. По подсчетам ученых и специалистов, более чем на 60% территории Кубани использование термальных вод представляет практическое значение, так как они могут быть получены самоизливом. Месторождения имеют достаточные дебиты. Температура выявленных разведкой вод колеблется в пределах 70-150 °С.

Следует отметить, что из всех видов возобновляемых источников энергии наибольшие ресурсы в Краснодарском крае имеет геотермальная энергия: введено в эксплуатацию более 250 объектов нетрадиционной энергетики, которые обслуживает более тысячи человек. Среди этих объектов 12 геотермальных месторождений с потенциальной мощностью 258 МВт, для которых пробурено 79 скважин с температурой теплоносителя на устье 75-110 °С и тепловой мощностью до 5 МВт [10-13].

В настоящее время термальные воды используются в Мостовском, Лабинском, Отрадненском, Крымском районах, в бальнеологических целях – в Абшеронском, Белореченском, Сочинско-Мацестинском и других районах Краснодарского края.

Отдельно следует выделить наиболее крупный объект возобновляемой энергетики Краснодарского края – систему геотермального теплоснабжения в поселке Розовый Лабинского района, использующую энергию двух самых крупных месторождений края (Вознесенское и Южно-Вознесенское). Население данного поселка численностью 1000 человек проживает в 192 зданиях, в том числе в 12 двухэтажных домах. Для теплоснабжения поселка в 1975 г. была пробурена геотермальная скважина 3Т Вознесенского месторождения (глубиной 2500 м), в 1982 г. – скважина 4Т Южно-Вознесенского месторождения (глубиной 2500 м). В 2007 году ЗАО «Геотерм-ЭМ» (Москва) был разработан проект демонстрационной системы геотермального теплоснабжения пос. Розовый. На основании результатов исследований и проектной документации в 2010 г. построена I очередь геотермальной системы [14].



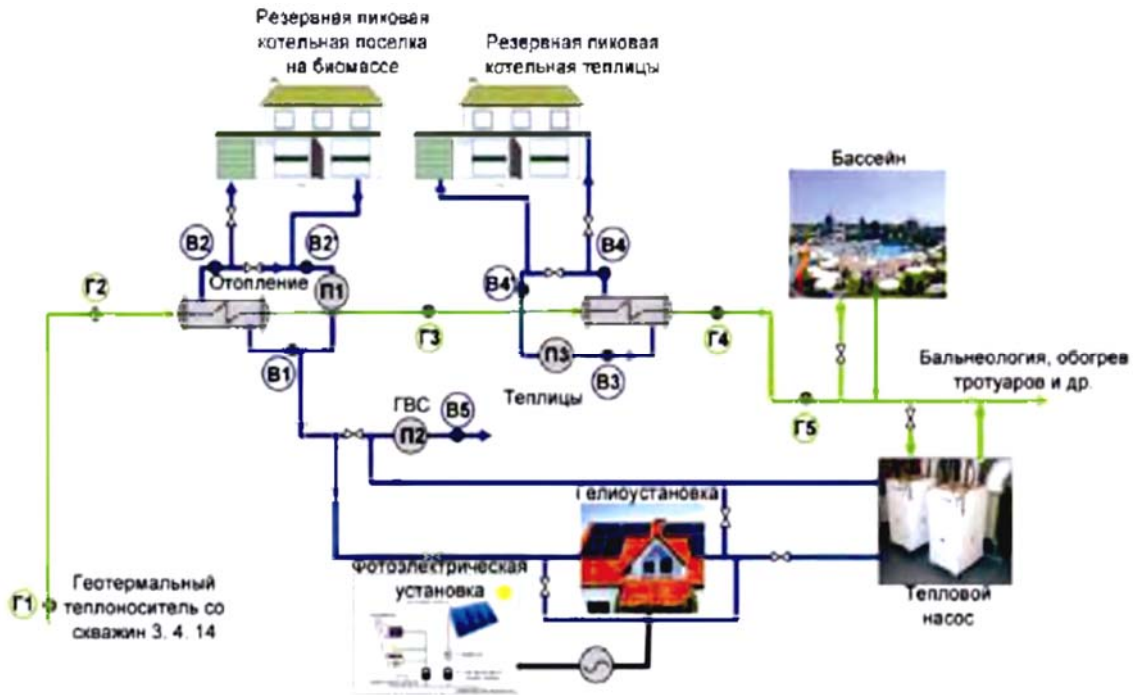


Рис. 1. Комплексная система теплоснабжения поселка Розовый
Fig. 1. Integrated heating system of the Rozoviy settlement

На рис. 1 представлена комплексная система теплоснабжения поселка Розовый на возобновляемых источниках энергии.

На рис. 2 показано оборудование геотермального центрального теплового пункта. Для стабилизации гидравлического режима геотермальной скважины 4Т построен насосный модуль. Магистральный геотермальный теплопровод Ду 150 мм проложен подземно в ППУ теплоизоляции от насосного модуля до геотермального центрального теплового пункта (ЦТП). При этом ЦТП обеспечивает половину расчетной тепловой нагрузки поселка по вновь построенным подземным теплосетям с ППУ теплоизоляцией с подключением 12 двухэтажных жилых домов. После срабатывания теплового потенциала теплоносителя в ЦТП со 100 °С до 70 °С он, по вновь построенному теплопроводу Ду 150 мм, направляется с использованием существующего трубопровода Ду 150 мм в существующий ЦТП для теплоснабжения одноэтажных домов. На первом этапе строительства геотермальная скважина 3Т продолжает работать на существующий ЦТП и теплицы [15-18].

Интерес к возобновляемым источникам энергии из года в год неуклонно растет на всех уровнях мирового сообщества. ВИЭ приобрели не только энергетическое и экологическое, но и мировое политическое значение. В наше время они уже вносят заметный вклад в глобальное потребление энергии, однако повышенный интерес к ним связывается, прежде всего, с надеждами на экологически безопасное и устойчивое энергоснабжение человечества в будущем [20].



Рис. 2. Оборудование геотермального центрального теплового пункта в пос. Розовом, Лабинский район Краснодарского края
Fig. 2. Equipment of geothermal central heat point in the Rozoviy settlement, Labinsk area, Krasnodar region

Помимо геотермальной энергетики широкое распространение в Краснодарском крае нашла гелиотермальная энергетика.

Краснодарский край имеет благоприятные климатические условия для использования солнечной энергии.

С апреля по сентябрь солнце светит в равнинной части края в течение 1520-1700 часов, а в горных районах – 1200-1300 часов.

При оценке гелиопотенциала важно знать не только фактическую продолжительность солнечного сияния, но и отношение фактической продолжительности к теоретически возможной. При этом наиболее ясными месяцами являются июль и август, когда на равнинной территории края солнце светит 65-70% светового дня.

В случае если для работы гелиоустановки необходима непрерывная продолжительность солнечного сияния в течение 8 или более часов, то такие условия в равнинной части Краснодарского края имеют место с мая по сентябрь, в южных предгорных районах этот диапазон сокращается до трех летних месяцев. Установки с необходимым интервалом облучения 5-6 часов могут благоприятно работать с апреля по октябрь.

Вероятность непрерывной продолжительности солнечного сияния более 8 часов составляет в январе от 1 до 10%, а в июле 50-60% (от числа случаев с непрерывным солнечным сиянием).

Из сказанного следует, что по результатам анализа данных солнечного сияния Краснодарский край благоприятен для использования солнечной энергии, однако при оценке эффективности работы гелиосистем того или иного класса основную роль играет не столько факт наличия солнечного сияния, сколько энергетическая мощность поступающей солнечной радиации.

Анализ среднемесячной облачности и среднемесячного прямого излучения солнца показал, что больше 50% времени в году в Краснодарском крае средняя облачность не превышает 55%, при этом среднемесячное прямое излучение солнечной энергии превышает 2 кВт/м² [21].

Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность на территории края приведена на рис. 3.

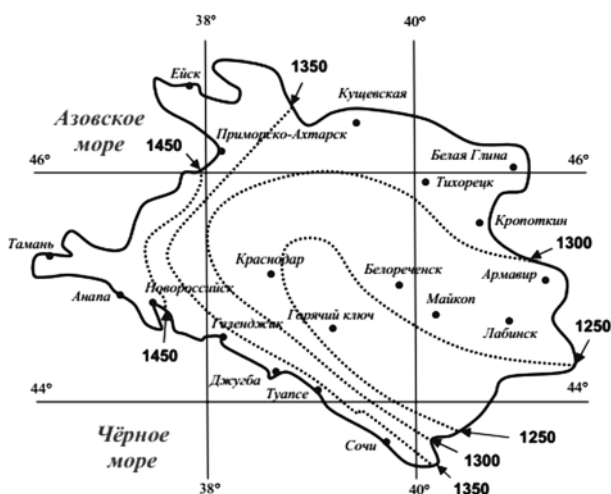


Рис. 3. Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность на территории Краснодарского края (кВт·ч/м²)
 Fig. 3. Summary solar radiation on horizontal surface on the territory of Krasnodar region (kW·h/m²)

Суммарная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность в течение года, составляет 1200-1400 кВт·ч/м². При использовании солнечной энергии для получения электрической выработка энергии фотоэлектрическими модулями составляет 150-200 кВт·ч/м². В современных экономических условиях целесообразно сооружение сезонных солнечных водонагревательных установок с работой в межотопительный период. Строительство таких установок для жилых домов, курортных и сельскохозяйственных установок позволит ежегодно замещать 1,5 млн т у.т. органического топлива, что составляет значение полуугодового краевого потребления энергетических ресурсов.

Из представленного рисунка видно, что Краснодарский край является перспективным регионом для использования солнечных электростанций и тепловых станций. В крае введены в эксплуатацию 10 солнечно-топливных котельных (рис. 4), построена и запущена солнечная электростанция в г. Усть-Лабинске Краснодарского края мощностью 18 кВт·ч.



Рис. 4. Солнечно-топливная котельная в г. Анапе Краснодарского края
 Fig. 4. Solar-heat boiler room in Anapa, Krasnodar region

Одна из таких котельных расположена в станице Старовеличковской Краснодарского края, первая очередь которой была запущена в 2004 г. Расчетный режим работы: апрель-октябрь. На кровле существующей котельной центральной районной больницы с двумя водогрейными котлами КС-1 общей установленной тепловой мощностью 2,32 МВт для обеспечения горячего водоснабжения смонтирована гелиоустановка с общей площадью 171,3 м². Ориентация СК – южная, угол наклона над уровнем горизонта – 30°. СК по условиям гидравлики сгруппированы в блоки с числом коллекторов 5-6 шт. Схема гелиоустановки – одноконтурная. В здании котельной установлено три теплоизолированных бака-аккумулятора вместимостью по 7 м³. Циркуляция воды при этом обеспечивается насосами ЦНЛ 32/100-1,1/2 (1 рабочий, 1 резервный) мощностью по 1,1 кВт. После 18.00 при пасмурной погоде при не-



обходимости вода догревается теплоносителем котлов в пластинчатом теплообменнике, после чего данный бак используется для горячего водоснабжения потребителей. В течение суток 1-2 бака работают с гелиоустановкой, из третьего осуществляется подача горячей воды потребителям [22].

В настоящее время широкое распространение получил способ преобразования солнечной энергии в тепловую при помощи солнечных коллекторов [23-26].

В крае эксплуатируется более 100 установок солнечного горячего водоснабжения общей площадью около 5000 м², среди которых большую часть составляют гелиоустановки пансионатов, санаториев и баз отдыха.

Подобным объектом является автоматизированная гелиоустановка горячего водоснабжения главного корпуса Сочинского гос. университета (рис. 5), разработанная и установленная специалистами Сочинского гос. университета на крыше здания главного корпуса [27-29].



Рис. 5. Гелиоустановка горячего водоснабжения СГУ
Fig. 5. Solar power plant for hot water supply SSU

Краснодарский край по своим климатическим и природным особенностям, с активно развивающейся экономикой, развитой сетевой инфраструктурой и наличием существенного дефицита энергоснабжения является одним из наиболее привлекательных регионов для развития возобновляемой энергетики.

Из-за дефицита Кубанской энергосистемы, а также в связи с повышением доли генерации тепловых электрических станций ввод экологически чистых и использующих возобновляемые природные ресурсы ветроэлектрических станций является чрезвычайно актуальным [30]. Краснодарский край имеет благоприятные климатические условия для использования ветровой энергии.

При поиске путей использования ветровой энергии для выработки электрической и тепловой энергии важным является оценка природных и технических ветроресурсов и районирование территории Краснодарского края по ветровому потенциалу.

На территории Краснодарского края эксплуатируется более 50 ветроустановок общей установленной мощностью около 250 кВт (рис. 6).



Рис. 6. Проектируемые ветроэнергетические парки Краснодарского края: 1 – «Ейск»; 2 – «Камышевский»; 3 – «Приморско-Ахтарск»; 4 – «Темрюк»; 5 – «Анапа»
Fig. 6. Designing wind-energetic parks of Krasnodar region: 1 – “Eyisk”; 2 – “Kamyshevsky”; 3 – “Primorsko-Akhtarsk”; 4 – “Temryuk”; 5 – “Anapa”

Анализ ветрового потенциала края показал, что строительство ветроэнергетических установок возможно на всей территории Краснодарского края, однако наиболее эффективным оно является в районах, прилегающих к побережью Азовского и северо-западной части Черного морей. По предварительной оценке скорости ветра на высоте 20 м экономически целесообразно сооружение комплекса общей установленной мощностью 900 МВт с годовой выработкой 3275 млн кВт·ч электрической энергии, что составляет 36% суммарной мощности всех подключенных потребителей региона. При оценке скорости ветра на высоте 30-60 м экономически целесообразно сооружение 4 комплексов на побережье Черного и Азовского морей общей установленной мощностью 1080 МВт с использованием ветроэлектростанций мощностью 1,8 МВт суммарной годовой выработкой энергии 14200 млн кВт·ч (при коэффициенте использования 0,45), что составляет 34,4% от краевого фактического годового потребления [31].

Что касается энергии биомассы, то ее использование в Краснодарском крае на сегодняшний день незначительно, несмотря на то, что регион обладает высоким потенциалом по использованию отходов агропромышленного и деревообрабатывающего комплексов [32].

Не менее перспективным для Краснодарского края является использование энергии малых рек с сооружением на них малых и микроГЭС, а также сооружение приливных электростанций: на основании прогноза Института энергетической стратегии РФ к 2030 г. установленная мощность данного вида энергоисточников по объему должна составлять 4 ГВт.



Необходимо отметить, что малая гидроэнергетика за последние десятилетия заняла устойчивое положение в качестве важной составляющей электроэнергетики многих стран мира. Большое количество малых ГЭС построено в Западной Европе, Австралии, Азии, Северной и Южной Америке. Лидирующая роль в строительстве объектов малой энергетики принадлежит Китаю, где суммарная установленная мощность малых ГЭС составляет 30,5 млн кВт, а в ряде стран установленная мощность последних превышает 1 млн кВт (США, Канада, Швеция, Испания, Франция, Италия).

Достоинством малых ГЭС является низкая абсолютная материалоемкость, короткий инвестиционный цикл. Они могут сооружаться практически на любых водных объектах, имеющих гидроэнергетический потенциал: на малых реках и ручьях, водосборных сооружениях мелиоративных систем, водосборах ТЭЦ, питьевых водоводах и др. [33, 34].

В Европейской части РФ имеется большое количество малых рек, которые формируют значительную часть стока России, при этом использование их энергетического потенциала доступными средствами оценивается в 100 млрд кВт·ч.

Накопленный в 50-60-е годы в бывшем СССР большой опыт энергетических ресурсов малых рек говорит о том, что сегодня он должен быть востребован. В то время страна занимала ведущее место в мире по сооружению малых ГЭС – 6,5 тыс. станций. Однако в настоящее время в России в рабочем состоянии осталась лишь малая часть малых и микроГЭС, построенных в 50-60 годах XX века.

Возросший интерес к малой гидроэнергетике связан с тем, что в промышленно развитых районах, особенно в Европейской части России, исчерпаны возможности крупного гидроэнергетического строительства, что также связано с преодолением негативной реакции на экологические последствия такого строительства. Кроме того, малое гидростроительство, ведущееся, как правило, в границах естественного колебания уровней водотока, практически не наносит экологического ущерба.

Наиболее эффективным направлением является реконструкция и восстановление ранее существовавших, но впоследствии выведенных из эксплуатации малых ГЭС (МГЭС). Это направление также может быть перспективным в Краснодарском крае, где они могут быть реконструированы на новом техническом уровне. На ряде малых ГЭС сохранились гидротехнические сооружения и подпертые бьефы, которые используются в рекреационных, водохозяйственных, мелиоративных целях, что упрощает задачу восстановления объектов и снимает ряд задач, связанных с экологией.

Особое внимание в технической политике для малых и микроГЭС должно быть направлено на дальнейшее совершенствование проектов с целью упрощения компоновки ГЭС; использование местных материалов, в том числе дерева, для плотин и

водоводов, снижение стоимости строительства; разработку конструктивных решений, обеспечивающих работу рукавных микроГЭС в зимний период; создание свободно-поточных погружных и наплавных микроГЭС мощностью 1; 2; 5; 10 кВт.

При этом требования, которым должны отвечать малые гидростанции, следующие: назначенный ресурс 100 тыс. ч, возможность длительной работы без технического обслуживания не менее 250 ч, полная автоматизация всех технологических процессов с возможностью ручного управления, быстрота пуска, возможность гибкого маневрирования, блочная поставка, компактность, минимальный штат обслуживающего персонала.

Покрытие дефицита электроэнергии в регионе требует развития местных генерирующих мощностей для резервирования и получения электроэнергии. Одним из основных направлений развития электроэнергетики в рассматриваемой перспективе следует иметь в виду освоение потенциала малой гидроэнергетики.

Основная часть предполагаемых к проектированию малых ГЭС Краснодарского края располагается в горных, удаленных районах, на концевых участках ЛЭП, в районах ненадежного энергоснабжения. При этом малые ГЭС могут рассматриваться в качестве аварийного резерва мощности при отключении энергоснабжения района.

Одним из таких сооружений является Краснополянская ГЭС общей мощностью 28,8 МВт, расположенная на реке Мзымте, поселок Красная поляна (рис. 7) [35, 36].



Рис. 7. Краснополянская ГЭС, Краснодарский край
Fig. 7. Krasnaya Polyana HPS, Krasnodar region

Строительство малых ГЭС будет также способствовать укреплению хозяйственной базы прилегающих к строительству районов, улучшению местного транспортного обеспечения, энергоснабжения и связи.

Ряд предполагаемых к проектированию малых ГЭС находится на территории Республики Адыгея.

Сооружение этих объектов будет способствовать укреплению энергетической базы республики, самообеспечению ее конечными энергоносителями. Возможное строительство таких малых ГЭС окажет существенное влияние на развитие изолированных районов, стимулируя их рекреационное и хозяйственное использование.

Выводы

Комплексное использование термальных вод, включающее в себя теплоснабжение, горячее водоснабжение, выработку электроэнергии, извлечение ценных микроэлементов, бальнеологию, производство сельхозпродукции (рыба, овощи, птица) и строительных материалов повысит их эффективность.

Совместный анализ метеорологических и радиационных параметров с учетом физико-географических особенностей территорий определил на территории Краснодарского края 5 однородных радиационно-климатических зон: 1 – северная часть Черноморского побережья (Анапа – Тамань) и побережье Азовского моря; 2 – побережье Черного моря от Анапы до Адлера; 3 – равнинные районы Краснодарского края; 4 – предгорные районы до горы Фишт; 5 – горные районы от верховья реки Мзымта до горы Фишт.

Практически существенное снижение радиационных показателей наблюдается в пятой зоне.

Основной недостаток при эксплуатации гелиоустановок, наиболее часто встречающийся на территории Краснодарского края, – гололедные образования и туманы, в первой и третьей зонах отмечаются пыльные бури в период с февраля по апрель.

Следует отметить, что каждый из рассмотренных видов ресурсов обладает своими преимуществами и недостатками, которые необходимо учитывать при выборе источника энергии. Однако для всех характерно неравномерное поступление энергии в течение времени. Наибольшая зависимость от неравномерности поступающей энергии заметна для солнечной энергетики, где поступление энергии зависит не только от времени года и от части суток, но и от прозрачности атмосферы и погодных условий. Все это приводит к необходимости создания средств, предназначенных для выравнивания интенсивности поступления энергии от солнечной радиации к потребителю, и способов накопления и хранения этой энергии.

Список литературы

1. Гайтов Б.Х. Состояние и перспективы развития электроэнергетики России. Технические и технологические системы. Материалы шестой международной научной конференции ТТС-14. Сборник материалов. Краснодар: ФВУНЦ ВВС ВВА, 2014. С. 5-15.

Краснодарский край имеет достаточно благоприятные климатические условия для использования ветровой энергии. В связи с изысканием путей использования ветровой энергии для выработки электрической и тепловой энергии важным является оценка природных и технических ветроресурсов и районирование территории края по ветровому потенциалу, такая работа должна способствовать рациональному и оптимальному использованию ветроресурсов в Краснодарском крае.

Следует рассматривать возможности восстановления и проектирования малых ГЭС как объекты, обеспечивающие более полное использование богатейшего энергопотенциала района, а также в качестве энергосберегающего фактора и фактора улучшения состояния воздушной среды.

Освоение технического потенциала малой гидроэнергетики Кубани, составляющего порядка 10 млрд кВт·ч, позволит вытеснить из топливно-энергетического баланса примерно 1,2 млн т органического топлива. Это также скажется на смягчении экологической ситуации в регионе за счет сокращения количества выбросов вредных веществ в атмосферу.

Основная часть проектируемых малых ГЭС располагается в горных, удаленных районах, на концевых участках ЛЭП, в районах ненадежного энергоснабжения. В связи с этим малые ГЭС могут рассматриваться в качестве аварийного резерва мощности при отключении энергорайона от объединенной электросети.

Строительство малых ГЭС будет способствовать укреплению хозяйственной базы прилегающих к строительству регионов, улучшению местного транспортного обеспечения, энергоснабжения и связи. Проектируемые малые ГЭС окажут существенное влияние на развитие изолированных районов, стимулируя их рекреационное и хозяйственное использование.

Наконец, малая гидроэнергетика выгодно отличается от других источников энергии, прежде всего независимостью от конъюнктуры непрерывно растущих цен на топливо, потребностью в небольших единовременных вложениях средств, дающих быструю отдачу, по сравнению с другими нетрадиционными источниками энергии, а также надежностью инвестирования капитала.

References

1. Gajtov B.H. Sostoiãnie i perspektivy razvitiã èlektroènergetiki Rossii. Tehnièeskie i tehnologièeskie sistemy. Materialy šestoj meždunarodnoj naučnoj konferencii TTS-14. Sbornik materialov. Krasnodar: FVUNC VVS VVA, 2014. S. 5-15.



2. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» // Российская газета – Федеральный выпуск. №4680. 2008.
3. World Energy Outlook 2012. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org/>. 20.12.2014.
4. Ватт на все времена // Российская газета – Федеральный выпуск. №4835. 2014.
5. Гарькавый К.А., Цыганков Б.Х. Анализ тенденций развития традиционных и возобновляемых источников энергии // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2014. Вып. № 46. С. 207-212.
6. Амерханов Р.А., Цыганков Б.К., Бегдай С.Н., Кириченко А.С., Милованов И.В., Куличкина А.А. Перспективы использования возобновляемых источников энергии // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2013. № 42. С. 185-189.
7. Фортов В.Е., Попель О.С. Состояние развития возобновляемых источников в мире и в России // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 4.
8. Трубилин А.И., Амерханов Р.А., Перекотий Г.П., Богдан А.В., Бутузов В.А. Образование и подготовка специалистов по возобновляемым источникам энергии при использовании энергетического аудита и менеджмента // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2008. № 1. С. 12-19.
9. Томаров Г.В. Тенденции и перспективы развития геотермальной энергетики. Возобновляемые источники энергии: Курс лекций. Вып. 7. М.: Университетская книга, 2012. С 113-130.
10. Шетов В.Х., Бутузов В.А. Перспективы развития энергетики Краснодарского края // Академия энергетики. 2004. № 2.
11. Гарькавый К.А., Цыганков Б.К. Энергетические ресурсы России // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2014. № 4 (179). С. 46-52.
12. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Потапенко И.А., Харченко П.М., Гарькавый К.А., Адауров Е.А., Чернышев А.И., Бегдай С.И., Крыжановский В.Г. Развитие энергообеспечения АПК Краснодарского края // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. № 11. С. 4.
13. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Бутузов В.А. Перспективы развития энергетики Краснодарского края при использовании возобновляемых источников энергии // Энергосбережение и водоподготовка. 2005. № 3. С. 52-55.
14. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 2009.
15. Поваров О.С., Томаров Г.В. Развитие геотермальной энергетики в России и за рубежом // Теплоэнергетика. 2006. № 3.
2. Ukaz Prezidenta RF ot 4 iúnâ 2008 g. № 889 «O nekotoryh merah po povyšeniû ènergetičeskoj i èkologičeskoj èffektivnosti rossijskoj èkonomiki» // Rossijskaâ gazeta – Federal'nyj vypusk. №4680. 2008.
3. World Energy Outlook 2012. Èlektronnyj resurs. Režim dostupa: <http://www.worldenergyoutlook.org/>. 20.12.2014.
4. Vatt na vse vremena // Rossijskaâ gazeta – Federal'nyj vypusk. №4835. 2014.
5. Gar'kavyj K.A., Cygankov B.H. Analiz tendencij razvitiâ tradicionnyh i vozobnovlâemyh istočnikov ènergii // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2014. Vyp. № 46. S. 207-212.
6. Amerhanov R.A., Cygankov B.K., Begdaj S.N., Kiričenko A.S., Milovanov I.V., Kuličkina A.A. Perspektivy ispol'zovaniâ vozobnovlâemyh istočnikov ènergii // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2013. № 42. S. 185-189.
7. Fortov V.E., Popel' O.S. Sostoânie razvitiâ vozobnovlâemyh istočnikov v mire i v Rossii // Teplo-ènergetika. 2014. № 6. S. 4.
8. Trubilin A.I., Amerhanov R.A., Perekotij G.P., Bogdan A.V., Butuzov V.A. Obrazovanie i podgotovka specialistov po vozobnovlâemym istočnikam ènergii pri ispol'zovanii ènergetičeskogo audita i menedžmenta // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2008. № 1. S. 12-19.
9. Tomarov G.V. Tendencii i perspektivy razvitiâ geotermal'noj ènergetiki. Vozobnovlâemye istočniki ènergii: Kurs lekcij. Vyp. 7. M.: Universitetskaâ kniga, 2012. S 113-130.
10. Šetov V.H., Butuzov V.A. Perspektivy razvitiâ ènergetiki Krasnodarskogo kraâ // Akademiâ ènergetiki. 2004. № 2.
11. Gar'kavyj K.A., Cygankov B.K. Ènergetičeskie resursy Rossii // Izvestiâ vysših učebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriâ: Tehničeskie nauki. 2014. № 4 (179). S. 46-52.
12. Amerhanov R.A., Bogdan A.V., Potapenko I.A., Harčenko P.M., Gar'kavyj K.A., Adadurov E.A., Čer-nyšev A.I., Begdaj S.I., Kryžanovskij V.G. Razvitie ènergoobespečeniâ APK Krasnodarskogo kraâ // Mehanizaciâ i èlektrifikaciâ sel'skogo hozâjstva. 2004. № 11. S. 4.
13. Amerhanov R.A., Bogdan A.V., Butuzov V.A. Perspektivy razvitiâ ènergetiki Krasnodarskogo kraâ pri ispol'zovanii vozobnovlâemyh istočnikov ènergii // Ènergobereženie i vodopodgotovka. 2005. № 3. S. 52-55.
14. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Gar'kavyj K.A. Voprosy teorii i innovacionnyh rešenij pri ispol'zovanii gelioènergetičeskijh sistem. M.: Ènergoatomizdat, 2009.
15. Povarov O.S., Tomarov G.V. Razvitie geotermal'noj ènergetiki v Rossii i za rubežom // Teploènergetika. 2006. № 3.



16. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Бутузов В.В., Гнатюк И.С. Исследование и разработка геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка и теплиц. Возобновляемые источники энергии: материалы научной молодежной школы с международным участием / под общей ред. А.А. Соловьева. М.: Университетская книга, 2008. Ч. 1. С. 76-83.

17. Бутузов В.А., Томаров Г.В., Брянцева Е.В., Бутузов В.А. Исследования и проектирование геотермальной системы теплоснабжения // Теплоэнергетика. 2010. № 4.

18. Амерханов Р.А., Куличкина А.А. Геотермальная энергия // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2014. Вып. № 46. С. 226-229.

19. Амерханов Р.А., Вербицкая С.В., Куличкина А.А., Милованов М.И. Преимущества использования геотермальной энергии в системах тепло- и электро-снабжения // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2014. Вып. № 48. С. 132-146.

20. Попель О.С. О разработке концепции создания научно-производственного кластера по возобновляемой энергетике на юге России. Возобновляемые источники энергии: Курс лекций. Вып. 7. М.: Университетская книга, 2012. С. 36-45.

21. Бутузов В.А. Учет интенсивности солнечной радиации при проектировании гелиоустановок // Теплоэффективные технологии. 2001. № 3. С. 24-25.

22. Бутузов В.А. Солнечно-топливная котельная в Анапе // Промышленная энергетика. 2004. № 2.

23. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Султанов Г.А. Экономическая целесообразность разработки новых конструкций солнечных коллекторов // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2010. Вып. №3 (24). С. 139-143.

24. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Бутузов В.В., Гнатюк И.С. Перспективы развития возобновляемой энергетике при использовании комплексных гелиоустановок малой мощности // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2010. Вып. №3 (24). С. 188-196.

25. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Бершицкий Ю.И. Об экономическом и энергетическом обосновании с использованием гелиоустановок // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2010. Вып. №4 (25). С. 156-161.

26. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Брянцева Е.В. Опыт и условия эксплуатации и оптимизации гелиоэнергетических установок в Краснодарском крае // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Технические науки. 2011. № 3. С. 40-43.

27. Бутузов В.А. Перспективы солнечного теплоснабжения в России // Академия энергетике. 2014. № 1 (57). С. 56-58.

28. Амерханов Р.А., Вербицкая С.В., Куличкина А.А., Милованов М.И. Возможности использования солнечной энергии в Краснодарском крае // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2014. Вып. № 48. С. 146-150.

16. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Branceva E.V., Butuzov V.V., Gnatuk I.S. Issledovanie i razrabotka geotermal'noj sistemy teplosnabženiâ žilogo poselka i teplic. Vozobnovlâemye istočniki ènergii: ma-terialy naučnoj molodežnoj školy s meždunarodnym učastiem / pod obšej red. A.A. Solov'eva. M.: Universitetskaâ kniga, 2008. Č. 1. S. 76-83.

17. Butuzov V.A., Tomarov G.V., Branceva E.V., Butuzov V.A. Issledovaniâ i proektirovanie geotermal'noj sistemy teplosnabženiâ // Teploènergetika. 2010. № 4.

18. Amerhanov R.A., Kuličkina A.A. Geotermal'naâ ènergijâ // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2014. Vyp. № 46. S. 226-229.

19. Amerhanov R.A., Verbickaâ S.V., Kuličkina A.A., Milovanov M.I. Preimušestva ispol'zovaniâ geo-termal'noj ènergii v sistemah teplo- i èlektrosnabženiâ // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2014. Vyp. № 48. S. 132-146.

20. Popel' O.S. O razrabotke koncepcii sozdaniâ naučno-proizvodstvennogo klastera po vozobnovlâemoj ènergetike na ŭge Rossii. Vozobnovlâemye istočniki ènergii: Kurs lekcij. Vyp. 7. M.: Universitetskaâ kniga, 2012. S. 36-45.

21. Butuzov V.A. Učet intensivnosti solnečnoj radiacii pri proektirovanii gelioustanovok // Teploèffektivnye tehnologii. 2001. № 3. S. 24-25.

22. Butuzov V.A. Solnečno-toplivnaâ kotel'naâ v Anape // Promyšlennaâ ènergetika. 2004. № 2.

23. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Sultanov G.A. Èkonomičeskaâ celesoobraznost' razrabotki novyh konstrukcij solnečnyh kollektorov // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2010. Vyp. №3 (24). S. 139-143.

24. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Branceva E.V., Butuzov V.V., Gnatuk I.S. Perspektivy razvitiâ vozobnovlâemoj ènergetiki pri ispol'zovanii kompleksnyh gelioustanovok maloj mošnosti // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2010. Vyp. №3 (24). S. 188-196.

25. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Beršickij Ū.I. Ob èkonomičeskom i ènergetičeskom obosnovanii s ispol'zovaniem gelioustanovok // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2010. Vyp. №4 (25). S. 156-161.

26. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Branceva E.V. Opyt i usloviâ èkspluatácii i optimizacii geliònergetičeskih ustanovok v Krasnodarskom krae // Izv. vuzov Sev.-Kavk. region. Tehničeskie nauki. 2011. № 3. S. 40-43.

27. Butuzov V.A. Perspektivy solnečnogo teplosnabženiâ v Rossii // Akademiâ ènergetiki. 2014. № 1 (57). S. 56-58.

28. Amerhanov R.A., Verbickaâ S.V., Kuličkina A.A., Milovanov M.I. Vozmožnosti ispol'zovaniâ solnečnoj ènergii v Krasnodarskom krae // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2014. Vyp. № 48. S. 146-150.



29. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Брянцева Е.В. Опыт и условия эксплуатации и оптимизации гелиоэнергетических установок в Краснодарском крае // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2011. № 3. С. 40-43.

30. Ермоленко Г.В. Проект строительства ветроэлектростанции установленной мощностью 60 МВт на территории п. Мирный Ейского района Краснодарского края. Возобновляемые источники энергии: Курс лекций. Вып. 7. М.: Университетская книга, 2012. С. 186–212.

31. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Вербицкая С.В., Гарькавый К.А. Проектирование систем энергообеспечения / под ред. Р.А. Амерханова. М.: Энергоатомиздат, 2010.

32. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М., 2003.

33. Амерханов Р.А., Трубилин А.И., Гарькавый К.А. Необходимость решения проблемы экономики энергетических ресурсов путем использования современных энергосберегающих технологий // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2012. № 36. С. 281-283.

34. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Перспективы развития малой гидроэнергетики Краснодарского края // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 6. С. 5-7

35. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А., Бегдай С.Н. Возможности использования потенциала гидроэнергетических ресурсов Краснодарского края. Возобновляемые источники энергии: материалы научной молодежной школы с международным участием / под общей ред. А.А. Соловьева. М.: Университетская книга, 2008. Ч. 1. С. 28-34.

36. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Состояние и возможности потенциала гидроэнергетических ресурсов рек и водохранилищ Краснодарского края // Труды Кубанского госагроуниверситета. 2008. Вып. №5 (14). С. 179-183.

29. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Brânceva E.V. Opyt i usloviâ ekspluatácii i optimizacii gelioenergetičeskikh ustanovok v Krasnodarskom krae // Izv. vuzov. Severo-Kavkazskij region. Seriâ: Tehničeskie nauki. 2011. № 3. S. 40-43.

30. Ermolenko G.V. Proekt stroitel'stva vetroëlektrostantsii ustanovlennoj mošnost'û 60 MVt na territorii p. Mirnyj Ejskogo rajona Krasnodarskogo kraâ. Vozobnovlâemye istočniki ènergii: Kurs lekcij. Vyp. 7. M.: Universitetskaâ kniga, 2012. S. 186–212.

31. Amerhanov R.A., Bogdan A.V., Verbickaâ S.V., Gar'kavyj K.A. Proektirovanie sistem ènergoobespečeniâ / pod red. R.A. Amerhanova. M.: Ènergoatomizdat, 2010.

32. Amerhanov R.A. Optimizaciâ sel'skohožâjstvennyh ènergetičeskikh ustanovok s ispol'zovaniem vozobnovlâemyh vidov ènergii. M., 2003.

33. Amerhanov R.A., Trubilin A.I., Gar'kavyj K.A. Neobhodimost' rešeniâ problemy èkonomii ènergetičeskikh resursov putem ispol'zovaniâ sovremennyh ènergosberegaùših tehnologij // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2012. № 36. S. 281-283.

34. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Gar'kavyj K.A. Perspektivy razvitiâ maloj gidroènergetiki Krasnodarskogo kraâ // Ènergosbereženie i vodopodgotovka. 2008. № 6. S. 5-7

35. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Gar'kavyj K.A., Begdaj S.N. Vozmožnosti ispol'zovaniâ potenciala gidroènergetičeskikh resursov Krasnodarskogo kraâ. Vozobnovlâemye istočniki ènergii: materialy nauč-noj molodežnoj školy s meždunarodnym učastiem / pod obšej red. A.A. Solov'eva. M.: Universitetskaâ kniga, 2008. Č. 1. S. 28-34.

36. Amerhanov R.A., Butuzov V.A., Gar'kavyj K.A. Sostoânie i vozmožnosti potenciala gidroènergetičeskikh resursov rek i vodohraniliš Krasnodarskogo kraâ // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. 2008. Vyp. №5 (14). S. 179-183.

Транслитерация по ISO 9:1995

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОАГРЕГАТНЫХ БЛОКОВ ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГЭС

Г.Л. Козинец

ОАО «Ленгидропроект»
197227 Санкт-Петербург, пр. Испытателей, д. 22
Тел.: (812) 395-29-01, факс: (812) 394-44-26, e-mail: galina4410@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 10.07.15 Заключение совета экспертов: 13.07.15 Принято к публикации: 16.07.15

В статье представлена история проблемы обоснования надежности гидроузлов, математического моделирования уникальных гидроэнергетических объектов. Выполнена оценка параметров стальной оболочки и арматуры турбинных водоводов высоконапорных ГЭС по нормативным документам. Представлена методика многослойного пространственного моделирования водопроводящих трактов и определены ее преимущества.

Ключевые слова: гидроагрегатный блок, математическая модель, конечно-элементный анализ, турбинный водовод, многослойная модель, водопроводящий тракт, стальная оболочка, арматура, бетон.



SUBSTANTIATION OF PROJECT PARAMETERS OF HYDRAULIC UNITS OF HIGH-HEAD TURBINES

G.L. Kozinets

“Lenhydroproject” LLC
22 Ispytateley Ave., St.-Petersburg, 197227, Russia
Tel.: (812) 395-29-01, fax: (812) 394-44-26, e-mail: galina4410@yandex.ru

Referred: 10.07.15 Expertise: 13.07.15 Accepted: 16.07.15

This paper presents a history of substantiation of hydraulic units reliability, mathematical simulation of unique hydro-power objects. Based on legal regulations, the authors performed parameters evaluation of a steel case and armature of penstocks of high-head turbines. A method of multi-layer spatial simulation of water pathways is presented in the paper, its advantages are determined.

Keywords: hydraulic unit, mathematical model, finite-element analysis, penstock, multi-layer model, water pathway, steel case, armature, concrete.



Галина Леонидовна
Козинец
Galina L. Kozinets

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство» СПбСТУ, начальник отдела расчетных обоснований ОАО «Ленгидропроект».

Образование: Ленинградский политехнический институт (1986).

Область научных интересов: разработка методов и математических моделей гидроагрегатных блоков ГЭС для рационального проектирования.

Публикации: 25, 3 патента РФ.

Information about the author: Ph.D., Assistant Professor at the chair “Hydroeconomics and Hydraulic Construction” at SPbSTU, Head of Calculation Substantiations Department at “Lenhydroproject” LLC.

Education: Leningrad Polytechnical Institute (1986).

Research area: development of methods and mathematical models of hydraulic units for rational design.

Publications: 25, including 2 patents of RF.

Введение

Современное развитие крупной гидроэнергетики в мире ориентируется, как правило, на высоконапорные ГЭС с высокой единичной мощностью гидротурбинного оборудования. Уникальные параметры элементов высоконапорных водопроводящих трактов позволяют обеспечить высокие технико-экономические характеристики гидроузла и производства электроэнергии. Одной из важнейших проблем при проектировании таких объектов является обеспечение прочности и безопасной эксплуатации элементов водопроводящего тракта, оборудования, гидроагрегатного блока и сооружения в целом. Аварийные ситуации на гидроузлах всегда сопряжены с огромными материальными, экологическими и социальными ущербами, поэтому разработка принципиально новых проектных и технических решений по обоснованию параметров гидроагрегатных блоков на основе современных компьютерных методов пространственного математического моделирования элементов и сооружений и их внедрение в практику проектирования представляет собой крайне важную и актуальную проблему. В этой связи компанией «РусГидро» в апреле 2010 г. принята «Программа безопасной эксплуатации гидроэнергетических объектов», которая получила приоритетное развитие на ближайшее десятилетие. Особое внимание в этой программе уделяется высоконапорным гидроэлектростанциям с напором выше 100 м, таким как Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного, Чиркейская ГЭС, Ирганайская ГЭС, Зарамагская ГЭС, Бурейская ГЭС, Зейская ГЭС, аварии на которых могут приводить к особенно тяжелым последствиям.

В настоящее время проектирование высоконапорных гидроагрегатных блоков и их водопроводящих трактов регламентируется нормативно-методическими документами, разработанными, в основном, в 70-80-х годах XX-го века. При этом действующая нормативная база, обеспечивая в целом достаточно высокий технический уровень проектных решений, но основанный на раздельном моделировании элементов, конструкций и процессов в гидроагрегатном блоке, не соответствует современным требованиям проектирования и расчетных обоснований высоконапорных гидроэнергетических объектов. Подобный фрагментарный подход не учитывает в полной мере влияния на водопроводящий тракт гидродинамических нагрузок от движущегося потока воды и работающего оборудования, не позволяет проводить комплексное расчетное обоснование элементов и конструкций в трехмерной постановке, затрудняет оценку остаточного ресурса прочности конструкций эксплуатируемого объекта при отклонениях от проектных решений. Современные компьютерные технологии и программные комплексы позволяют решать многовариантные задачи на основе пространственного математического моделирования элементов, конструкций, процессов водопроводящего тракта с

учетом широкого спектра факторов, ранее не рассматриваемых, либо учитываемых упрощенно.

В настоящее время пока не сложилось единого нормативного и методологического подхода к проектированию гидроэнергетических объектов, особенно высоконапорных, на основе пространственного численного моделирования, позволяющего оценить работоспособность гидроагрегатных блоков при экстремальных воздействиях.

Перечисленные проблемы являются существенными препятствиями на пути повышения безопасности гидроэлектростанций в целом и обеспечении выдачи гарантированной мощности потребителю.

Следует отметить, что основанная А.А. Морозовым в Ленинградском Политехническом институте кафедра «Использование водной энергии» положила начало формированию научной базы для исследований гидроагрегатных блоков. Начиная с 1964 года, под руководством Ю.С. Васильева успешно решались задачи по определению параметров объектов гидроэнергетики на ЭВМ ЕС1022. Тем самым была создана основа для математического моделирования уникальных гидроэнергетических объектов с использованием компьютерной техники. В этой связи следует отметить труды Н.В. Арефьева, Ю.С. Васильева, В.И. Виссарионова, Л.И. Кубышкина, А.А. Морозова, М.П. Федорова, Д.С. Щавелева, Б.А. Соколова [1-6].

Вместе с тем, использование современных программных комплексов делает возможным исследование объектов без создания их макета, путем решения задачи для математической конечно-элементной модели, адекватной реальному сооружению, что позволяет уменьшить период проектирования, материальные расходы и оптимизировать проектные параметры конструкции в соответствии с критериями прочности [7, 8].

Оценка параметров турбинных водоводов по нормативным документам

Российские нормативные документы не регламентируют детальное моделирование водопроводящих трактов высоконапорных ГЭС, работающих в условиях нелинейного поведения бетона, расчет сталежелезобетонного элемента сводится к определению суммарного нормального усилия в данном элементе из условия разделения усилия между стальной оболочкой и арматурой: $N_{\Sigma} = N_{ст} + N_a$, где N_{Σ} , $N_{ст}$, N_a – суммарное усилие, усилие в стальной оболочке, усилие в арматуре соответственно.

Суммарное усилие в элементе определяется по котельной формуле:

$$N_{\Sigma} = qr, \quad (1)$$

где q – давление воды внутри трубы, r – радиус трубы.



Котельную формулу для нормальных напряжений растяжения при наступлении предельного состояния в оболочке можно представить в виде

$$\sigma = qr/\delta, \quad (2)$$

где σ – суммарные нормальные напряжения растяжения; δ – суммарная толщина стальной оболочки и арматуры.

Площадь расчетной кольцевой арматуры сталежелезобетонных водоводов вычисляется по формуле

$$A_s \geq \frac{N_\Sigma \gamma_{lc} \gamma_n - \gamma_c \gamma_s A_{st} R_{st}}{\gamma_c \gamma_s R_s}, \quad (3)$$

где R_{st} , R_s – расчетные сопротивления стали оболочки и арматуры соответственно; γ_{lc} , γ_n , γ_c , γ_s – коэффициенты сочетаний нагрузок, условий работы, надежности по назначению для класса сооружения, условий работы арматуры соответственно; A_s , A_{st} – расчетное сечение арматуры и стальной оболочки соответственно; N_Σ – суммарное усилие в элементе.

Расчет арматуры выполняется из условия достижения в стальной оболочке предельного состояния по пределу текучести. Такой расчет целесообразен на начальной стадии проектирования и только для водоводов.

По нормам РусГидро, в модель включается бетонная оболочка, и площадь расчетной кольцевой арматуры сталежелезобетонных водоводов вычисляется по формуле

$$A_s \geq \frac{N_\Sigma \gamma_{lc} \gamma_n}{\gamma_c \gamma_s R_s}. \quad (4)$$

При этом чтобы получить напряжения в стальной оболочке, рекомендуется снизить начальный модуль упругости бетона в радиальном направлении, то есть наделить бетон водовода ортотропными свойствами, в предположении продольных (вдоль оси водовода) трещин. Напряжения в бетоне при таком моделировании снижаются, и по уровню пониженных напряжений выполняется расчет усилий в арматуре:

$$N_a = \frac{|\sigma_{\text{низ}} + \sigma_{\text{верх}}|}{2} h, \quad (5)$$

где $\sigma_{\text{низ}}$ и $\sigma_{\text{верх}}$ – напряжения низа и верха сечения бетонной оболочки; h – толщина бетонной оболочки.

Предлагаемая нормами РусГидро схема моделирования является приближенной, так как снижение модуля упругости бетона на фиксированную величину достаточно условно. Кроме того, такая схема применима лишь для турбинных водоводов, а пространственные блоки спиральных камер не входят в условия данной схематизации и остаются не охваченными. В этой связи предложен принципиально новый подход к построению модели. Суть метода заключается в подробном многослойном моделиро-

вании всех несущих элементов водопроводящих трактов. Этот способ позволяет еще на этапе проектирования получить оптимальные толщины стальной оболочки и площади арматуры из условия их совместной работы.

Постановка задачи пространственного многослойного моделирования

Пространственная численная модель водопроводящего тракта строится из условия физических особенностей материалов при включении в модель многослойных элементов оболочки с различными геометрическими и физическими параметрами на каждом слое. При этом численное моделирование основано на совместной работе всех составляющих элементов водопроводящего тракта с привлечением аппарата общей трехмерной теории напряжений и деформаций.

С математической точки зрения, расчет сооружения выполняется при решении краевых задач для системы разрешающих уравнений, включающих

– уравнения равновесия:

$$[\Phi]^T \{\sigma\} = \{G_v\}, \quad (6)$$

– геометрические уравнения (Коши):

$$\{\varepsilon\} = [\Phi]\{u\}, \quad (7)$$

– определяющие (физические) уравнения – закон Гука:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad (8)$$

где $[\Phi]$ – матрица дифференциальных операторов; $\{G_v\} = \{X(x, y, z), Y(x, y, z), Z(x, y, z)\}$ – вектор-функция объемных сил; $[D]$ – матрица механических характеристик материала размером 6×6 . Разрешающие уравнения относительно неизвестных перемещений:

$$[\Phi]^T [D] [\Phi] \{u\} = \{G_v\}. \quad (9)$$

Уравнения дополнены граничными условиями – кинематическими и статическими.

В основу конечно-элементной модели сталежелезобетона принят неоднородный конечный элемент оболочки, жесткость которого $[K]$ определена в виде суммы жесткостей стали $[K_{ст}]$, арматуры $[K_a]$ и бетона $[K_б]$:

$$[K] = [K_{ст}] + [K_a] + [K_б]. \quad (10)$$

Уравнения равновесия узлов системы в предположении физической линейности задачи, когда свойства материалов не зависят от достигнутого уровня напряжений и деформаций, имеют вид

$$[K]\{U\} = \{F\}. \quad (11)$$



Учет физической нелинейности трещиноватого бетона, расположенного между стальной оболочкой и слоями арматуры, реализован с помощью задания диаграммы деформирования бетона с применением шагово-итерационного метода Ньютона – Рафсона.

Метод описывается итерационными вычислениями уравнения

$$[\mathbf{K}_i]\{\Delta \mathbf{u}_i\} = \{\mathbf{F}^a\} - \{\mathbf{F}_i^r\}, \quad (12)$$

где $[\mathbf{K}_i]$ – матрица жесткости системы элементов; $\{\Delta \mathbf{u}_i\}$ – вектор приращений перемещений узлов; $\{\mathbf{F}^a\}$ – вектор узловых сил; $\{\mathbf{F}_i^r\}$ – вектор невязки узловых сил, соответствующий вектору перемещений узлов конструкции $\{\mathbf{u}_i\}$; индекс i – номер итерации.

Последовательность вычислений следующая:

1) в течение каждого шага нагружения и итерации вычисляется матрица жесткости $[\mathbf{K}_i]$ и вектор невязки узловых сил $\{\mathbf{F}_i^r\}$, соответствующие вектору перемещений $\{\mathbf{u}_i\}$ (для начальной итерации $\{\mathbf{u}_i\} = \{0\}$; $\{\mathbf{F}_i^r\} = \{0\}$);

2) вычисляется вектор приращений перемещений узлов $\{\Delta \mathbf{u}_i\}$;

3) определяется вектор перемещений $\{\mathbf{u}_{i+1}\} = \{\mathbf{u}_i\} + \{\Delta \mathbf{u}_i\}$;

4) повторяются предыдущие шаги итерации до сходимости (12);

5) Условием сходимости является или $\|\{\mathbf{F}\} - \{\mathbf{F}_i^r\}\| < v_F$ или $\|\{\Delta \mathbf{u}_i\}\| < v_u$, где v – погрешность вычислений при каждом приращении нагрузок.

Последовательность пространственного моделирования водопроводящих трактов можно представить в следующем виде:

1) Массивный бетон пространственной модели гидроагрегатного блока разбивается на объемные конечные элементы. Элементы бетона задаются со свойствами нелинейности.

2) Сталежелезобетонный водопроводящий тракт моделируется плоскими многослойными элементами оболочки с приведенными слоями, эквивалентными начальному диаметру кольцевой и торовой арматуры и с внутренним слоем стальной оболочки начальной толщины.

3) В процессе решения задачи начальные толщины всех слоев модели меняются до получения оптимальных параметров, основанных на условии равновесности стальной оболочки и внутреннего слоя арматуры при выполнении принципов предельных состояний.

Алгоритм пространственного моделирования справедлив как для турбинных водоводов, так и для блоков спиральных камер.

Сегмент турбинного водовода изображен на рис. 1.

При послойном моделировании учтены все составляющие водовода:

1. Стальная оболочка толщиной $\delta_{ст}$, радиусом трубы r .

2. Защитный слой бетона с ортотропными свойствами ($E_{r1} < E_{01} < E_{нач.}$).

3. Приведенный слой внутренней кольцевой арматуры.

4. Приведенный слой внутренней торовой арматуры.

5. Внутренний слой бетона с ортотропными свойствами ($E_{r2} < E_{02} < E_{нач.}$).

6. Приведенный слой наружной кольцевой арматуры (при ее наличии).

7. Приведенный слой наружной торовой арматуры (при ее наличии).

8. Защитный слой бетона с ортотропными свойствами ($E_{r3} < E_{03} < E_{нач.}$).

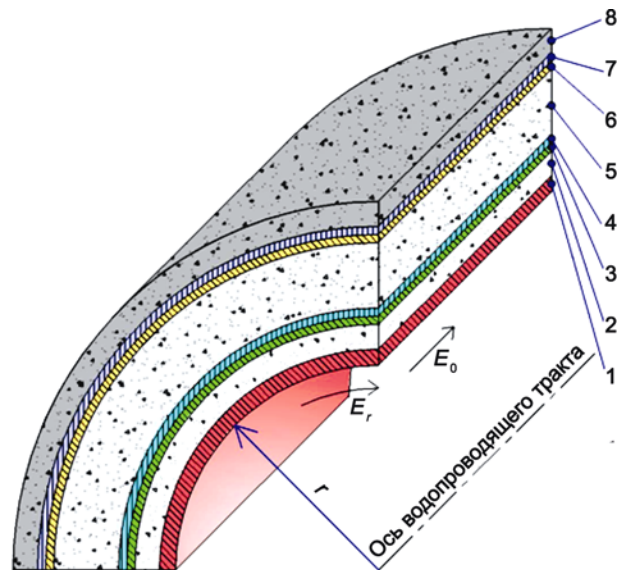


Рис. 1. Сегмент турбинного водовода
Fig. 1. Penstock segment

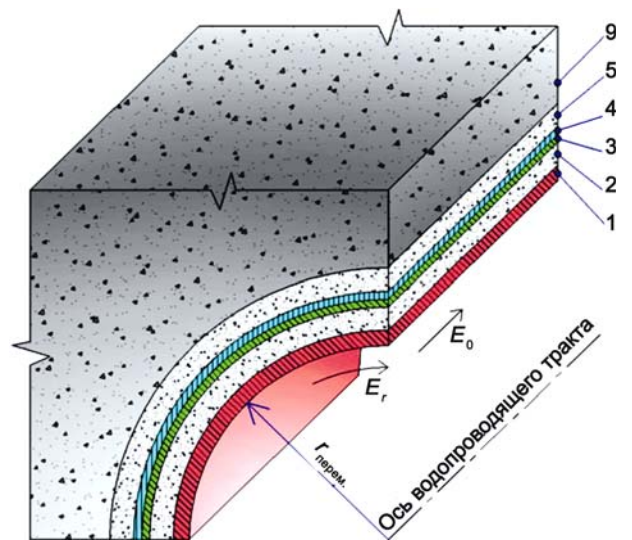


Рис. 2. Сегмент водопроводящего тракта в массивном бетоне
Fig. 2. Water channel segment in massive concrete

Модель водопроводящего тракта, расположенного в массивном бетоне (сегмента спиральной камеры или турбинного водовода в бетонном массиве-бычке), представлена на рис. 2. При послойном моделировании учтены все составляющие водопроводящего тракта, переходящие в спиральную камеру с п.1 по п.5 и добавлен п.9 – бетон блока спиральной камеры без трещин.

Выводы

Основные преимущества метода многослойного моделирования:

1. Новый способ моделирования водопроводящих трактов предполагает решение задачи в пространственной постановке для обоснования надежности любых ГЭС.

2. Численное моделирование основано на совместной работе всех составляющих элементов водопроводящего тракта.

3. На основании полученных значений расчетных напряжений в стальной оболочке и арматуре осуществляется рациональный подбор толщин оболочки и арматуры на этапе проектирования гидроагрегатного блока.

Список литературы

1. Арефьев Н.В., Соколов Б.А. Расчет гидравлического удара явным методом конечных разностей // Труды ЛПИ. 1978. Вып. 361. С. 30-32.
2. Васильев Ю.С., Виссарионов В.И., Кубышкин Л.И. Решение гидроэнергетических задач на ЭВМ (Элементы САПР и АСНИ). М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Васильев Ю.С., Кубышкин Л.И. Компьютерные технологии проектирования гидроэнергетических объектов // Энергетика, гидротехника. Сб. научных трудов. Труды СПбГТУ № 475. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. С. 30-42.
4. Васильев Ю.С. Основы и методы расчетов оптимальных параметров водопроводящих сооружений ГЭС / Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1973.
5. Экономика гидротехнического и водохозяйственного строительства / Под ред. Щавелева Д.С. М.: Стройиздат, 1986.
6. Морозов А.А. Использование водной энергии. Л.-М., 1948.
7. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996.
8. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н. О построении более совершенной модели деформирования железобетона с трещинами при плоском напряженном состоянии. II Всероссийская (Международная) конференция по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – пути развития». 5-9 сентября, 2005, М. С. 431-444.

References

1. Aref'ev N.V., Sokolov B.A. Rasčet gidravličeskogo udara ávnyim metodom konečnyh raznostej // Trudy LPI. 1978. Vyp. 361. S. 30-32.
2. Vasil'ev Ū.S., Vissarionov V.I., Kubyškin L.I. Rešenie gidroènergetičeskikh zadač na ÈVM (Èlementy SAPR i ASNI). M.: Ènergoatomizdat, 1987.
3. Vasil'ev Ū.S., Kubyškin L.I. Komp'úternye tehnologii proektirovaniâ gidroènergetičeskikh ob"ektov // Ènergetika, gidrotehnika. Sb. naučnyh trudov. Trudy SPbGTU № 475. SPb.: Izd-vo SPbGTU, 1998. S. 30-42.
4. Vasil'ev Ū.S. Osnovy i metody rasčetrov optimal'nyh parametrov vodoprovodâših sooruženij GÈS / Avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk. L., 1973.
5. Èkonomika gidrotehničeskogo i vodohozâjstvennogo stroitel'stva / Pod red. Šaveleva D.S. M.: Strojizdat, 1986.
6. Morozov A.A. Ispol'zovanie vodnoj ènergii. L.-M., 1948.
7. Karpenko N.I. Obšie modeli mehaniki železobetona. M.: Strojizdat, 1996.
8. Karpenko N.I., Karpenko S.N. O postroenii bolee soveršenoj modeli deformirovanii železobetona s trešinami pri ploskom naprâžennom sostoâanii. II Vserossijskaâ (Meždunarodnaâ) konferenciâ po betonu i železobetonu «Beton i železobeton – puti razvitiâ». 5-9 sentâbrâ, 2005, M. S. 431-444.

Транслитерация по ISO 9:1995



ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ В ВОДОПРОВОДЯЩЕМ ТРАКТЕ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС ПРИ ЗАКРЫТИИ РЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ

Г.Л. Козинец

ОАО «Ленгидропроект»
197227 Санкт-Петербург, пр. Испытателей, д. 22
Тел.: (812) 395-29-01, факс: (812) 394-44-26, e-mail: galina4410@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 10.07.15 Заключение совета экспертов: 13.07.15 Принято к публикации: 16.07.15

В статье представлена методика определения ударного давления в турбинном водоводе при закрытии регулирующих устройств. Приведена система разрешающих уравнений, описывающая неустановившееся движение жидкости в водопроводящем тракте ГЭС. Определены гидродинамические нагрузки на примере водопроводящего тракта Саяно-Шушенской ГЭС. Рекомендовано время закрытия аварийно-ремонтного затвора при одновременном закрытии направляющего аппарата турбины для минимального превышения давления.

Ключевые слова: водопроводящий тракт, направляющий аппарат, ударная волна, турбинный водовод, пульсации, гидродинамические нагрузки, напорные турбинные водоводы, изменение скорости течения.

HYDRODYNAMIC LOADS IN WATER CHANNEL OF SAYANO-SHUSHENSKAYA HYDROPOWER PLANT AT CLOSING REGULATOR DEVICE AND HYDRAULIC IMPACT

G.L. Kozinets

“Lenhydroproject” LLC
22 Ispytateley Ave., St.-Petersburg, 197227, Russia
Tel.: (812) 395-29-01, fax: (812) 394-44-26, e-mail: galina4410@yandex.ru

Referred: 10.07.15 Expertise: 13.07.15 Accepted: 16.07.15

This paper presents a shock pressure determination method in a penstock at regulator devices closing. A system of resolving equations that describe a nonsteady motion of liquid in water channel of hydropower plant is described in the paper. Hydrodynamic loads are determined based on the example of Sayano-Shushenskaya hydropower plant water channel. For minimum pressure excess, the authors recommend the time of emergency-repair gate closure at simultaneous closing of a guide vane.

Keywords: water channel, guide vane, shock wave, penstock, pulsations, hydrodynamic loads, pressure penstock, flow rate change.



Галина Леонидовна
Козинец
Galina L. Kozinets

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство» СПбСТУ, начальник отдела расчетных обоснований ОАО «Ленгидропроект».

Образование: Ленинградский политехнический институт (1986)/

Область научных интересов: разработка методов и математических моделей гидроагрегатных блоков ГЭС для рационального проектирования.

Публикации: 25, 3 патента РФ.

Information about the author: Ph.D., Assistant Professor at the chair “Hydroeconomics and Hydraulic Construction” at SPbSTU, Head of Calculation Substantiations Department at “Lenhydroproject” LLC.

Education: Leningrad Polytechnical Institute (1986).

Research area: development of methods and mathematical models of hydraulic units for rational design.

Publications: 25, including 2 patents of RF.

Введение

Течение воды в водопроводящем тракте ГЭС характеризуется изменением давления во времени, что аналогично волновым процессам в упругой среде. При этом модель среды является моделью с распределенными параметрами. Одной из практических задач является решение основного уравнения неустановившегося движения жидкости, связанного с явлением гидравлического удара в турбинном водоводе.

Физика процесса заключается в том, что при закрытии лопаток направляющего аппарата (НА) скорость воды, натолкнувшейся на лопатки НА, будет погашена, а их кинетическая энергия перейдет в работу деформации стенок трубопровода и воды. При этом стенки трубы растягиваются, а жидкость сжимается в соответствии с увеличением давления на величину $\Delta P_{уд}$. Ударная волна распространяется в сторону водоприемника со скоростью c . Вода и стенки трубы предполагаются упругими, поэтому они возвращаются к прежнему состоянию, соответствующему давлению P_0 . Работа деформации полностью переходит в кинетическую энергию, и жидкость в трубе приобретает первоначальную скорость v_0 , но направленную теперь в противоположную сторону. Весь цикл гидравлического удара повторится. При напорном неустановившемся движении расход в данный момент времени во всех сечениях потока одинаков. В этом случае работа сил давления ΔA равна изменению энергии ΔE , то есть $\Delta A = \Delta E$.

Методика определения ударного давления в турбинном водоводе при закрытии регулирующих устройств

В уравнения, описывающие течение сжимаемой жидкости, входят: уравнение сохранения количества движения (Навье-Стокса), уравнения неразрывности (выражающие физический закон сохранения массы), уравнение, описывающее сохранение энергии, и уравнение состояния. Уравнение сохранения количества движения (Навье-Стокса) записывается в виде

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = \rho F_i - \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x_i} (\mu \operatorname{div}(\vec{v})) + \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\mu \left(\frac{dv_i}{dx_k} + \frac{dv_k}{dx_i} \right) \right], \quad (1)$$

где v_i – составляющая вектора скорости жидкости на ось x_i ; t – время; ρ – плотность жидкости; μ – коэффициент кинематической вязкости жидкости.

Вместе с тем необходимо отметить, что для турбулентных течений приведенная выше система уравнений замыкается при помощи формул, которые следуют из полуэмпирических теорий. В результате применения этих теорий в уравнениях Навье-Стокса появляются дополнительные константы или же функции, которые могут быть найдены только из эмпирических данных.

В то же время реальную трехмерную задачу рационально свести к одномерной, в которой неравномерно распределенные по сечению водовода гидродинамические характеристики потока считаются изменяющимися во времени только вдоль одной координаты – по длине трубопровода, а по его сечению все параметры считаются постоянными и равными некоторым средним значениям.

В этом случае система разрешающих уравнений, описывающая неустановившееся движение жидкости в водопроводящем тракте ГЭС, может быть записана в виде двух уравнений:

1. Динамического уравнения, получаемого из закона сохранения количества движения:

$$\partial v / \partial t = g (\partial p / \partial x), \quad (2)$$

где v – средняя по сечению скорость жидкости в трубопроводе; t – время; p – гидродинамическое давление; g – ускорение силы тяжести; x – координата расчетного сечения трубопровода.

2. Уравнения неразрывности потока жидкости, выражающего сохранение массы:

$$\partial v / \partial x = (g/c^2) (\partial p / \partial t), \quad (3)$$

где c – скорость распространения волны возмущения давления.

Уравнение сохранения энергии для напорного неустановившегося движения может быть представлено в виде [1]

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_f + h_i, \quad (4)$$

где z_1, z_2 – координаты, определяющие положение центров тяжести живых сечений в сечениях 1 и 2 от плоскости сравнения; γ – удельный вес жидкости; p_1, p_2 – гидродинамические давления в сечениях 1 и 2; α_1, α_2 – коррективы кинетической энергии в сечениях 1 и 2; h_f – потери, обусловленные гидравлическим сопротивлением и деформациями стенок водовода; h_i – инерционный напор.

Решение этой системы дифференциальных уравнений при задании соответствующих граничных и начальных условий позволяет найти все параметры, характеризующие рассматриваемое течение жидкости. Специализированные программы, реализующие решение гидродинамических задач течения жидкости, позволяют найти численное решение дифференциальных уравнений. При использовании метода конечных элементов дифференциальные уравнения переводятся в КЭ-уравнения для каждого элемента. КЭ-уравнения всех элементов образуют глобальную систему обычных дифференциальных уравнений или алгебраических уравнений с наложенными начальными или граничными условиями. Значения зависимых уравнений в узлах находятся решением полученной системы уравнений.

Для интегрирования по времени используется прямой метод Эйлера.

Поскольку главные уравнения задач на течение жидкости нелинейны, для решения системы нелинейных алгебраических уравнений, полученных при КЭ-дискретизации, используется итерационный метод решения Ньютона – Рафсона.

При нестационарном течении воды как сжимаемой жидкости в каждый момент времени Δt меняется скорость течения и гидродинамическое (ударное) давление внутри водопроводящего тракта, длина которого L измеряется от входного сечения водоприемника до входного сечения спиральной камеры. В каждой фиксированной точке потока скорость и давление являются функциями не только координат, но и времени, т.е.

$$v = v(x, y, z, t), \quad p = p(x, y, z, t). \quad (5)$$

За начальные принимаются условия установившегося движения воды

$$v = v_0, \quad p = p_0, \quad (6)$$

где v и p – скорость и давление в точке потока.

Повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока воды, характеризуется чередованием резких повышений и понижений давления $\Delta P_{уд}$, которое связано с упругими деформациями жидкости и стенок трубопровода.

Гидравлический удар возникает при резком открытии или закрытии устройств, управляемых потоком, а именно, затвора водоприемника и лопаток направляющего аппарата турбины. При этом стенки трубы растягиваются, а жидкость сжимается в соответствии с увеличением давления на величину ударного давления $\Delta P_{уд}$. В этом случае величина повышения давления воды при совместном постепенном закрытии лопаток направляющего аппарата и затвора водоприемника:

$$\Delta P_{уд} = \rho \gamma_v c (v_0 - v_t) + \Delta P_3 - h_f; \quad (7)$$

$$\Delta P_{уд} = \rho \gamma_v c (v_0 - v_t) + n_{\Delta s} \gamma_v (v_t^2 / 2g) - h_f, \quad (8)$$

где c – скорость распространения ударной волны, м/с; $\gamma_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды; v_0 – скорость течения воды в начальный момент времени, м/с; v_t – скорость течения воды в рассматриваемый момент времени, м/с; которая определяется по формуле

$$v_t = \pm \int_0^t (gh_1/L) dt. \quad (9)$$

Изменение давления, вызванное закрытием затвора водоприемника:

$$\Delta P_3 = n_{\Delta s} \gamma_v (v_t^2 / 2g), \quad (10)$$

где $n_{\Delta s}$ – коэффициент, учитывающий изменение площади и пропускной способности входного сечения, определяется по полуэмпирической формуле И.Е. Идельчика:

$$n_{\Delta s} = 1 - (S_i/S_0), \quad (11)$$

где S_0 и S_i – площадь водоприемного отверстия в начальный момент времени и в рассматриваемый момент времени соответственно, м^2 ; $n = S_i/S_0$ – степень сужения площади сечения при закрытии затвора водоприемника; h_f – потери энергии, обусловленные гидравлическим сопротивлением и деформациями водовода (приняты равными 5%).

Скорость распространения ударной волны для случая водовода с упругими стенками:

$$c = \sqrt{K/\rho_v} \frac{1}{\sqrt{1+(D/\delta)(K/E)}}, \quad (12)$$

где K – модуль упругости воды; E – модуль упругости оболочки; D – диаметр водовода; δ – толщина оболочки.

Время, за которое ударная волна пройдет весь водовод от затвора водоприемника до входного сечения в спиральную камеру и обратно:

$$\tau_0 = 2L/c. \quad (13)$$

При изменении величины раскрытия лопаток направляющего аппарата изменяется режим пульсации в водопроводящем тракте. Полное закрытие лопаток соответствует увеличению давления при гидравлическом ударе, частичное закрытие наблюдается при нормальной эксплуатации и вызывает пульсацию. Наибольшее влияние на формирование пульсаций при изменении давления $\Delta P_{уд}$ в напорных водоводах ГЭС при гидравлическом ударе оказывают следующие параметры: время закрытия регулирующих устройств (затвора водоприемника, лопаток направляющего аппарата), скорость потока воды в течение закрытия, геометрические параметры (длина, диаметр и толщина оболочки) водовода, модуль упругости оболочки водовода.

Определение гидродинамических нагрузок выполнено на примере водопроводящего тракта Саяно-Шушенской ГЭС.

Сталежелезобетонные турбинные водоводы вынесены на низовую грань и имеют переменный уклон. Жесткая связь с низовой гранью обеспечена штроблением плоскости контакта и выпусками армокаркасов из бетона плотины в железобетонную оболочку водоводов.

Диаметр живого сечения водоводов составляет 7,5 м. Металлическая облицовка водоводов имеет переменную толщину и выполнена из стали 09Г2С.

Толщина железобетонной оболочки – 1,5 м. В железобетонной оболочке использован бетон класса В20.



Напорные турбинные водоводы Саяно-Шушенской ГЭС имеют переменные по длине жесткостные характеристики. Это связано с условиями статической работы конструкции и особенностями производства работ на этапе возведения.

В связи с переменной жесткостью гашение энергии гидравлического удара и скорость распространения ударной волны на разных участках водовода будет различной. Примем допущение, что жесткость водовода неизменна по длине. При этом в качестве эталонного примем участок напорного водовода секции № 16 (первый гидроагрегат (ГА)) с толщиной металлической оболочки 36 мм. Выбор наиболее жесткого участка наклонной части водовода и задание его характеристик на расчетную модель осуществлены в запас.

Приведенный модуль упругости рассматриваемого участка водовода $E = 3,6 \cdot 10^{10}$ Па.

В расчете приняты следующие допущения:

- вода рассматривается как сжимаемая жидкость;
- силы трения по длине и потери энергии на локальные гидравлические сопротивления (повороты оси водовода) не учитываются;

– вопросы устойчивости колебаний масс не учитываются;

– в качестве расчетной схемы принят водовод диаметром 7,5 м и толщиной оболочки, равной 1,5 м;

– оболочка водовода принята упругой;

– время закрытия НА составляет 12,5 с (см. режим 2);

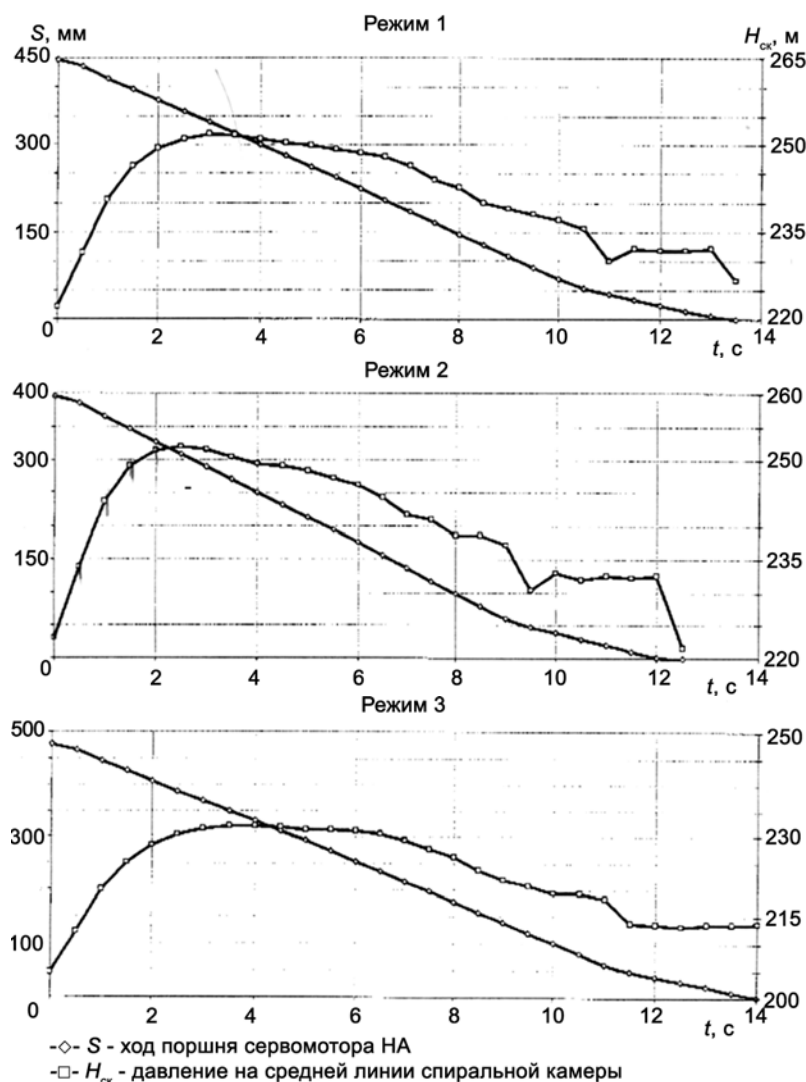
– рассматривается сечение водовода перед конфузуром спиральной камеры;

– изменение давления по длине водовода пропорционально удалению от верхнего бьефа сечения. Избыточное давление во входном сечении водоприемника принято равным нулю.

Расчеты гидродинамического давления в турбинном водоводе выполнены при различных сценариях закрытия лопаток направляющего аппарата и аварийно-ремонтного затвора водоприемника.

Согласно исследованиям ОАО «ЛМЗ», выделено три наиболее неблагоприятных режима закрытия лопаток направляющего аппарата.

На рис. 1 представлены графики хода штока сервомотора во времени для режимов закрытия НА № 1-3.



Режим 2 характеризуется максимальной величиной повышенного давления. При реализации режима 1 повышение давления в турбинном водоводе несколько меньше, но обладает большей продолжительностью.

1. При полном сбросе нагрузки 735 МВт при напоре $H = 219$ м (ВБ = 540 м), $Q = 320$ м³/с, время закрытия $t_3 = 13,5$ с (режим 1).

2. При полном сбросе нагрузки 650 МВт при напоре $H = 219$ м (ВБ = 540 м), $Q = 280$ м³/с, время закрытия $t_3 = 12,5$ с (режим 2).

3. При полном сбросе нагрузки 650 МВт при напоре $H = 194$ м (ВБ = 522,83 м), $Q = 340$ м³/с, время закрытия $t_3 = 14$ с (режим 3).

Максимальное превышение давления в турбинном водоводе выполнено для режима 2. Время закрытия направляющего аппарата $t_3 = 12,5$ с.

Рис. 1. Графики хода штока сервомотора во времени для режимов закрытия НА №1-3
Fig. 1. Diagrams of servomotor rod motion in time for guide vane closing regimes



В расчет включены: участок водовода, проложенный в теле плотины ($L_1 = 17,91$ м); участок водовода, проложенный по нижней грани ($L_2 = 60,68$ м); анкерная опора ($L_3 = 56,2$ м).

График изменения скорости течения воды в водоводе при закрытии направляющего аппарата для режима 2 представлен на рис. 2.

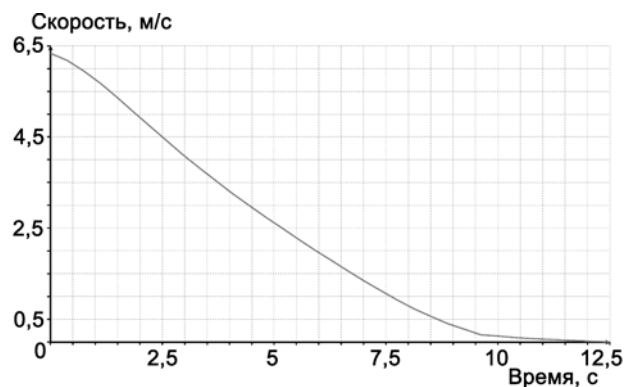


Рис. 2. График изменения скорости течения воды при закрытии лопаток НА в режиме 2
 Fig. 2. Diagram of water flow rate change at guide vane blades closing at the 2nd regime

Длина расчетного участка турбинного водовода, соединяющего верхний бьеф со зданием ГЭС, принята равной: $L_{общ} = 235$ м.

Внутренний диаметр напорного водовода 7,5 м.

Скорость воды в напорном водоводе перед входом в спиральную камеру определим для крайнего сечения трубопровода:

$$v_0 = Q_i / \omega_i \quad (14)$$

где $Q_i = 280$ м³/с – максимальный расход турбинного водовода при реализации режима 2; $\omega_i = 44,18$ м² – площадь живого сечения водовода.

$$v_0 = 280 / 44,18 = 6,34 \text{ м/с} . \quad (15)$$

Величина повышения давления при постепенном закрытии только лопаток направляющего аппарата определяется по формуле

$$P_{изб.i} = \rho_v c(v_0 - v_i) - h_f , \quad (16)$$

где h_f – потери энергии, обусловленные гидравлическим сопротивлением и деформациями водовода (приняты равными 5%).

Для принятых параметров водовода скорость распространения ударной волны составит

$$c = \sqrt{2,07 \cdot 10^9 / 10^3} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (7,5/1,5)(2,07 \cdot 10^9 / 3,6 \cdot 10^{10})}} = 1255,51 \text{ м/с} . \quad (17)$$

Время, за которое ударная волна, образующаяся в результате прикрытия лопаток направляющего аппа-

рата, дойдет до верхнего бьефа, отразится от него и вернется к НА, называется фазой гидроудара. Длительность фазы определяется по формуле

$$\tau_0 = 2L_{общ} / c , \quad (18)$$

где $L_{общ} = 235$ м – длина расчетного участка водовода.

Из (18) получим:

$$\tau_0 = 2 \cdot 235 / 1255,51 \approx 0,37 \text{ с} . \quad (19)$$

Так как время закрытия НА $t_3 = 12,5$ с > $\tau_0 = 0,37$ с, гидравлический удар является неполным: отраженная ударная волна приходит к открытым лопаткам.

Следовательно, закрытие НА нельзя считать мгновенным. Поэтому в трубопроводе с промежуток, равным длительности фазы, будут возникать волны повышенного и пониженного давления, которые будут накладываться друг на друга и приводить к переменным пульсациям давления по всей длине. В случае совместного закрытия НА и АРЗ на волны гидравлического удара будет накладываться отраженная волна, вызванная изменением площади входного сечения за счет опускания АРЗ. В зависимости от степени синхронности закрытия НА и АРЗ влияние отраженной волны может быть более или менее сильным. В расчетах примем наихудший вариант: отраженная волна от АРЗ полностью суммируется с волнами гидравлического удара (возможная сдвигка фаз не рассматривается).

Решение задачи выполнено графическим методом.

Суть метода заключается в построении графиков изменения давления за время $0 \leq t_i \leq t_3$, отвечающих функции $P_{изб.i}$. Откладывая данную функцию с интервалом, равным длительности фазы (τ_0), получаем чередующиеся области повышенного и пониженного давления. Для определения величины избыточного давления в любой момент времени достаточно просуммировать длины положительных и отрицательных отрезков по графику для данного момента времени.

Сценарий 1. Закрытие только лопаток НА за 12,5 с. Опускание АРЗ в спокойную воду.

На основе принятого закона распределения скоростей вычисляем величины избыточного давления воды для ряда временных отрезков в промежутке $0 \leq t_i \leq t_3$ с интервалом 0,37 с. Величина принятого интервала соответствует длительности фазы, поэтому на каждом интервале решение задачи по нахождению избыточного давления можно проводить для случая полного гидравлического удара.

Для определения величины изменения давления в момент времени t_i находим алгебраическую сумму отрезков, отсекаемых положительными и отрицательными полосами на вертикали, проведенной через соответствующую точку t_i на оси абсцисс. Графики функции $P_{изб.i}(t)$ графического метода изображены на рис. 3.



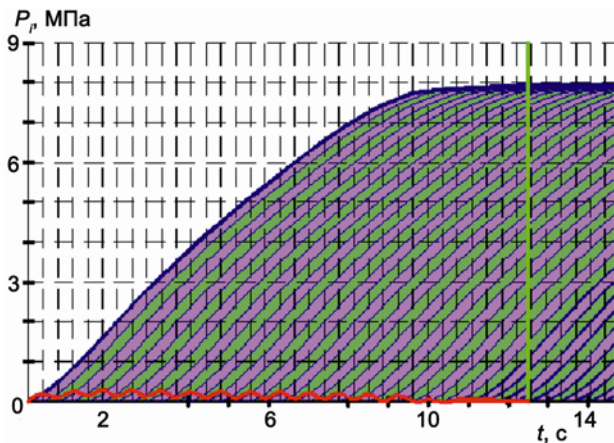


Рис. 3. График зависимости давления $P_{изб.}(t)$ от времени t
 Fig. 3. Time dependence of pressure $P_{изб.}(t)$

Фиолетовым цветом выделены области повышенного давления. Синим – области пониженного давления. Красной линией изображен график колебаний избыточного давления у НА.

Максимальное значение избыточного давления у НА составит 0,29 МПа.

График пульсаций давления у НА представлен на рис. 4.



Рис. 4. График пульсаций давления у НА ($t_s=12,5$ с; $Q = 280$ м³/с)
 Fig. 4. Diagram of pressure pulsations of guide vane ($t_s=12,5$ с; $Q = 280$ м³/с)

Максимальная величина избыточного давления при реализации сценария 1 (закрытие лопаток НА в текущей воде, опускание АРЗ в спокойную воду) составляет 0,2964 МПа.

Сценарий 2. Одновременное закрытие лопаток НА и АРЗ. Время закрытия АРЗ – 30 с.

Результирующее избыточное давление в данном случае представляет собой сумму избыточных давлений, вызванных закрытием лопаток НА и опусканием АРЗ. Максимальное значение избыточного давления у НА для сценария 2 составит 0,759 МПа. Учет влияния аэрационных труб позволяет добиться

снижения величин избыточного давления примерно на 3,5%. График пульсаций давления у НА для сценариев 1 и 2 представлен на рис. 5. Максимальная величина избыточного давления – при реализации сценария 2 (одновременное закрытие лопаток НА и АРЗ; время закрытия АРЗ – 30 с).

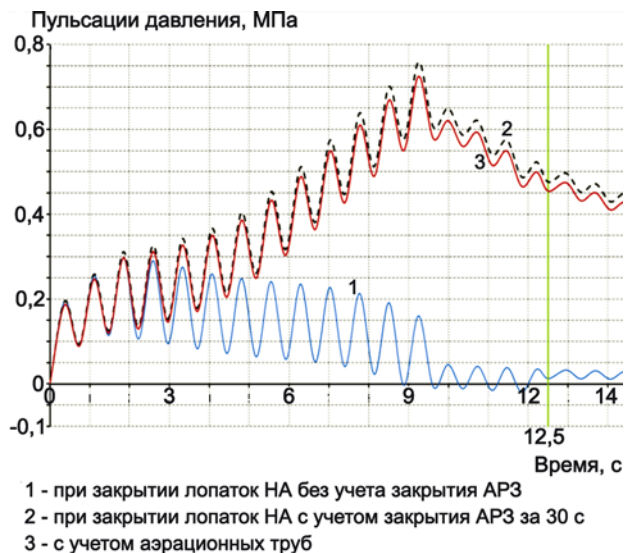


Рис. 5. График пульсаций давления у НА ($t_s = 12,5$ с; $Q = 280$ м³/с; $t_{sAP3} = 30$ с)
 Fig. 5. Diagram of pressure pulsations of guide vane ($t_s = 12,5$ с; $Q = 280$ м³/с; $t_{sAP3} = 30$ с)

Сценарий 3. Одновременное закрытие лопаток НА и АРЗ; время закрытия АРЗ – 120 секунд.

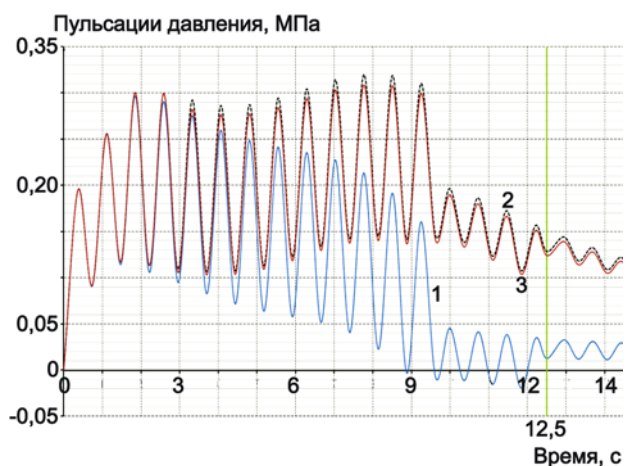


Рис. 6. График пульсаций давления у НА ($t_s = 12,5$ с; $Q = 280$ м³/с; $t_{sAP3} = 120$ с)
 Fig. 6. Diagram of pressure pulsations of guide vane ($t_s = 12,5$ с; $Q = 280$ м³/с; $t_{sAP3} = 120$ с)

Расчет результирующего избыточного давления для случая закрытия только лопаток НА будет осуществляться путем суммирования решений по интервалам. Результирующее избыточное давление в данном случае представляет собой сумму избыточных давлений, вызванных закрытием лопаток НА и опусканием АРЗ. Максимальное значение избыточного давления у НА для сценария 3 составит 0,3197 МПа. Учет влияния аэрационных труб позволяет добиться снижения величин избыточного давления примерно на 3,5%. График пульсаций давления у НА для сценариев 1 и 3 представлен на рис. 6.

Максимальная величина избыточного давления при реализации сценария 3 (одновременное закрытие лопаток НА и АРЗ; время закрытия АРЗ – 120 секунд, учет влияния аэрационных труб) составляет 0,3085 МПа.

Выводы

Гидравлические расчеты водопроводящего тракта Саяно-Шушенской ГЭС показали следующие величины превышения давления ΔP в турбинном водоводе в зависимости от времени закрытия АРЗ (аварий-

но-ремонтного затвора водоприемника) при закрытии НА (направляющего аппарата) 12,5 с:

1. $\Delta P = 0,76$ МПа, закрытие АРЗ – 30 с, 42% закрытия отверстия затвора.
2. $\Delta P = 0,51$ МПа, закрытие АРЗ – 60 с, 20,8% закрытия отверстия затвора.
3. $\Delta P = 0,38$ МПа, закрытие АРЗ – 90 с, 13,8% закрытия отверстия затвора.
4. $\Delta P = 0,32$ МПа, закрытие АРЗ – 120 с, 10,4% закрытия отверстия затвора.
5. Максимальная величина гидродинамического давления внутри трубопровода при гидравлическом ударе $\Delta P = 0,76$ МПа, УВБ отн. 539 м.
6. Рекомендовано время закрытия АРЗ 120 с, при закрытии НА – 12,5 с, ввиду минимального $\Delta P = 0,32$ МПа.

Список литературы (References)

1. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 1982. (Čugaev R.R. Gidravlika. L.: Ènergoizdat, 1982).

Транслитерация по ISO 9:1995





МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С КОНТРОЛЛЕРОМ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

С.Г. Обухов, И.А. Плотников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050 Томск, пр. Ленина, д. 30
Тел.: (3822) 563-501, e-mail: serob99@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 10.07.15 Заключение совета экспертов: 13.07.15 Принято к публикации: 16.07.15

В статье представлены результаты моделирования и исследования режимов работы солнечной фотоэлектрической станции с контроллером поиска точки максимальной мощности. Рассмотрены наиболее распространенные методы поиска точки максимальной мощности солнечных батарей: метод постоянного напряжения; метод напряжения холостого хода; метод короткого замыкания; метод случайных возмущений; метод приращения проводимости. Построена комплексная модель фотоэлектрической станции, включающей в себя солнечную батарею, силовой преобразователь с контроллером управления. Приведены результаты моделирования рабочих режимов системы при изменении солнечной инсоляции и температуры солнечной батареи.

Выполненный обзор различных методов поиска точки максимальной мощности солнечной батареи и анализ их функционирования при различных климатических условиях может быть полезен широкому кругу специалистов в области фотоэнергетики. Все предложенные модели компонентов фотоэлектрических систем реализованы в MATLAB/Simulink, что позволяет использовать их после несложной доработки для исследования систем произвольной конфигурации с другими типами преобразователей и контроллеров поиска точки максимума отбора мощности.

Ключевые слова: солнечный элемент, солнечная панель, фотоэлектрическая электростанция, контроллер поиска точки максимума отбора мощности, MATLAB.

MODELING AND STUDY OF MODES OF SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANT WITH A MAXIMUM POWER POINT TRACING CONTROLLER

S.G. Obukhov, I.A. Plotnikov

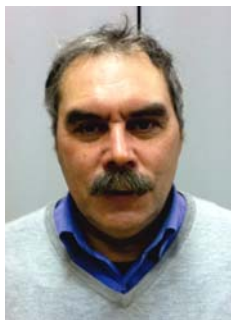
National Research Tomsk Polytechnic University
30 Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia
Tel.: (3822) 563-501, e-mail: serob99@mail.ru

Referred: 10.07.15 Expertise: 13.07.15 Accepted: 16.07.15

The results of modeling and investigation of solar photovoltaic power plant modes with maximum power tracking controller are represented. The most widespread methods for maximum power point tracking of solar panels are considered. The DC voltage method, no-load method, short circuit method, method of random disturbances and conductance increment method are reviewed. Complex photovoltaic plant model, including solar panel, power converter with controller, is created. The results of system's operating modes simulation when changing the insolation and the temperature of the solar cell are represented.

The review of the various methods to search for the maximum power of the solar cell conducted and the analysis of their performance under different climatic conditions can be useful for a wide circle of professionals in the field of photovoltaics. All the proposed models of photovoltaic systems components are implemented in MATLAB/Simulink, which allow their use after a simple revision for the investigation of any systems with other types of converters and maximum power tracking controllers.

Keywords: solar cell, solar panel, photovoltaic power plant, maximum power tracking controller, MATLAB.



Сергей Геннадьевич
Обухов
Sergey G. Obukhov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Образование: Томский политехнический институт (1985).

Область научных интересов: энергетика, возобновляемая энергетика.

Публикации: 83.

Information about the author: Doctor of Science (Technology), associate professor of the Department of electrical industries, National Research Tomsk Polytechnic University.

Education: Tomsk Polytechnic Institute (1985).

Research area: energy, renewable energy.

Publications: 83.



Игорь Александрович
Плотников
Igor A. Plotnikov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Образование: Томский политехнический институт (1984).

Область научных интересов: энергетика, возобновляемая энергетика, силовая электроника.

Публикации: 72.

Information about the author: PhD (Technology), associate professor of the Department of electrical industries, National Research Tomsk Polytechnic University.

Education: Tomsk Polytechnic Institute (1984).

Research area: energy, renewable energy, power electronics.

Publications: 72.



Введение

Фотоэлектрическое преобразование солнечного излучения является одной из самых перспективных технологий производства электрической энергии. В сравнении с другими технологиями возобновляемой энергетики ее конкурентными преимуществами являются доступность, большой срок службы, возможность создания генерирующих установок на широкий диапазон мощностей с максимальным приближением к объектам электропотребления. Рынок солнечной энергетики активно развивается, а фотоэлектрические станции (ФЭС) находят практическое применение в качестве источников питания самых разнообразных объектов в различных областях человеческой жизнедеятельности [1, 2].

В составе большинства современных ФЭС используется контроллер поиска точки максимальной мощности (ПТММ) (MPPT controller). Необходимость его применения вызвана тем, что вольт-амперные характеристики (ВАХ) солнечных батарей (СБ) являются нелинейными и изменяются в зависимости от значений солнечной инсоляции и температуры. В общем случае для каждой из возможных комбинаций величины температуры и интенсивности солнечного излучения на ВАХ имеется единственная точка максимальной мощности (ТММ), на которой

все компоненты электростанции могут работать с максимальной эффективностью, вырабатывая максимально возможную мощность. Работа в ТММ, обеспечиваемая контроллером ПТММ, позволяет увеличить выработку электроэнергии ФЭС на 15-25%.

Контроллер ПТММ представляет собой силовой преобразователь с экстремальной системой автоматического управления [3], которая, как правило, реализуется с использованием микропроцессорной техники. К настоящему времени разработано множество методов поиска ТММ СБ, часть из которых практически реализована и доступна для потребителя в коммерчески выпускаемых контроллерах ПТММ [4]. При этом известные методы поиска ТММ, а соответственно, и контроллеры, отличаются друг от друга по целому ряду показателей: количеству измерительных датчиков, сложности аппаратной реализации, скорости сходимости, диапазонам эффективной работы, стоимости и т.д. [4-6]. К сожалению, большинство представленных на рынке контроллеров ПТММ импортного производства. В современных условиях развития экономики, ориентированной на импортозамещение, актуальной является задача разработки отечественных контроллеров ПТММ для ФЭС.

Цель исследований, представленных в настоящей статье, состояла в моделировании и изучении режимов работы солнечной ФЭС с контроллером ПТММ.

Обзор известных методов поиска ТММ солнечных батарей

Известные методы поиска ТММ солнечных батарей можно разделить на две группы: косвенные и поисковые [5].

Наибольшее применение из косвенных методов поиска ТММ получили методы постоянного напряжения [7, 8], напряжения холостого хода [9, 10], тока короткого замыкания [7, 9], температурный метод [11, 12], метод вычисления максимума мощности [13, 14]. В косвенных методах выходная мощность СБ непосредственно не измеряется и, соответственно, ТММ может быть определена только с некоторым приближением. Однако косвенные методы надежны, просты в реализации и обеспечивают высокое быстродействие [15, 16].

К поисковым алгоритмам относится классический метод случайных возмущений [17, 18] и его многочисленные модификации [12, 19], метод приращения проводимости [20, 21], методы искусственного интеллекта, построенные на нечеткой логике [22, 23] и с применением нейронных сетей [23, 24], и др. [25, 26]. Поисковые методы позволяют более точно отслеживать ТММ, но их практическая реализация сложнее. Кроме того, поисковые методы могут приводить к ошибке нахождения направления поиска ТММ в условиях резкого изменения освещенности, а также определения глобального максимума мощности при частичном затемнении модулей СБ. В некоторых случаях применяют комбинированные методы, в которых используются как косвенные, так и поисковые алгоритмы [15, 16, 27]. Принцип работы наиболее популярных алгоритмов ПТММ описан в [5, 7, 10], результаты сравнения их характеристик представлены в [4, 6, 12, 15, 16, 26]. Рассмотрим наиболее популярные алгоритмы ПТММ, используемые в промышленных контроллерах.

Метод постоянного напряжения (constant voltage – CV) является самым простым из известных методов поиска ТММ солнечных батарей. Для управления преобразователем в данном методе используется сигнал рассогласования между текущим значением напряжения СБ V_{PV} и фиксированным опорным напряжением V_{REF} , величина которого принимается равной напряжению в ТММ V_{MPP} используемых фотоэлектрических модулей (из технической спецификации) или задается в соответствии с предполагаемыми внешними условиями: уровнем инсоляции и температуры. Метод основан на предположении, что вариации освещенности и температуры СБ в процессе эксплуатации незначительны и постоянное опорное напряжение обеспечивает хорошее приближение к реальному напряжению в ТММ. Таким образом, рабочая точка на характеристике СБ практически никогда не совпадает с реальной ТММ и неизбежны потери энергии. Блок-схема алгоритма CV представлена на рис. 1.

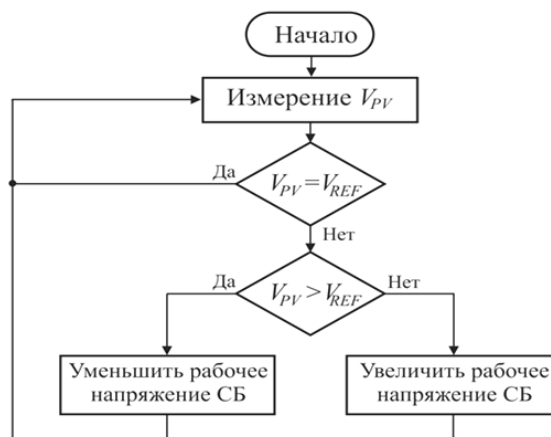


Рис. 1. Блок-схема алгоритма метода постоянного напряжения (CV)
Fig. 1. Algorithm of constant voltage (CV)

Анализ ВАХ фотоэлектрических модулей показывает, что влияние уровня освещенности на величину V_{MPP} незначительно, в то время как изменения температуры приводят к ее заметному смещению, обуславливая невысокую эффективность метода в условиях значительных колебаний температуры. В то же время важным достоинством метода является его эффективная работа в условиях низкой освещенности (на пологих характеристиках), благодаря чему его часто используют совместно с поисковыми алгоритмами.

Метод напряжения холостого хода (open voltage – OC) основан на линейной зависимости между напряжением в ТММ V_{MPP} и напряжением холостого хода V_{OC} солнечной батареи:

$$K \cong V_{MPP} / V_{OC} \quad (1)$$

Численное значение коэффициента пропорциональности K в (1) зависит от типа используемых в СБ фотоэлектрических модулей ($K = 0,73-0,8$) и может быть определено либо по данным технической спецификации модулей, либо расчетным путем для ожидаемых условий эксплуатации (во многих контроллерах величина коэффициента пропорциональности принимается неизменной и равной $K = 0,76$). Практическая реализация данного метода достаточно проста и может быть выполнена даже на аналоговых элементах. Алгоритм работы контроллера заключается в следующем: СБ периодически отключается от нагрузки для замера напряжения холостого хода, после чего рассчитывается выходное опорное напряжение СБ V_{REF} , соответствующее для текущих значений освещенности и температуры напряжению в точке максимальной мощности V_{MPP} . Затем с помощью управляемого преобразователя обеспечивается такая нагрузка СБ, при которой ее выходное напряжение будет соответствовать опорному, и в этом режиме ФЭС функционирует до следующего

измерения. Интервал между измерениями составляет от десятков секунд до нескольких минут (в некоторых моделях контроллеров имеется возможность его регулирования). Недостатками метода являются зависимость K от интенсивности излучения и температуры СБ, потери энергии в режимах измерения напряжения, нечувствительность к деградации и загрязнению солнечных панелей.

Принцип действия **метода тока короткого замыкания** (short current – SC) аналогичен предыдущему, но в нем используется зависимость между током короткого замыкания I_{SC} и током в ТММ I_{MPP} :

$$K \cong I_{MPP} / I_{SC} . \quad (2)$$

Величина коэффициента K определяется типом солнечной панели и, как правило, находится в интервале от 0,86 до 0,98 (в некоторых контроллерах принимается равной $K = 0,9$).

Для реализации данного метода необходим дополнительный ключ в выходной цепи СБ, который должен периодически замыкать ее накоротко. Это приводит к дополнительному рассеиванию энергии в СБ. К тому же величина K является зависимой от освещенности и температуры СБ, что приводит к дополнительным погрешностям в определении ТММ.

Идея алгоритма **метода случайных возмущений** (perturb and observe – PO) заключается в поиске ТММ за счет дискретного изменения величины рабочего напряжения фотоэлектрической панели (обеспечивается с помощью регулируемого преобразователя напряжения).

Входными сигналами контроллера являются текущие значения напряжения $V(k)$ и тока $I(k)$ солнечной панели, в качестве возмущающего сигнала используется результирующее изменение мощности ΔP за один рабочий цикл преобразователя. Блок-схема алгоритма данного метода представлена на рис. 2. Благодаря простоте реализации данный алгоритм получил наибольшее распространение в контроллерах ПТММ. К недостаткам метода следует отнести постоянные колебания рабочей точки вокруг ТММ. Кроме того, данный метод может приводить к ошибочным результатам в определении ТММ при резком изменении уровня освещенности и частичном затенении солнечной панели.

Принцип действия **метода приращения проводимости** (incremental conductance – IC) основан на равенстве мгновенной проводимости солнечной панели и производной проводимости в точке максимальной мощности.

Математические соотношения, поясняющие работу алгоритма метода приращения проводимости (IC), можно легко получить, продифференцировав мощность P солнечной батареи по напряжению V с учетом того, что производная в точке максимальной мощности обращается в нуль:

$$dP/dV = d(VI)/dV = I + V(dI/dV) = 0 . \quad (3)$$

Уравнение (3) можно представить в виде

$$dI/dV = -I/V . \quad (4)$$

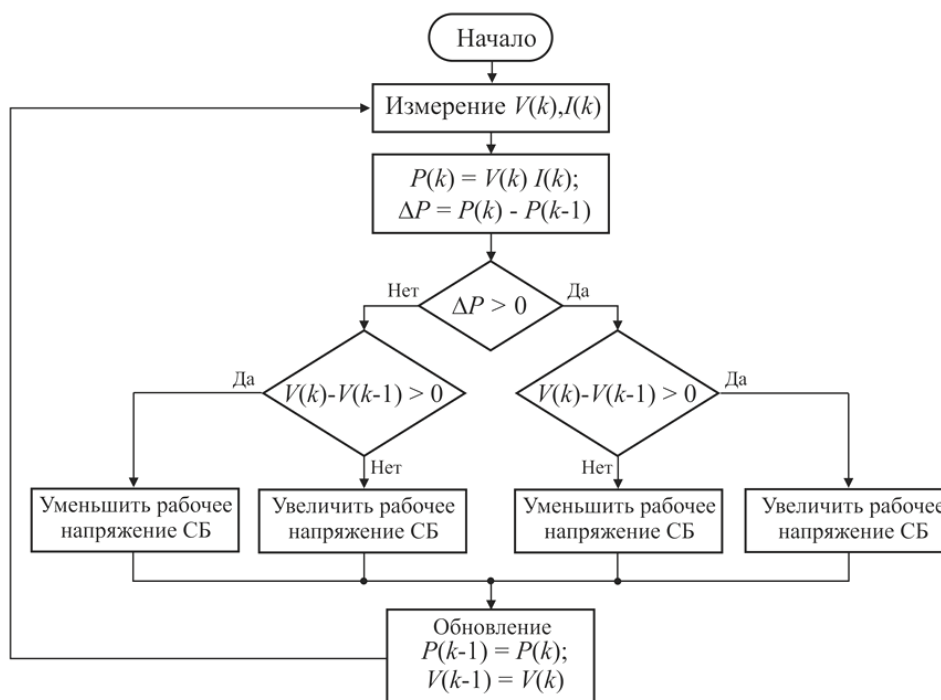


Рис. 2. Блок-схема алгоритма метода случайных возмущений (PO)
Fig. 2. Algorithm of perturb and observe method (PO)



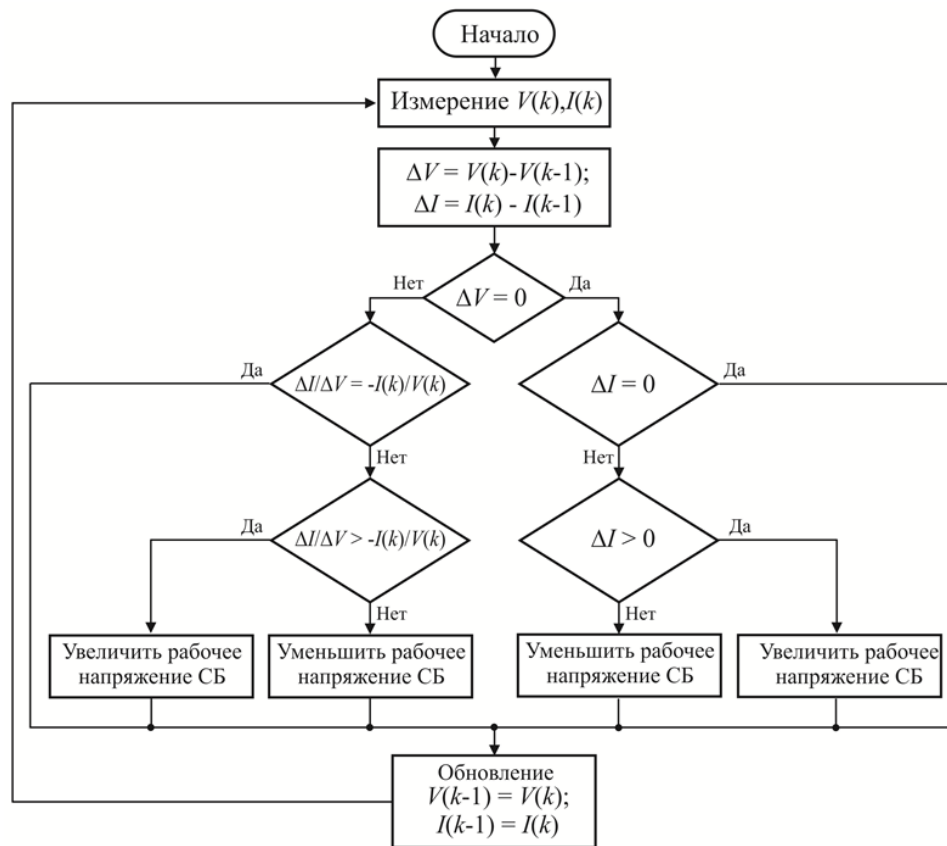


Рис. 3. Блок-схема алгоритма метода приращения проводимости (IC)
 Fig. 3. Algorithm of increments conductivity (IC)

Из (4) вытекают два важных соотношения, которые позволяют определить положение рабочей точки СБ на ее вольт-ваттной характеристике относительно точки максимальной мощности:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V} \left(\frac{dP}{dV} > 0 \right) &- \text{рабочая точка слева от ТММ;} \\ \frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V} \left(\frac{dP}{dV} > 0 \right) &- \text{рабочая точка справа от ТММ} \end{aligned} \right\} (5)$$

С учетом (5) работа алгоритма IC может быть представлена в виде блок-схемы, изображенной на рис. 3.

Данный метод обеспечивает устойчивую работу в ТММ и позволяет точно ее определить даже при резко меняющихся внешних условиях, однако сложность вычислений возрастает.

Построение моделей объекта исследования

Объектом исследования настоящей статьи являются рабочие режимы солнечной ФЭС, функционирующей под управлением контроллера ПТММ. Принятая для анализа схема энергетической системы представлена на рис. 4. СБ через преобразователь постоянного напряжения (ППН) подключена к электрической нагрузке.

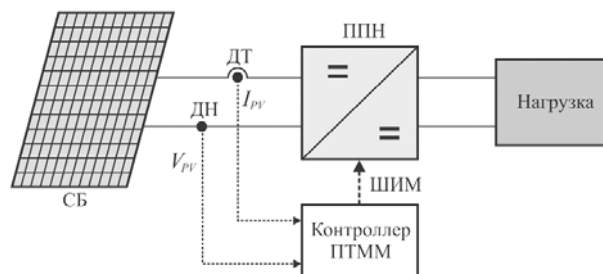


Рис. 4. Структурная схема ФЭС с контроллером ПТММ
 Fig. 4. Block diagram of a photovoltaic plant with a controller maximum power point tracking

Преобразователь работает под управлением контроллера ПТММ, входными сигналами которого являются ток I_{PV} и напряжение V_{PV} СБ, измеряемые датчиком тока (ДТ) и датчиком напряжения (ДН). Выходным сигналом контроллера является широтно-модулированный сигнал управления (ШИМ) силовыми ключами преобразователя.

В качестве инструмента исследования использовался программный пакет MATLAB/Simulink, в котором были разработаны имитационные модели всех основных компонентов системы. Для построения математической модели СБ использовалась эквивалентная схема замещения солнечного элемента с од-

ним диодом, физические процессы в которой описываются известными уравнениями [28, 29, 30]. Описание используемой имитационной модели СБ с примерами ее практического применения подробно рассмотрены в [31].

В качестве исходных данных модели СБ используются текущие значения солнечной радиации (λ) и рабочая температура (T), а также параметры фотоэлектрического модуля, определяемые из его технической спецификации. В данной статье рассматривается СБ, состоящая из двух последовательно соединенных фотоэлектрических модулей Solarex MSX60, основные технические характеристики которых приведены ниже.

Максимальная (пиковая) мощность, P_{MPP} , Вт	60
Напряжение при максимальной мощности, V_{MPP} , В	17,1
Ток при максимальной мощности, I_{MPP} , А	3,5
Напряжение холостого хода, V_{OC} , В	21,1
Ток короткого замыкания, I_{SC} , А	3,8

Температурный коэффициент напряжения холостого хода, K_V , мВ/°С	80±10
коэффициент тока короткого замыкания, K_I , %/°С	0,065±0,015

Результаты расчетных экспериментов показали, что разработанная модель СБ воспроизводит ее ВАХ с удовлетворительной точностью: максимальная погрешность расчетных значений тока короткого замыкания и напряжения холостого хода во всем возможном диапазоне изменения температуры и освещенности не превышает 5,4%. На рис. 5 представлены расчетные вольт-амперные и вольт-ваттные характеристики фотоэлектрического модуля Solarex MSX60 при разных значениях температуры и освещенности. Результаты расчетных экспериментов подтверждают адекватность отображения моделью физических процессов в фотоэлектрическом модуле при изменении условий эксплуатации.

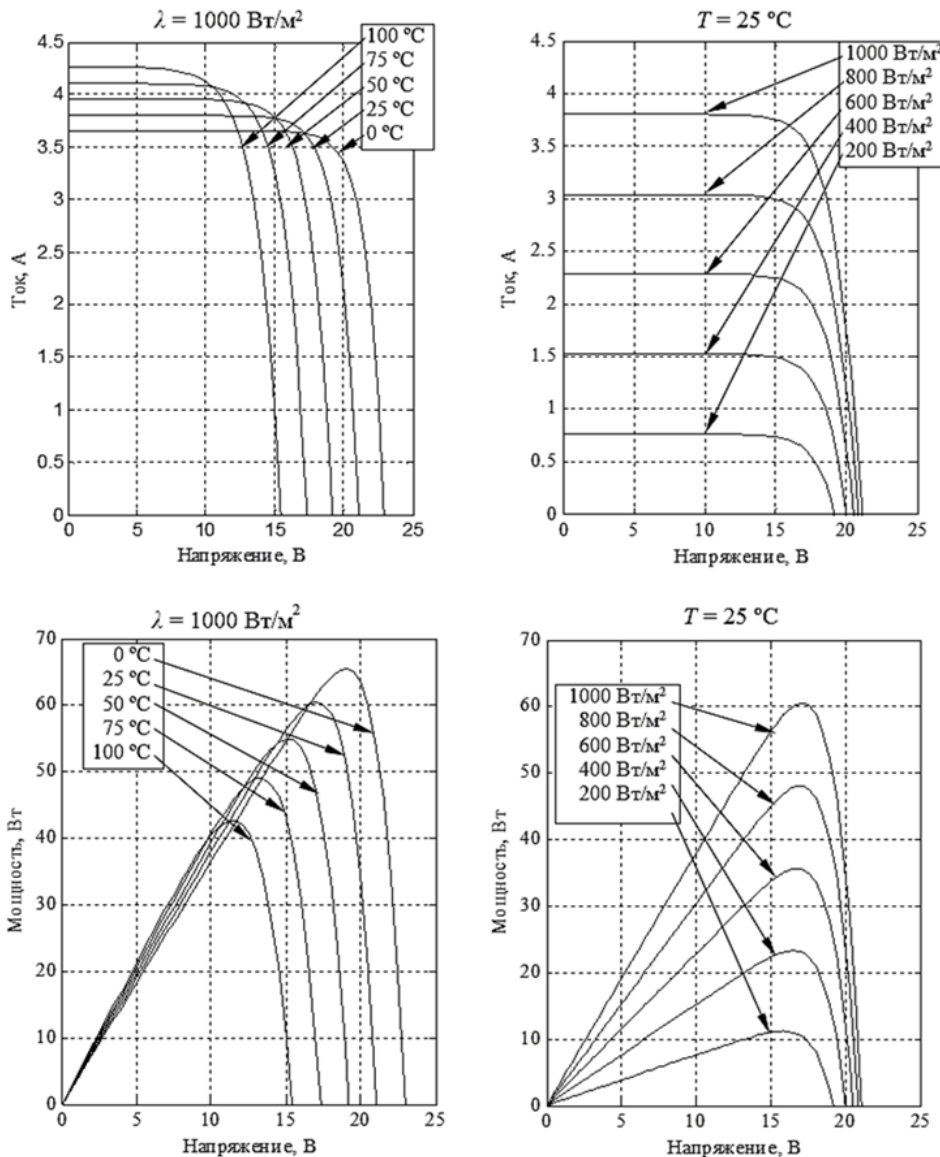


Рис. 5. Расчетные характеристики фотоэлектрического модуля Solarex MSX60
Fig. 5. Pv module Solarex MSX60 characteristics



Для согласования уровней напряжения на выходе СБ с нагрузкой в схемах ФЭС могут быть использованы силовые преобразователи различных типов: непосредственного типа (повышающие, понижающие и т.д.); двухзвенного типа со вставкой переменного тока; с гальванической трансформаторной развязкой и без нее. В данной статье не анализируются вопросы выбора рациональной схемы преобразователя для ФЭС, здесь в качестве примера рассматривается фотоэлектрическая установка с непосредственным преобразователем постоянного напряжения понижающего типа (рис. 6) [32].

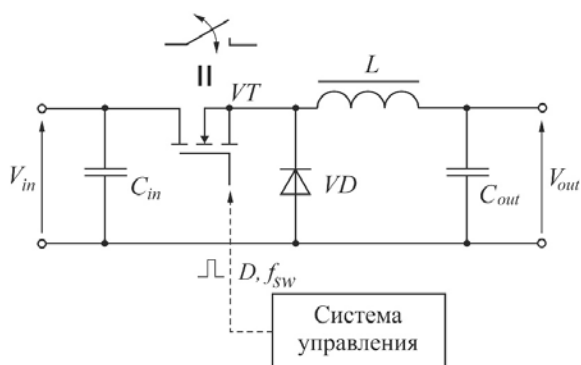


Рис. 6. Принципиальная схема понижающего преобразователя
Fig. 6. Buck converter schematic

Как правило, при проектировании преобразователей частота коммутация ключа VT выбирается постоянной: $f_{sw} = 1/T = \text{const}$, где T – период коммутации ключа. В режиме неразрывных токов дросселя L соотношение между входным V_{in} и выходным V_{out} напряжениями преобразователя определяется выражением

$$V_{out} = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} V_{in} = \frac{t_{ON}}{T} V_{in} = DV_{in}, \quad (6)$$

где t_{ON} , t_{OFF} – интервалы времени, в течение которых силовой ключ VT находится в открытом и закрытом состояниях соответственно; D – коэффициент заполнения ($D = 0 \dots 1$).

Для корректного проектирования преобразователя необходимо знать значения его входного и выходного напряжений. В рассматриваемой фотоэлектрической системе преобразователь предназначен для работы на аккумуляторную батарею номинальным напряжением 12 В. Определим величину входного напряжения преобразователя из соображений, что нам необходимо полезно использовать энергию, вырабатываемую СБ, при изменении радиации в пределах от 200 до 1000 Вт/м² и температуры от 0 до 75 °С. Тогда рабочий диапазон контроллера ПТММ для рассматриваемой ФЭС будет представлять собой заштрихованную фигуру, представлен-

ную на рис. 7. Из рисунка можно определить граничные условия работы преобразователя и из условия неразрывности тока дросселя выбрать параметры его элементов [32]

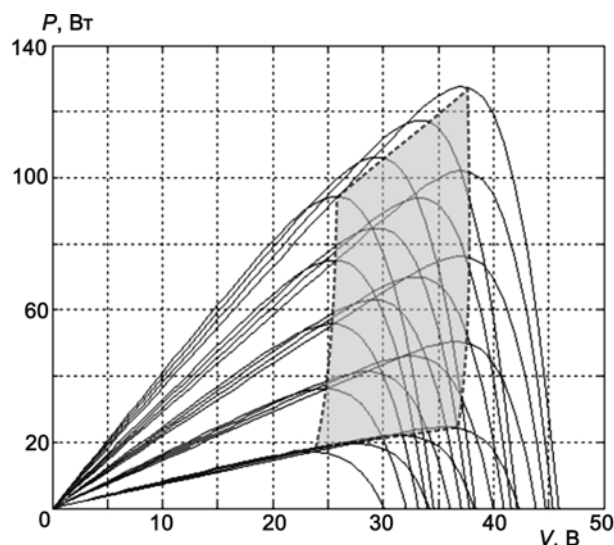


Рис. 7. Рабочий диапазон контроллера ПТММ
Fig. 7. Operating range of the controller maximum power point tracking

Ниже приведены параметры преобразователя постоянного напряжения, которые использовались при проведении вычислительных экспериментов.

Максимальная мощность, Вт	120
Напряжение	
входное V_{in} , В	24-37
выходное V_{out} , В	14
Частота переключения f_{sw} , кГц	15
Индуктивность дросселя L, мкГн	200
Емкость конденсатора	
выходного C_{out} , мкФ	2500
входного C_{in} , мкФ	60

Все модели контроллеров ПТММ, которые рассматривались в настоящей работе, реализованы на базе стандартных элементов Simulink и оформлены в виде отдельных подсистем, что позволяет легко производить их замену. В качестве примера на рис. 8 представлена модель контроллера ПТММ, построенного на основе алгоритма случайных возмущений. Модель состоит из логического блока, реализующего функционирование алгоритма ПТММ (см. рис. 2), элементов коррекции динамики системы (ПИД-регулятор) и блока ШИМ.

Комплексная модель ФЭС с датчиками и контрольно-измерительными приборами представлена на рис. 9. Разработанная модель позволяет воспроизводить динамические режимы работы солнечной электростанции при изменении внешних условий: освещенности и температуры.

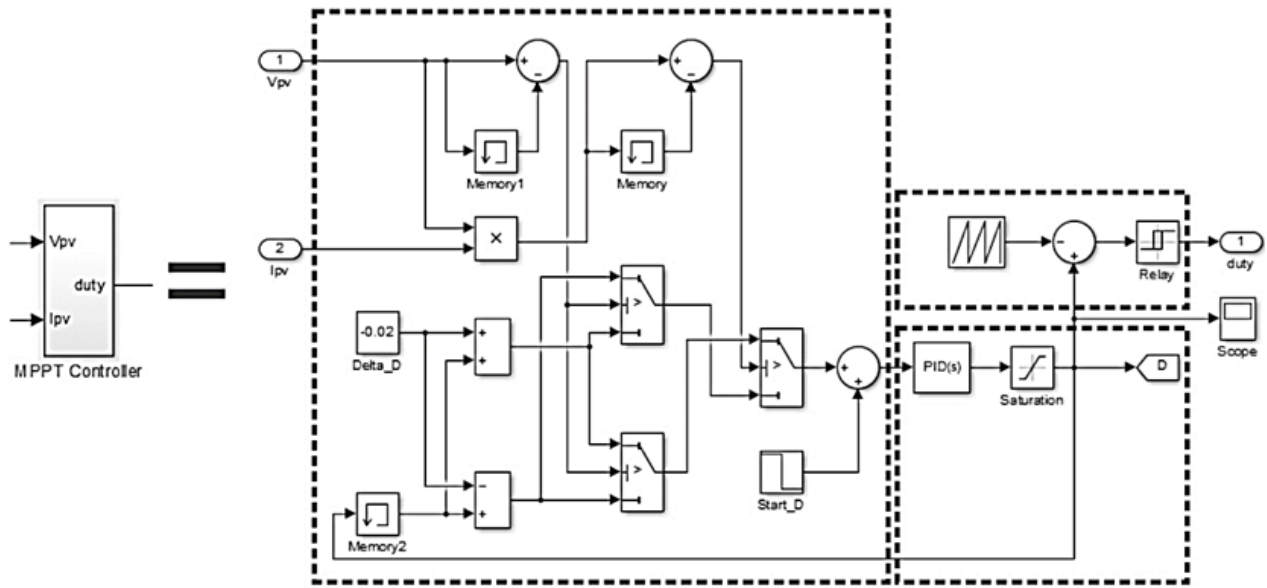


Рис. 8. Модель контроллера ПТММ, реализующего метод случайных возмущений, в MATLAB/Simulink
 Fig. 8. Model of the controller maximum power point tracking (algorithm of perturb and observe) in the MATLAB/Simulink

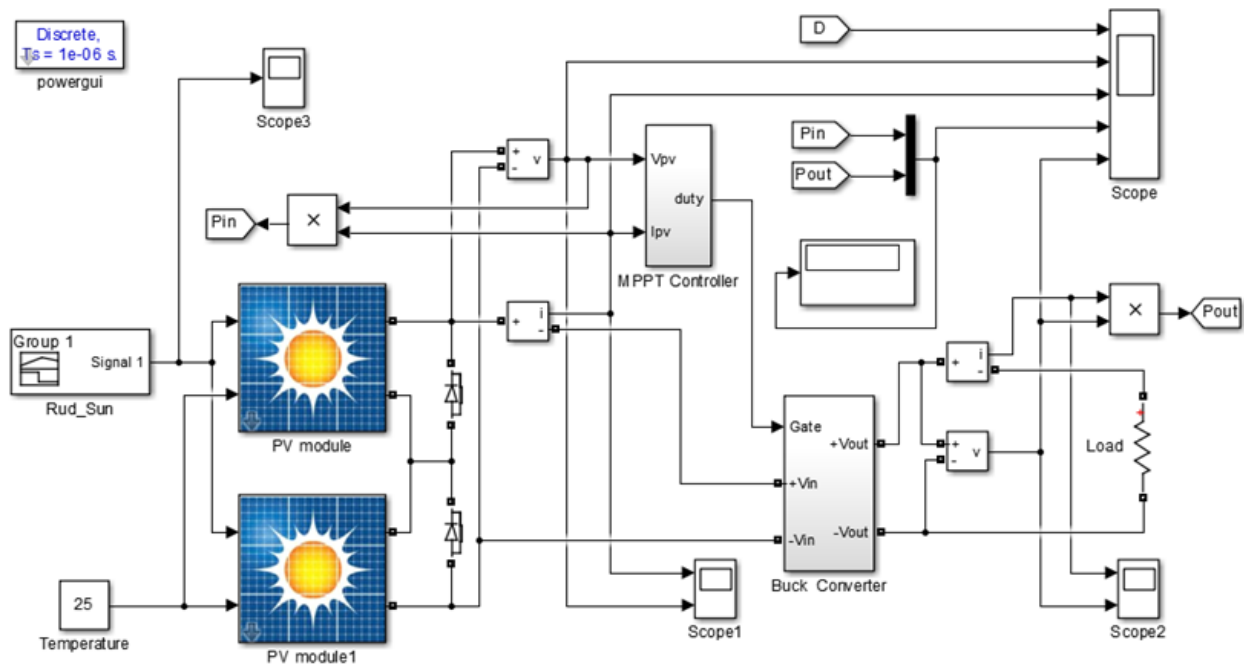


Рис. 9. Модель фотоэлектрической системы в MATLAB/Simulink
 Fig. 9. Model of a photovoltaic plant in the MATLAB/Simulink

Результаты моделирования

Для анализа режимов работы ФЭС использовались тестовые зависимости изменения освещенности и температуры СБ, приведенные на рис. 10. Сформированный тестовый сигнал освещенности СБ позволяет оценить динамическую эффективность кон-

троллеров ПТММ при изменении уровней освещенности от низкого до среднего (от 100 до 500 Вт/м²) и от среднего до высокого (от 300 до 1000 Вт/м²) значений, что предусмотрено требованиями европейского стандарта EN50530.

Температурный тест используется для оценки статической эффективности контроллеров ПТММ

при работе в широком диапазоне изменения температур. Для сокращения времени расчетных экспериментов градиент изменения температуры принят высоким (до 120 °C/c), что невозможно в реальных условиях эксплуатации, однако с точки зрения качественной оценки результатов данное допущение является вполне приемлемым.

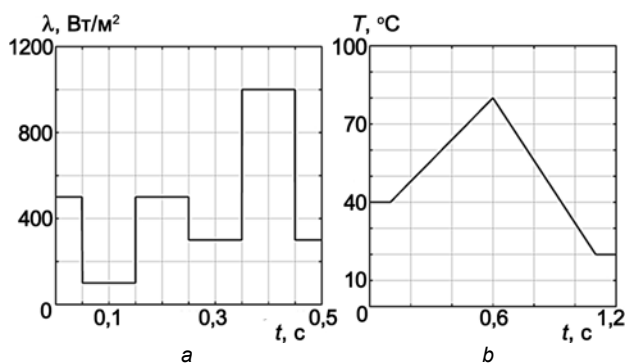


Рис. 10. Тестовые сигналы изменения освещенности и температуры СБ: а – изменение солнечной радиации; б – изменение температуры

Fig. 10. Test signals: a – solar radiation; b – temperature

Параметры регуляторов всех контроллеров ПТММ оптимизированы в соответствии с рекомендациями, приведенными в [33], временной интервал для метода напряжения холостого хода принят равным 0,1 с, что позволяет провести оценку его эффективности для принятого в расчетах градиента изменения температуры. Величина сопротивления нагрузки во всех экспериментах оставалась неизменной и равной $R_L = 5$ Ом.

При проведении расчетных экспериментов фиксировались следующие параметры рабочего режима ФЭС:

- коэффициент заполнения импульсов преобразователя D ;
- выходное напряжение солнечной батареи V_{PV} , В;
- выходной ток солнечной батареи I_{PV} , А;
- мощность солнечной батареи P_{PV} и мощность нагрузки P_L соответственно, Вт;
- напряжение на нагрузке V_L , В.

На рис. 11 представлены результаты расчетных экспериментов по оценке эффективности работы контроллеров ПТММ в условиях постоянной температуры СБ ($T = 25$ °C) и изменения освещенности по тестовому сигналу (рис. 10, а).

Анализ результатов, представленных на рис. 11, показывает, что все типы рассматриваемых в данной статье контроллеров обеспечивают устойчивую работу при изменении освещенности СБ, но ТММ, в зависимости от используемого алгоритма, отслеживается по-разному.

В контроллере, использующем алгоритм метода постоянного напряжения, независимо от уровня освещенности на выходе СБ поддерживается постоянное напряжение, равное заранее заданному опорному

(для рассматриваемой СБ величина опорного напряжения принята равной $V_{REF} = 30$ В), и ТММ определяется с некоторым приближением. Анализ вольт-ваттных характеристик СБ (рис. 5) показывает, что при изменении в широких пределах значений освещенности величина V_{MPP} изменяется незначительно и точность определения ТММ достаточно высокая. Так, в проведенном эксперименте погрешность определения максимальной выходной мощности СБ составила не более 7% в сравнении с поисковыми алгоритмами.

В контроллере, использующем алгоритм метода напряжения холостого хода, производится периодическая коррекция величины опорного напряжения по результатам измерения величины напряжения холостого хода СБ (для рассматриваемой СБ величина коэффициента пропорциональности между V_{MPP} и V_{OC} принята равной $K = 0,76$). Это позволяет более точно определять ТММ – в рассматриваемом эксперименте погрешность определения максимальной выходной мощности СБ составила не более 2%. Однако периодический перевод СБ в режим холостого хода приводит к потерям энергии, и для контроллеров данного типа важно правильно установить период измерения V_{OC} , который определяется на основе компромисса между неизбежными потерями энергии в режимах измерения V_{OC} и возможными потерями в режимах работы преобразователя с нескорректированными значениями V_{MPP} .

Проведенные расчетные эксперименты показали, что поисковые алгоритмы позволяют достаточно точно отслеживать ТММ, однако им также присущ ряд недостатков.

На представленных на рис. 11 осциллограммах хорошо видны колебания выходного напряжения СБ в ФЭС, использующей контроллер с алгоритмом метода случайных возмущений, особенно в условиях слабой освещенности ($\lambda = 200$ Вт/м²). Обусловлено это тем, что вольт-ваттные характеристики СБ при низкой освещенности становятся пологими и небольшая коррекция выходной мощности СБ приводит к значительным изменениям величины напряжения.

В контроллерах, использующих алгоритм метода приращения проводимости, для устойчивой работы в ТММ используют зону нечувствительности на разности между отношениями тока к напряжению СБ и их производных (в рассматриваемом примере величина зоны нечувствительности принята равной 0,02). Чрезмерное уменьшение величины данной зоны будет приводить к колебаниям рабочего режима, а увеличение – к возможным ошибкам в определении ТММ при низкой освещенности. В приведенных на рис. 11 осциллограммах видно, что в ФЭС, использующей контроллер с алгоритмом метода приращения проводимости, при принятой величине зоны нечувствительности обеспечивается устойчивый режим работы в ТММ, однако при $\lambda = 200$ Вт/м² она определяется с заметной погрешностью.

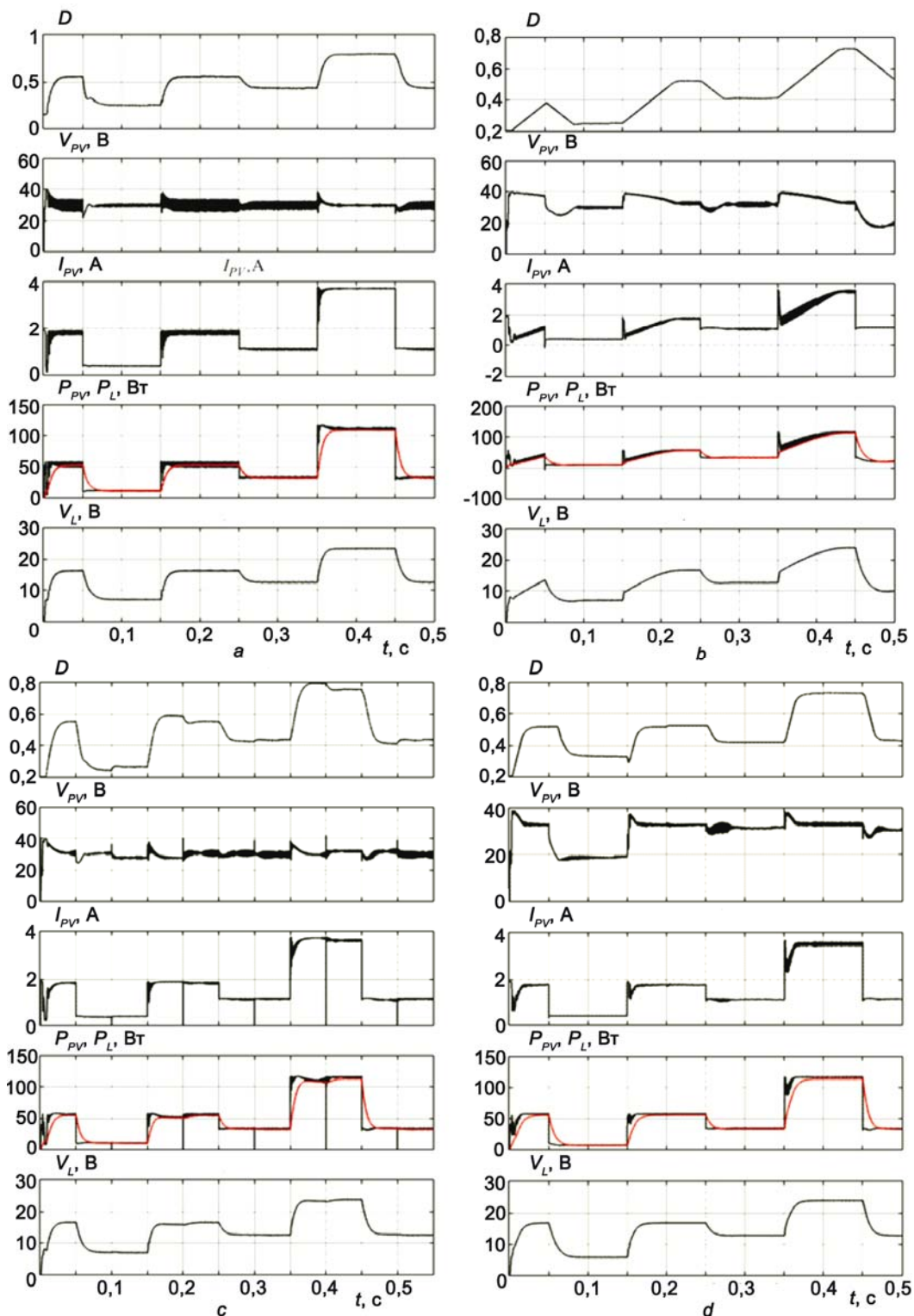


Рис. 11. Параметры рабочего режима ФЭС при изменении освещенности СБ:
 а – метод постоянного напряжения; б – метод напряжения холостого хода;
 с – метод случайных возмущений; д – метод приращения проводимости
Fig. 11. Parameters photovoltaic plant operating mode when changing light solar battery:
 а – DC voltage method; б – no-load method; с – the method of random disturbances;
 д – conductance increment method



На рис. 12 представлены результаты расчетных экспериментов по оценке эффективности работы контроллеров ПТММ в условиях постоянной освещенности СБ ($\lambda = 800 \text{ Вт/м}^2$) и изменении их температуры по тестовому сигналу (рис. 10, b).

Проведенные вычислительные эксперименты показывают, что контроллеры, использующие поисковые алгоритмы, а также метод напряжения холостого хода, обеспечивают хорошее отслеживание ТММ в широком диапазоне изменения температуры СБ.

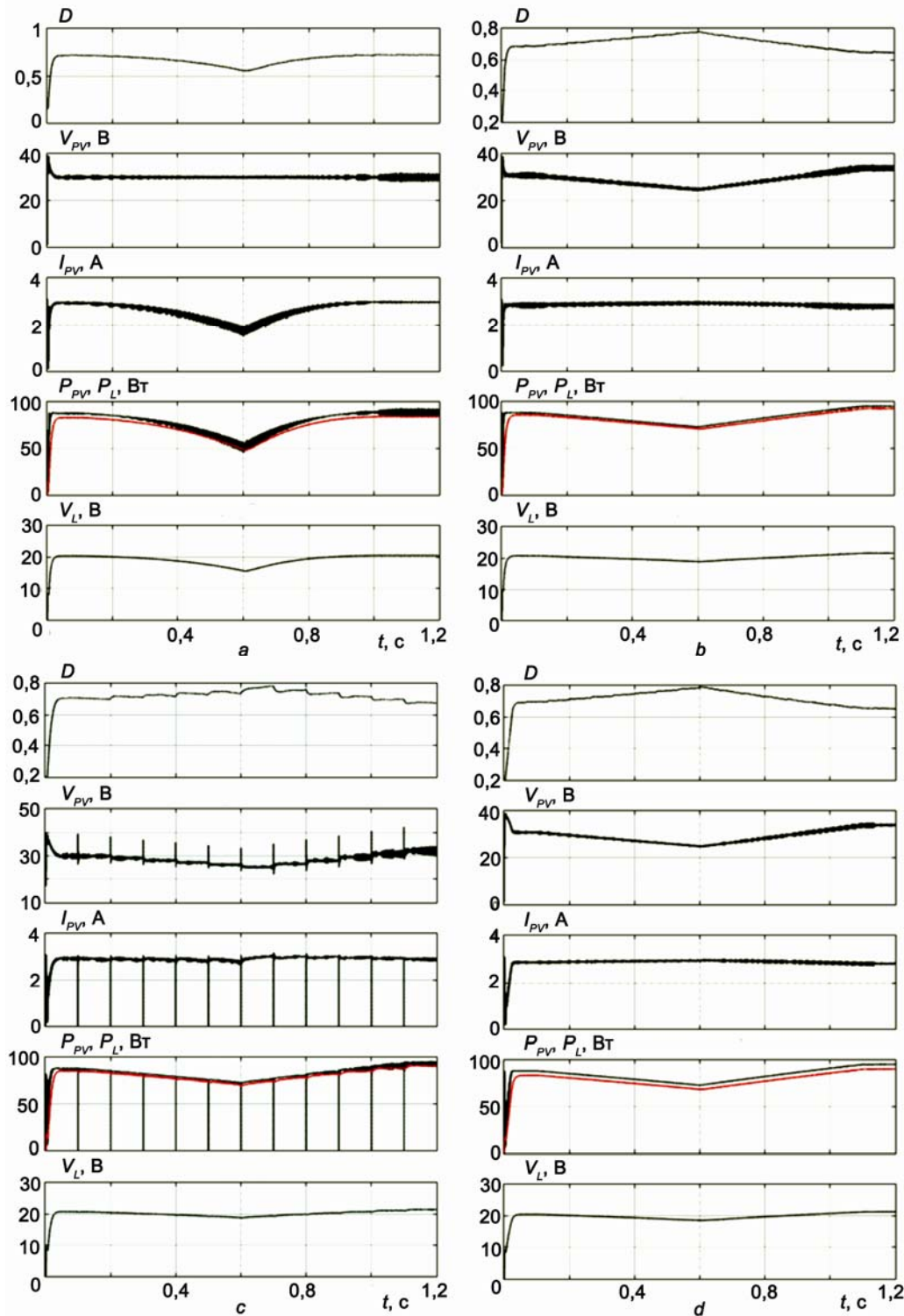


Рис. 12. Параметры рабочего режима ФЭС при изменении температуры СБ: а – метод постоянного напряжения; б – метод напряжения холостого хода; с – метод случайных возмущений; д – метод приращения проводимости
Fig. 12. Parameters photovoltaic plant operating mode when the temperature of solar cell: а – DC voltage method; б – no-load method; с – the method of random disturbances; д – conductance increment method

Наибольшая погрешность в отслеживании ТММ соответствует методу постоянного напряжения. Вызвано это тем, что с увеличением температуры СБ значительно снижается величина напряжения в ТММ, а согласно алгоритму данного метода система управления контроллером пытается поддерживать напряжение на выходе СБ равным заданному опорному. Это приводит к тому, что при высоких температурах модулей величина коэффициента заполнения уменьшается, в то время когда она должна увеличиваться. Из результатов проведенных вычислительных экспериментов видно, что для принятых параметров моделирования максимальная погрешность в отслеживании ТММ соответствует температуре модулей в 80 °С, при этом величина выходной мощности СБ оказывается меньше максимально возможной на 32%.

Выводы

Для построения эффективных фотоэлектрических систем, адаптированных под конкретные условия эксплуатации, требуется произвести выбор определенной модели контроллера ПТММ с необходимыми характеристиками. Выбор осложняется большим разнообразием известных типов контроллеров, которые могут значительно отличаться друг от друга по целому ряду показателей.

В статье представлен обзор известных методов поиска ТММ, а также результаты моделирования режимов работы солнечной фотоэлектрической станции, включающей солнечную батарею, понижающий преобразователь и контроллеры ПТММ наиболее распространенных типов. Выполненный обзор различных методов поиска ТММ СБ и анализ их функционирования при различных климатических условиях может быть полезен широкому кругу специалистов в области фотоэнергетики. Все предложенные модели компонентов фотоэлектрических систем реализованы в MATLAB/Simulink, что позволяет использовать их после несложной доработки для исследования систем произвольной конфигурации с другими типами преобразователей и контроллеров ПТММ.

Список литературы (References)

1. Arnulf Jäger-Waldau. PV Status. Report 2013. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.
2. Renewables 2014 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2015. URL: <http://www.ren21.net>.
3. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. М.: Наука, 1987. (Spravočnik po teorii avtomatičeskogo upravljenîâ / Pod red. A.A. Krasovskogo. M.: Nauka, 1987.)
4. Официальный сайт ООО «МикроАРТ». URL: <http://www.invertor.ru/scontroller.html>. (Oficial'nyj sajt ООО «MikroART». URL: <http://www.invertor.ru/scontroller.html>).
5. Ali Reza Reisi, Mohammad Hassan Moradi, Shahriar Jamasb. Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews 19 (2013), p. 433–443.
6. Nevzat Onat. Recent Developments in Maximum Power Point Tracking Technologies for Photovoltaic Systems // International Journal of Photoenergy, Volume 2010, p. 1-11.
7. Hohm D.P. and Ropp M.E. Comparative study of maximum power point tracking algorithms // Prog. Photovolt: Res. Appl. 2003. № 11. P. 47–62.
8. Atallah A.M., Abdelaziz A.Y. and Jumaah R.S. Implementation of perturb and observe MPPT of PV system with direct control method using buck and buck-boost converters // Emerging Trends in Electrical, Electronics & Instrumentation Engineering: An international Journal (EEIEJ), Vol. 1, No. 1, February 2014. P. 31-44.
9. Yuya Oshiro, Hikaru Ono, Naomitsu Urasaki. A MPPT Control Method for Stand-Alone Photovoltaic System in Consideration of Partial Shadow // IEEE PEDS 2011, Singapore, 5-8 December, 2011, p. 1010-1014.
10. Subudhi B., Pradhan R. A Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems // IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2013, №4, p. 89-98.
11. Coelho R.F., Concer F.M., Martins D.C. A MPPT Approach Based on Temperature Measurements Applied in PV Systems // 2010 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications (INDUSCON), São Paulo, 8-10 November, 2010, p. 1-6.
12. De Brito et al. Evaluation of the main MPPT techniques for photovoltaic applications // IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 60, no. 3, march 2013, pp. 1156-1167.
13. Lijia Ren, Xiuchen Jiang, Gehao Sheng, Wu Bo. Design and calculation method for Dynamic Increasing Transmission Line Capacity // WSEAS Transactions on circuits and systems, Issue 5, Vol. 7, May 2008, p. 348-357.
14. Gomathy S., Saravanan S., Thangavel S. Design and Implementation of Maximum PowerPoint Tracking (MPPT) Algorithm for aStandalone PV System // International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 3, Issue 3, March - 2012, p. 1-7.
15. Sharma D.K., Purohit G. Hybrid Control Method for Maximum Power Point Tracking (MPPT) of Solar PV Power Generating System // Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 8(3) March 2014, p. 255-262.
16. Dolara A., Faranda R., Leva S. Energy Comparison of Seven MPPT Techniques for PV Systems // J. Electromagnetic Analysis & Applications. 2009. № 3. P. 152-162.

17. Sihem Amara, Adel Bouallegue, Adel Khedher. Theoretical and Practical Study of a Photovoltaic MPPT Algorithm Applied to Voltage Battery Regulation // International Journal of Renewable Energy Research. 2014. Vol. 4, No. 1. P. 83-90.
18. Prakash R., Meenakshipriya B., Kumaravelan R. Modeling and Design of MPPT Controller Using Stepped P&O Algorithm in Solar Photovoltaic System // International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering. 2014. Vol. 8, No. 3. P. 579-585.
19. Surya Kumari J., Sai Babu Dr. Ch., Kamalakar Babu A. Design and Analysis of P&O and IP&O MPPT Techniques for Photovoltaic System // International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). 2012. Vol. 2, Issue. 4. P. 2174-2180.
20. Thulasiyammal C. and Sutha S. Design and comparative analysis of DC-DC boost and single-ended primary-inductance converter converters using solar powered maximum power point tracking algorithms // American Journal of Applied Sciences. 2014. № 11 (7). P. 1113-1122.
21. Choudhary D., Saxena A.R. DC-DC Buck-Converter for MPPT of PV System // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2014. Vol. 4, Issue 7. P. 813-821.
22. Makhoulfi M.T., Khireddine M.S., Abdessemed Y., Boutarfa A. Maximum Power Point Tracking of a Photovoltaic System using a Fuzzy Logic Controller on DC/DC Boost Converter // IJCSI International Journal of Computer Science Issues. 2014. Vol. 11, Issue 3. No. 2. P.1694-1672.
23. Chokri Ben Salah, Mohamed Ouali. Comparison of Fuzzy Logic and Neural Network in Maximum Power Point Tracker for PV Systems // Elsevier, Electric Power Systems Research. 2011. Vol. 81. P. 43-50.
24. Naoufel Khaldi, Hassan Mahmoudi, Malika Zazi, Youssef Barradi. Implementation of a MPPT Neural Controller for Photovoltaic Systems on FPGA Circuit // WSEAS Transactions on Power Systems. 2014. Vol. 9. P. 471-478.
25. Babaa S.E., Armstrong M. and Pickert V. Overview of Maximum Power Point Tracking Control Methods for PV Systems // Journal of Power and Energy Engineering. 2011. No. 2. P. 59-72.
26. Esmat T., Chapman P.L. Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques // IEEE Transactions on Energy Conversion. 2007. Vol. 22, No. 2. P. 439-449.
27. Dorofte C., Borup U., Blaabjerg F. A Combined Two-Method MPPT Control Scheme for Grid-Connected Photovoltaic Systems // 2005 European Conference on Power Electronics and Applications, Dresden, 11-14 September, 2005.
28. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. М.: Энергоатомиздат, 1983. (Raušenbah G. Spravočnik po proektirovaniu solnečnyh batarej. M.: Ènergoatomizdat, 1983.)
29. Hansen A.D., Sorensen P., Hansen L.H., Bindner H. Models for a stand alone PV system. Riso National Laboratory, 2000.
30. Bonkougou D., Koalaga Z., Njomo D. Modeling and Simulation of photovoltaic module considering single diode equivalent circuit model in MATLAB // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2013. Vol. 3, Issue 3. P. 493-502.
31. Обухов С.Г., Плотников И.А. Модель солнечной панели в MATLAB SIMULINK // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2014. № 21 (161). С. 51-59. (Obuhov S.G., Plotnikov I.A. Model' solnečnoj paneli v MATLAB SIMULINK // Ał'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAEЕ. 2014. № 21 (161). С. 51-59.)
32. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2005. (Melešin V.I. Tranzistornaâ preobrazovatel'naâ tehnika. M.: Tehnosfera, 2005.)
33. Femia N., Petrone G., Spagnuolo G., Vitelli M. Power Electronics and Control Techniques for Maximum Energy Harvesting in Photovoltaic Systems. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, 2013.

Транслитерация по ISO 9:1995



РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОСИФОННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПАРА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Е.В. Стариков, А.Т. Джайлани, А.Д. Никитин, С.Е. Щеклеин

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

Тел./факс: (343) 375-95-08; e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Исследовано производство пара с помощью концентратора солнечной энергии для различных климатических зон. Приведена методика расчета мощности солнечного концентратора, расположенного под произвольным углом к горизонту. Рассчитаны характеристики параболоцилиндрического концентратора в зависимости от величины поступающей солнечной радиации. Определена выработка пара солнечным концентратором при различной величине солнечной радиации. Рассчитана суточная генерация пара в июле для условий России (г. Екатеринбург), Таджикистана и Египта. Проведены экспериментальные испытания для условий России с целью верификации методики определения производительности концентратора, результаты которых совпали с рассчитанными значениями. Среднесуточное удельное значение расхода генерируемого концентратором пара составит 137 г/(ч·м²) для России, 190 г/(ч·м²) для Таджикистана и 214 г/(ч·м²) для Египта. Возможно широкое применение солнечного концентратора для выработки пара на технологические и бытовые нужды в обеспеченных солнечной радиацией странах.

Ключевые слова: солнечный концентратор, получение пара, термосифон, расчет характеристик концентратора, расчет производительности солнечного концентратора.

THE CALCULATING EXPERIMENTAL RESEARCH OF USE OF THE THERMOSIPHON HEAT EXCHANGER FOR RECEIVING TECHNOLOGICAL STEAM WITH USE OF THE CONCENTRATOR OF SOLAR ENERGY

E.V. Starikov, A.T. Jailany, A.D. Nikitin, S.E. Shcheklein

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

Tel./fax: (343) 375-95-08; e-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

The production of steam using solar energy concentrator for different climate zones is investigated. The method for calculating the capacity of the solar concentrator located at an arbitrary angle to the horizon is given. The characteristics of the cylindrical-parabolic concentrator according to the magnitude of the incoming solar radiation are calculated. The steam generation by solar concentrator at different values of solar radiation are determined. The daily generation of steam in July, for the conditions of Russia (Ekaterinburg), Tajikistan and Egypt is calculated. The experimental tests for conditions of Russia for the purpose of verification methods for determining the performance of the concentrator, the results of which coincided with the calculated values are conducted. The average daily value of the specific consumption of steam generated by the concentrator will be 137 g/(m²·h) for Russia, 190 g/(m²·h) for Tajikistan, and 214 g/(m²·h) for Egypt. Perhaps the widespread use of solar concentrator to produce steam for technological and domestic needs in countries wealthy by solar radiation.

Keywords: solar concentrator, steam generating, thermosiphon, hot-water gravity circulation, calculating the characteristics of solar concentrator, calculation the performance of solar concentrator.



*Евгений
Владимирович
Стариков
Evgeny V. Starikov*

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

Образование: Уральский гос. технический университет (УГТУ-УПИ) (2004).

Область научных интересов: малая и нетрадиционная энергетика, энергетический анализ эффективности установок нетрадиционной энергетике, солнечная энергетика.

Публикации: 32.

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

Education: Urals State Technical University (2004).

Research area: minor and alternative energetics, alternative energy plants, effectiveness energetical analysis, solar energetics.

Publications: 32.



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

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

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

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

Публикации: 14, 1 патент РФ.

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

Education: Moscow State Agro-engineering University (2010).

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

Publications: 14, 1 patent of RF.



*Александр
Дмитриевич
Никитин
Alexandr D. Nikitin*

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

Победитель всероссийских выставок и конференций, имеет грамоты.

Образование: УрФУ (2014).

Область научных интересов: малая и нетрадиционная энергетика, энергетический анализ эффективности установок нетрадиционной энергетике, солнечная энергетика, исследования тепловых процессов в энергетике.

Публикации: 10.

Information about the author: undergraduate, department "Nuclear power plants and renewable energy sources" UrFU.

Education: UrFU (2014).

Research area: alternative energy, energy efficiency analysis of alternative energy systems, solar energy, study of thermophysical processes in the energy sector.

Publications: 10.



*Сергей Евгеньевич
Щеклеин
Sergey E. Shcheklein*

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Education: Urals Polytechnic Institute (1972).

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

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



Введение

В настоящее время нашли широкое применение параболоцилиндрические концентраторы солнечной энергии для получения пара. Существуют мощные станции для генерации тепла в США, Германии и других странах, одним из элементов конструкций которых является параболоцилиндрический концентратор солнечной энергии. Как правило, концентраторы соединены между собой последовательно для ступенчатого повышения температуры теплоносителя и располагаются таким образом, что ось фокуса находится в горизонтальном положении. В связи с этим возникает интерес в исследованиях, направленных на получение пара с помощью параболоцилиндрических концентраторов, у которых ось фокуса располагается вертикально или под некоторым углом к горизонту. В этом случае концентраторы соединены также последовательно и возникает возможность ориентации концентратора в двух плоскостях для максимального использования солнечной энергии. При таком расположении концентраторов солнечной энергии возникает потребность в отводе тепловой энергии из фокуса концентратора [1–5]. Одним из эффективных способов отвода тепловой энергии из фокуса концентратора является применение термосифона – тепловой трубы.

Интерес к исследованиям в этом направлении также возникает по причине возможности трансфера технологий, когда технология создается в регионах, имеющих хороший промышленный потенциал, а применяется странами, расположенными в наиболее благоприятных климатических условиях. В настоящей работе на основании разработанной методики проведен анализ возможностей получения пара с применением концентратора солнечной энергии для стран с высокой плотностью солнечной радиации (Таджикистан, Египет) и приведены результаты экспериментальной верификации методики.

Методика экспериментального исследования

Для исследования работы термосифона с использованием солнечной энергии была создана модульная экспериментальная высокоэффективная гелиоустановка с малыми размерами, представленная на рис. 1, которая состояла из следующих основных элементов: солнечного концентратора 1, бака-аккумулятора 3 объемом 5,5 литра с теплоизоляционным покрытием, термосифона и системы измерительных приборов.

Принцип работы установки следующий: заправленный водой термосифон устанавливался таким образом, что его испаритель 8 располагался в фокусе солнечного концентратора 1; солнечное излучение, попадая на отражательную поверхность концентратора, концентрировалось в его фокусе и передавало тепловую энергию рабочей жидкости термосифона; с помощью термосифона тепло отводилось за пределы концентратора к нагреваемому баку-аккумулятору с водой 3, расположенному выше солнечного концентратора; со временем вода в баке доводилась до температуры кипения, после чего начинался процесс парообразования. Далее пар поступал в конденсатор 6, где охлаждался водой, проходящей через охлаждающую рубашку конденсатора. Образующийся конденсат стекал в мерную колбу 7.

При экспериментальных исследованиях термосифона в режиме нагрева воды и парогенерации измерялись следующие величины: объем образующегося конденсата; интенсивность солнечной радиации на поверхности солнечного концентратора при помощи неселективного радиометра «Аргус-03» 2, давление внутри термосифона; регистрация температур поверхности стенки термосифона, воды в баке-аккумуляторе, окружающей среды при помощи температурных датчиков сопротивления, соединенных с аналого-цифровым преобразователем компьютера.



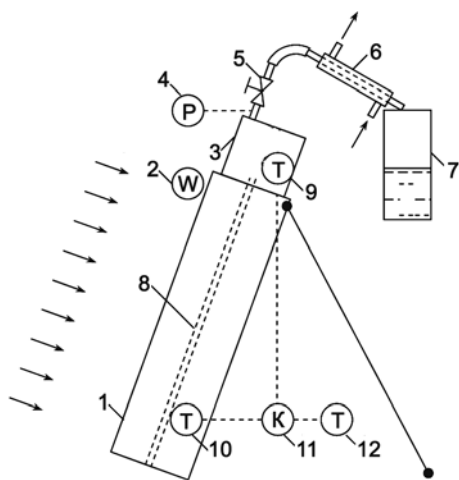


Рис. 1. Экспериментальная гелиоустановка для исследования работы термосифона с использованием солнечной энергии в режиме парогенерации: 1 – солнечный концентратор; 2 – радиометр; 3 – бак-аккумулятор; 4 – датчик давления; 5 – вентиль; 6 – конденсатор с водяным охлаждением; 7 – мерная колба; 8 – испаритель термосифона; 9, 10, 12 – термодатчики; 11 – аналого-цифровой преобразователь, соединенный с компьютером

Fig. 1. Experimental solar concentrator for research the work of thermosiphon in steam generation mode with using solar energy: 1 – solar concentrator; 2 – radiometer; 3 – storage tank; 4 – pressure sensor; 5 – the valve; 6 – water cooled condenser; 7 – volumetric flasks; 8 – evaporator of thermosiphon; 9, 10, 12 – temperature sensors; 11 – analog-to-digital converter connected to the computer

Полученные в ходе экспериментальных исследований данные интенсивности солнечной радиации сравнивались с данными метеостанции, расположенной в Верхнем Дуброво, в 15 км от места проведения экспериментов (местоположение 56,7° с.ш., 61,1° в.д.). Относительная погрешность в определении суммарной солнечной радиации составила не более 7%.

На метеостанции измерения проводились стандартными термоэлектрическими приборами: интенсивность прямой солнечной радиации – актинометром М-3, имеющим систему постоянной ориентации на Солнце; интенсивность суммарной радиации – пиранометром баллометрического типа М-115 [6, 7].

Эксперимент проводился в поселке Растущий в окрестностях Екатеринбурга. В ходе исследований приемная поверхность солнечного концентратора была постоянно ориентирована под прямым углом к солнечному излучению. Точное местоположение устанавливалось при помощи системы глобального позиционирования GPS Garmin III plus и составляло 56°46'39,5" северной широты, 60°56'53,8" восточной долготы.

Результаты исследования

Для проведения расчетно-экспериментальных исследований использовался концентратор, имеющий форму поперечного сечения в виде ветвей параболы (параболоцилиндрический) [8].

Геометрию параболического отражателя характеризуют двумя независимыми параметрами: диаметром $D_k = 2r_k$ (или фокусным расстоянием f_k) и углом раскрытия U_k (или отношением D_k/f_k):

$$D_k = \frac{4f_k \sin U_k}{1 + \cos U_k} \quad (1)$$

В поперечном сечении парабоцилиндрический концентратор имеет площадь, ограниченную параболой. Требования, предъявляемые к концентратору при его изготовлении, следующие: необходимо иметь малое расстояние от фокуса концентратора до его отражающей поверхности для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду и одновременно большое расстояние между концами ветвей параболы для увеличения площади входного окна концентратора.

Сконцентрированное солнечное излучение поглощается поверхностью приемника и нагревает рабочую жидкость (воду). Чтобы снизить потери тепла, связанные с излучением нагретым приемником в тепловой области спектра, приемная поверхность солнечного концентратора закрыта стеклом. Это позволяет значительно повысить эффективность работы системы. Характеристики парабоцилиндрического гелиоконцентратора при нормальных условиях ($T = 25^\circ\text{C}$, $q = 1000 \text{ Вт/м}^2$) приведены ниже.

Мощность концентратора, Вт	627
Геометрические размеры:	
площадь входного окна, м ²	0,84
высота концентратора, м	1
угол раскрытия концентратора, град.	120°
площадь отражающей поверхности, м ²	1
длина фокуса, м	1
Фокусное расстояние, м	0,12
КПД концентратора, %	63
Коэффициент отражения	0,8
Коэффициент концентрации	50
Вес, кг	12

Далее приведены расчеты мощности, коэффициента полезного действия и температуры в фокусе концентратора в зависимости от плотности солнечной радиации, поступающей на его поверхность.

Расчет мощности и КПД концентратора

Мощность концентратора вычисляется по формуле [9]

$$W = F_{пр} q_{max} = F_{пр} \cdot 8,36 \cdot 10^{-3} q F_{конц} \kappa_{конц} R_3 A_{max} h^3, \quad (2)$$

где $F_{пр}$ – проекция площади отражающей поверхности концентратора на фокальную плоскость, m^2 ; q_{max} – удельная мощность собранной солнечной радиации в фокусе концентратора, $Вт/м^2$; q – удельная мощность поступающей на поверхность концентратора солнечной радиации, $Вт/м^2$; $F_{конц}$ – площадь первой апертуры (входного окна) концентратора, m^2 ; $\kappa_{конц}$ – коэффициент концентрации; R_3 – коэффициент отражения зеркальной поверхности; h – мера оптической точности отражающей поверхности (принимается в диапазоне от 0 до 6); A_{max} – апертура угла раскрытия концентратора.

Апертура угла раскрытия концентратора вычисляется следующим образом:

$$A_{max} = \frac{\pi}{3} [(2 - \cos U) \cos(U/2) - 1]. \quad (3)$$

где U – угловое раскрытие отражающей поверхности, град.

КПД концентратора вычисляется по формуле [9]

$$\eta = \frac{W}{q} F_{конц}. \quad (4)$$

Расчет температуры в фокусе концентратора

Температура в фокусе концентратора для абсолютно черного тела (АЧТ) рассчитывается по формуле [9]

$$T_{max} = k \sqrt{[(2 - \cos U) \cos(U/2) - 1] h^{1/2}}; \quad (5)$$

$$k = \sqrt[4]{(\epsilon/\sigma_0) 8,36 \cdot 10^{-3} q R_3 (\pi/3)}, \quad (6)$$

где ϵ – степень черноты поглощающей поверхности; $\sigma_0 = 5,7 \cdot 10^{-8}$ – постоянная Стефана-Больцмана, $Вт/м^2 \cdot K^4$.

Результаты расчета мощности, КПД и температуры в фокусе концентратора (без учета тепловых потерь в окружающую среду) в зависимости от плотности потока солнечной радиации, поступающего на поверхность концентратора, сведены в таблице.

Согласно данным таблицы, мощность концентратора и максимальная температура в фокусе концентратора увеличивается почти линейно с ростом плотности потока солнечной радиации, поступающего на поверхность концентратора.

Время, необходимое для нагрева воды гелиоустановкой, рассчитывалось по формуле

$$\tau = \tau_1 + \tau_2. \quad (7)$$

Расчетные характеристики параболического гелиоконцентратора для разной плотности потока солнечной радиации
Design characteristics cylindrical-parabolic solar concentrator for different flux of solar radiation

Плотность потока солнечной радиации, поступающей на поверхность q , $Вт/м^2$	Мощность W , $Вт$	Температура в фокусе для АЧТ T_{max} , $^{\circ}C$	КПД η
200	125	99	0,63
300	188	109	0,63
400	250	117	0,63
500	314	124	0,63
600	376	129	0,63
700	439	135	0,63
800	501	139	0,63
900	565	143	0,63
1000	627	147	0,63

Для определения продолжительности нагрева теплоносителя до температуры насыщения в баке-аккумуляторе τ_1 и в термосифоне τ_2 использовались выражения [10]

$$\tau_1 = \frac{V_1 (t_2 - t_1) c_p \rho_{вод} + Q_{пот}}{W \eta_{TC}}; \quad (8)$$

$$\tau_2 = \frac{V_2 (t'_2 - t'_1) c_p \rho_{вод}}{W \eta_{TC}}, \quad (9)$$

где V_1 – объем воды в баке-аккумуляторе, m^3 ; V_2 – объем воды в термосифоне, m^3 ; t_1 , t'_1 – начальная температура воды, $^{\circ}C$; t_2 , t'_2 – конечная температура воды, $^{\circ}C$; c_p – удельная теплоемкость воды, равная $4,2$ $кДж/(кг \cdot K)$; $\rho_{вод}$ – плотность воды, равная 1000 $кг/м^3$; W – мощность концентратора, $Вт$; η_{TC} – эффективность теплопередачи термосифона; $Q_{пот}$ – потери тепла через теплоизолированную стенку бака в окружающую среду, $Вт$, рассчитываемые по формуле [11]:

$$Q_{пот} = K_B \Delta t F_B, \quad (10)$$

где Δt – средняя разность температур воды и окружающей среды за время нагрева, $^{\circ}C$; F_B – площадь поверхности бака-аккумулятора, m^2 ; K_B – коэффициент теплопередачи теплоизолированной стенки бака-аккумулятора, $Вт/(m^2 \cdot K)$.

График зависимости времени нагрева воды гелиоустановкой до температуры насыщения от интенсивности солнечной радиации, поступающей на концентратор, представлен на рис. 2.



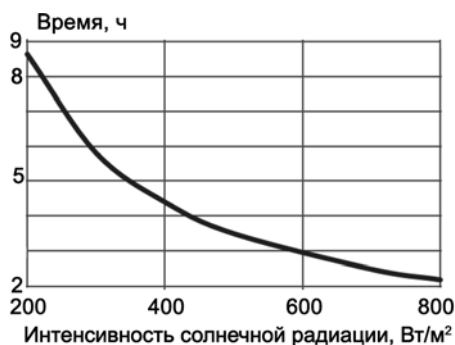


Рис. 2. Зависимость продолжительности нагрева воды гелиоустановкой от интенсивности солнечной радиации, поступающей на концентратор

Fig. 2. Dependence the water heating time of the intensity of the solar radiation coming onto the solar concentrator

Для определения расхода генерируемого гелиоустановкой пара использовалось выражение [10]

$$G = \frac{W\eta_{TC} - Q_{пот}}{r}, \quad (11)$$

где r – удельная теплота парообразования воды, равная $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.

График зависимости расхода генерируемого пара гелиоустановкой от интенсивности солнечной радиации, поступающей на концентратор, представлен на рис. 3.

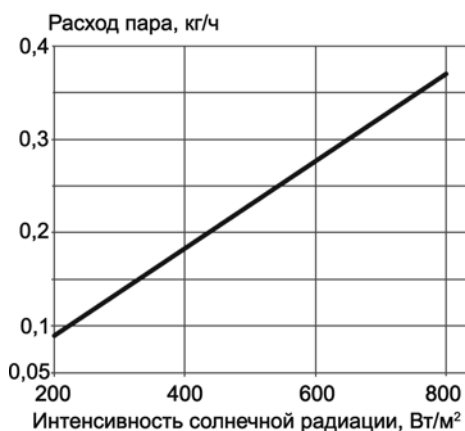


Рис. 3. Зависимость расхода генерируемого пара гелиоустановкой от интенсивности солнечной радиации, поступающей на концентратор под прямым углом

Fig. 3. Dependence the steam flow generated by the solar concentrator of the intensity of solar radiation coming onto the concentrator at a right angle

Максимальные суточные значения солнечной радиации, поступающей на приемную поверхность солнечного концентратора, расположенного под прямым углом к солнечным лучам, для России, Таджикистана, Египта представлены на рис. 4.

Используя интенсивность солнечной радиации (рис. 4) и зависимость расхода генерируемого пара гелиоустановкой от интенсивности солнечной ра-

диации, поступающей на концентратор (рис. 3), рассчитана суточная выработка установкой пара для климатических условий России, Таджикистана, Египта (рис. 5).

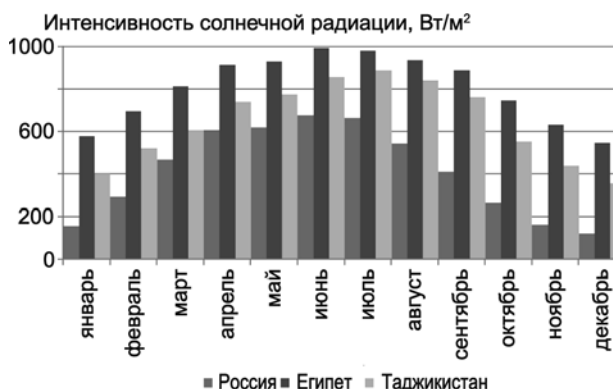


Рис. 4. Интенсивность солнечной радиации, поступающей на поверхность солнечного концентратора, расположенного перпендикулярно солнечным лучам

Fig. 4. The intensity of solar radiation reaching the surface of the solar concentrator, located perpendicular to the sun's rays

Из графика на рис. 5 следует, что масса генерируемого установкой пара в июле за сутки для климатических условий России, Таджикистана, Египта составит 2,8, 3,85 и 4,3 килограмма соответственно.

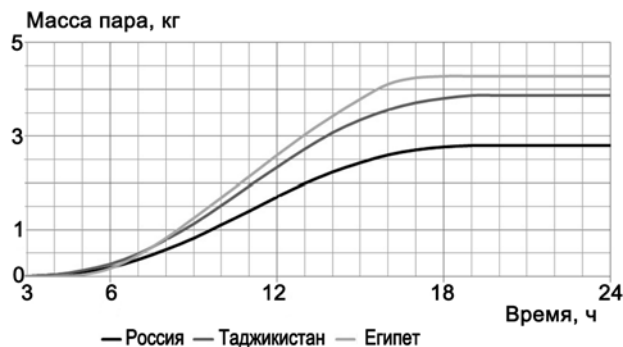


Рис. 5. Выработка установкой пара для климатических условий России, Таджикистана, Египта в июле

Fig. 5. Productivity of the installation for the climatic conditions of Russia, Tajikistan, Egypt in July

Исходя из этого расчетное среднесуточное удельное значение расхода генерируемого установкой пара составит $137 \text{ г}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ при среднесуточной интенсивности солнечной радиации $255 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (пиковая интенсивность $650 \text{ Вт}/\text{м}^2$) в случае ее эксплуатации в России; $190 \text{ г}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ при среднесуточной интенсивности солнечной радиации $350 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (пиковая интенсивность $900 \text{ Вт}/\text{м}^2$) в случае ее эксплуатации в Таджикистане и $214 \text{ г}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ при среднесуточной интенсивности солнечной радиации $390 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (пиковая интенсивность $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$) в случае ее эксплуатации в Египте.

В ходе работы были получены экспериментальные значения выработки установкой пара для клима-

тических условий России, г. Екатеринбург. Результаты экспериментальной верификации методики расчета расхода генерируемого гелиоустановкой пара приведены на рис. 6.

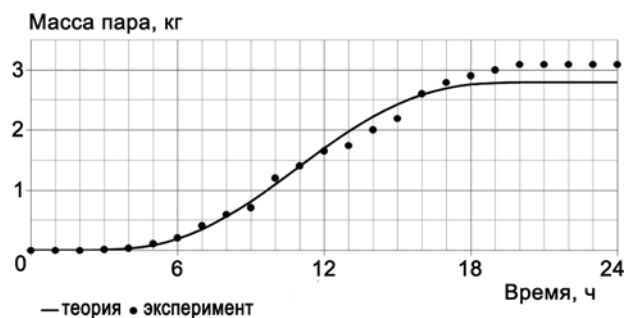


Рис. 6. Выработка установкой пара для климатических условий России, г. Екатеринбург, в июле
Fig. 6. Productivity of the installation for the climatic conditions of Russia, Yekaterinburg, in July

Заклучение

Разработанная методика оценки эффективности получения пара с помощью концентраторов солнечной энергии позволяет с достаточной для практического применения точностью производить оценку для различных климатических условий, ориентации и особенностей конструкции концентраторов и тепловоспринимающих устройств.

Экспериментальная верификация методики расчета расхода генерируемого пара для климатических условий России (Уральский регион) показала хорошую сходимость результатов.

Показано, что эффективность генерации пара гелиоустановкой для климатических условий Таджикистана и Египта в 2-4 раза выше, чем для северных регионов России, что открывает перспективы широкого использования подобных установок в этих странах.

Список литературы

1. Тверьянович Э.В. Экспериментальное исследование оптико-энергетических характеристик фоконов. Концентраторы солнечной радиации для фотоэлектрических энергоустановок. М.: Энергоатомиздат, 1986. С. 11–14.
2. Баум И.В., Браславская М.В., Баранов В.К. Энергетические характеристики фоконов и фоклинов. Тезисы и доклады всесоюзной конференции «Использование солнечной энергии» (часть 2). Ашхабад, 1977. С. 169–171.
3. Тверьянович Э.В. Выбор конструктивных параметров призмных концентраторов солнечной энергии // Гелиотехника. 1981. № 6. С. 16–19.
4. Жуков К.В., Тверьянович Э.В. Светопотери в призмных концентраторах // Гелиотехника. 1982. № 6. С. 17–21.
5. Лидоренко Н.С., Жуков К.В., Набиуллин Ф.Х., Тверьянович Э.В. Перспективы использования линз Френеля для концентрирующих систем гелиотехнических установок // Гелиотехника. 1977. № 4. С. 22–25.
6. Алексеев В.В., Чекарев К.В. Солнечная энергетика. М: Знание, 1991.
7. РД 52.04.562-96. Наставление гидрометеостанциям и постам, вып. 5, ч.1, 1997 г.
8. Стариков Е.В., Щеклеин С.Е. Проектирование гелиоконцентратора. Научные труды VI отчетной конференции молодых ученых. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005.
9. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированной солнечной радиации. Ленинград: Наука, 1989.
10. Андреев В.М., Румянцев В.Д. Солнечное отопление. М.: Наука, 1986.
11. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М. Справочник по теплопередаче. М.: Госэнергоиздат, 1958.

References

1. Tver'ânovič È.V. Èkspèrimental'noe issledovanie optiko-ènergetičeskikh harakteristik fokonov. Koncentratory solnečnoj radiacii dlâ fotoelektričeskikh ènergoustanovok. M.: Ènergoatomizdat, 1986. S. 11–14.
2. Baum I.V., Braslavskaa M.V., Baranov V.K. Ènergetičeskie harakteristiki fokonov i foklinov. Tezisy i doklady vsesoúznoj konferencii «Ispol'zovanie solnečnoj ènergii» (časť 2). Ašhabad, 1977. S. 169–171.
3. Tver'ânovič È.V. Vybór konstruktivnyh parametrov prizmnyh koncentratórov solnečnoj ènergii // Geliotekhnika. 1981. № 6. S. 16–19.
4. Žukov K.V., Tver'ânovič È.V. Svetopoteri v prizmnyh koncentratórah // Geliotekhnika. 1982. № 6. S. 17–21.
5. Lidorenko N.S., Žukov K.V., Nabiullin F.H., Tver'ânovič È.V. Perspektivy ispol'zovaniâ linz Frenelâ dlâ koncentriruúših sistem geliotekničeskikh ustanovok // Geliotekhnika. 1977. № 4. S. 22–25.
6. Alekseev V.V., Čekarev K.V. Solnečnaâ ènergetika. M: Znanie, 1991.
7. RD 52.04.562-96. Nastavlenie gidrometeorostancijam i postam, vyp. 5, č.1, 1997 g.
8. Starikov E.V., Šeklein S.E. Proektirovanie geliokoncentratórah. Naučnye trudy VI očetnoj konferencii molodyh učenyh. Ekaterinburg: GOU VPO UGTU-UPI, 2005.
9. Andreev V.M., Grilihes V.A., Rumancev V.D. Fotoelektričeskoe preobrazovanie koncentrirovanoj solnečnoj radiacii. Leningrad: Nauka, 1989.
10. Andreev V.M., Rumancev V.D. Solnečnoe otoplenie. M.: Nauka, 1986.
11. Kutateladze S.S., Borišanskij V.M. Spravočnik po teploperedáče. M.: Gosènergoizdat, 1958.

Транслитерация по ISO 9:1995

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО МОДУЛЯ В СОСТАВЕ С АСИММЕТРИЧНЫМ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИМ КОНЦЕНТРАТОРОМ, ЛИНЕЙЧАТЫМ ФОТОПРИЕМНИКОМ И ВТОРИЧНЫМИ ОТРАЖАТЕЛЯМИ СО СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМОЙ

В.А. Майоров, Л.Н. Лукашик

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)

129128 Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 2

Тел.: 8 (499) 171-96-70, 8 (915) 297-42-48; e-mail: solarlab@mail.ru, tsn37@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 20.07.15 Заключение совета экспертов: 23.07.15 Принято к публикации: 26.07.15

В работе рассмотрены новые фотоэлектрические модули, включающие фотоприемники и концентраторы и обеспечивающие эффективное преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую. Проведено математическое моделирование для создания алгоритма расчета конструкции теплофотоэлектрического модуля с заданными энергетическими параметрами и с использованием законов геометрической оптики, а также тепло- и массообмена. Приводятся математические модели расчета оптико-энергетических параметров солнечного модуля с линейчатым фотоприемником и со вторичными отражателями асимметричного параболического концентратора. Показаны следующие расчетные зависимости: распределения концентрации освещенности на поверхности линейчатого фотоприемника от ширины фокальной области; углов полного отражения от вторичных отражателей концентрированного излучения от параметрического угла γ ; геометрических размеров верхнего и нижнего отражателей от параметрического угла γ ; координатного расположения (профиля) вторичных отражателей относительно фотоприемника. Профиля модуля (на основании которого в AutoCAD вычерчены лекала для изготовления концентратора и модуля в целом); величины продольного затенения фотоприемника ΔL , зависимости временного интервала t_p простоя двигателя системы слежения, количества интервалов (работы двигателя) в единицу времени k от угла отклонения (параметрического угла γ) падающего солнечного излучения на мидель концентратора, зависимости расхода электроэнергии двигателем системы слежения в течение дня, года.

Использование подобных модулей, в основе которых находится параболический концентратор и фотоприемник с системой протока теплоносителя, дает возможность создания когенерационных установок для выработки электричества и тепла.

Макетные образцы, разработанные по данной методике, исследуются в настоящее время на соответствующих стендах и испытываются в натуральных условиях.

Ключевые слова: солнечный фотоэлектрический модуль, параболический концентратор, фотоприемник, вторичный отражатель, следящая система, угол склонения.

INVESTIGATIONS THE OPTICAL-POWER PARAMETERS OF THE SOLAR MODULES IN AN ASYMMETRICAL PARABOLIC-CYLINDRICAL CONCENTRATOR, WITH PHOTODETECTOR AND SECONDARY REFLECTOR WITH TRACKING SYSTEM

V.A. Mayorov, L.N. Lukashik

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)

2, 1st Veshnyakovskii str., Moscow, 129128, Russia

Tel.: 8 (499) 171-96-70, 8 (915) 297-42-48; e-mail: solarlab@mail.ru, tsn37@mail.ru

Referred: 20.07.15 Expertise: 23.07.15 Accepted: 26.07.15

The paper discusses the new photovoltaic modules, which include photodetectors and hubs and provide efficient conversion of solar energy into heat and electricity. The mathematical modeling to create a design algorithm for calculating thermal solar module with the specified energy parameters and using the laws of geometric optics, as well as heat and mass transfer. Mathematical models for calculating the optical parameters of the solar energy module ruled photodetector and secondary reflectors asymmetric parabolic-cylindrical concentrator. Showing calculated according to the following: the concentration distribution of light on the surface of the detector of the line on the width of the focal region; angle of total reflection of the secondary reflectors concentrated

radiation from the parametric angle γ ; the geometric dimensions of the upper and lower reflectors from the parametric angle γ ; coordinate location (profile) of the secondary reflector relative to the photodetector. Profile module (on the basis of which patterns are drawn in Avtograd for manufacturing the hub unit and as a whole); the longitudinal shading photodetector depending ΔL time interval t_p idle engine tracking system, the number of intervals (engine running) per unit time k by the angle of deviation (parametric angle γ) of the incident solar radiation on the midsection hub, depending on engine power consumption tracking system.

The use of such modules is based parabolic-cylindrical concentrator and a photodetector with a coolant flow system allows the creation of co-generation plants to generate electricity and heat.

Prototypes were developed by this method being explored at the respective stands and tested in field conditions.

Keywords: solar photovoltaic module, parabolic-cylindrical concentrator, a photodetector, a secondary reflector, tracking system, the angle of declination.



Владимир
Александрович
Майоров
Vladimir A. Mayorov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, зав. лабораторией ВИЭСХ, профессиональный опыт 47 лет.

Образование: Всесоюзный заочный политехнический институт (1979), Московский физико-технический институт (1985).

Область научных интересов: теплофизика, теплотехника, гелиотехника.

Публикации: свыше 80.

РИНЦ: 33, индекс Хирша – 1, SPIN 1183-0275.

Scopus: 4 публикации.

Information about the author: Ph.D., All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, head of laboratory, senior research associate; professional experience of 47 years.

Education: All-Union Correspondence Polytechnic Institute (1979), Moscow Institute of Physics and Technology (1985).

Research area: thermal physics, heat engineering, solar technology.

Publications: more than 80.

РИНЦ: 33 publications, H-index – 1, SPIN 1677-3738.

Scopus: 4 publications.



Людмила Николаевна
Лукашик
Lyudmila N. Lukashik

Сведения об авторе: канд. хим. наук, научный сотрудник лаборатории солнечных электростанций и нетрадиционных источников энергии ВИЭСХ, профессиональный опыт 43 года.

Образование: Томский политехнический институт (1972), Университет Дружбы народов им. Патриса Лумумбы (1979).

Область научных интересов: химическая физика, теплофизика, теплотехника, гелиотехника.

Публикации: свыше 30.

РИНЦ: 5, индекс Хирша 0. Scopus: 1 публикация.

Information about the author: Ph.D., research associate laboratory of the solar power and alternative energy sources, All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, professional experience of 43 years.

Education: Tomsk Polytechnic Institute (1972), Patrice Lumumba University of Friendship of Peoples (1979).

Research area: physical chemistry, thermal physics, heat engineering, solar technology.

Publications: more than 30.

РИНЦ: 5 publications, H-index 0. Scopus: 1 publication.

Разработка и создание тепловых модулей в настоящее время является одним из направлений развития солнечной энергетики.

В работе рассмотрены новые фотоэлектрические модули, включающие фотоприемники и концентраторы, обеспечивающие эффективное преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую. Проведено математическое моделирование для создания алгоритма расчета конструкции теплофотоэлектрического модуля с заданными энергетическими параметрами с использованием законов геометрической оптики, а также тепло- и массообмена. При использовании подобных модулей, в основе которых

находится параболический концентратор и фотоприемник с системой протока теплоносителя, возможно создание когенерационных установок для выработки электричества и тепла. Разработанные по такой методике макетные образцы исследуются на соответствующих стендах и испытываются в натуральных условиях.

Целью работы является исследование солнечного модуля с асимметричным параболическим концентратором, линейчатый фотоприемником с матричными фотопреобразователями [1], системой охлаждения, системой слежения, разработанного и изготовленного на основе математических моделей.

Научная новизна работы заключается в создании и исследовании фотоэлектрических установок на основе высоковольтных (с напряжением до 15-18 В в отличие от традиционных 0,5 В в дискретных элементах) матричных фотоэлектрических преобразователей и концентраторов солнечного излучения различной конструкции, в том числе модулей солнечных элементов, системы автоматического слежения.

Солнечный фотоэлектрический модуль состоит из параболического концентратора с миделем размером $R \times L$, где L – длина цилиндрической оси концентратора; планарного фотоприемника, выполненного из скоммутированных параллельно-последовательно высоковольтных или планарных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) шириной d , закрепленного на устройстве охлаждения и установленного в фокальной плоскости концентратора. Обеспечение оптимальной работы достигается соотношением конструктивных параметров модуля (фотоприемника и концентратора) при необходимых значениях концентрации и равномерности освещения фотоприемника. С целью увеличения выработки электроэнергии модуль закреплен на опоре с устройством слежения за Солнцем.

Схема конструкции фотоэлектрического модуля с линейчатым фотоприемником и вторичными отражателями в составе с асимметричным параболическим концентратором представлена на рис. 1.

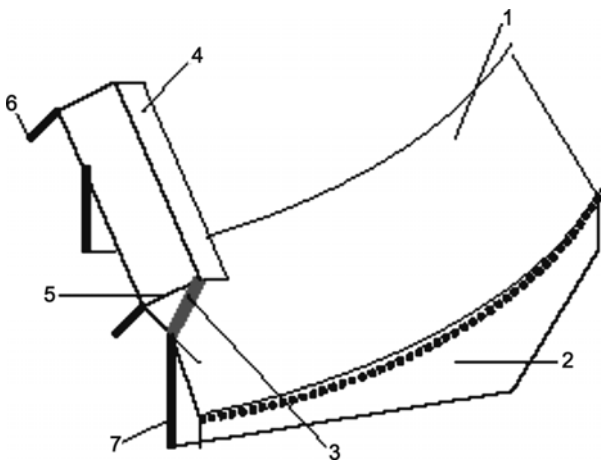


Рис. 1. Схема конструкции фотоэлектрического модуля с линейчатым фотоприемником и вторичными отражателями в составе с асимметричным параболическим концентратором:

- 1 – концентратор; 2 – стойки крепления концентратора;
- 3 – линейчатый фотоэлектрический приемник с солнечными элементами; 4 – вторичные отражатели;
- 5 – устройство протока теплоносителя;
- 6 – штуцера для входа и выхода теплоносителя;
- 7 – опорные стойки фотоприемника

Fig. 1. Schematic structure of the photoelectric module ruled photodetector and secondary reflectors in the composition of an asymmetrical parabolic-cylindrical concentrator:
1 – concentrator; 2 – rack mounting hub; 3 – a line photoelectric receiver with solar cells; 4 – secondary reflectors; 5 – device coolant flow; 6 – fitting for entry and exit of coolant; 7 – buck stays of the photodetector

Схема конструкции фотоэлектрического модуля с параболическим концентратором и ходом лучей от поверхности концентратора до поверхностей линейчатого фотоприемника шириной d представлена на рис. 2.

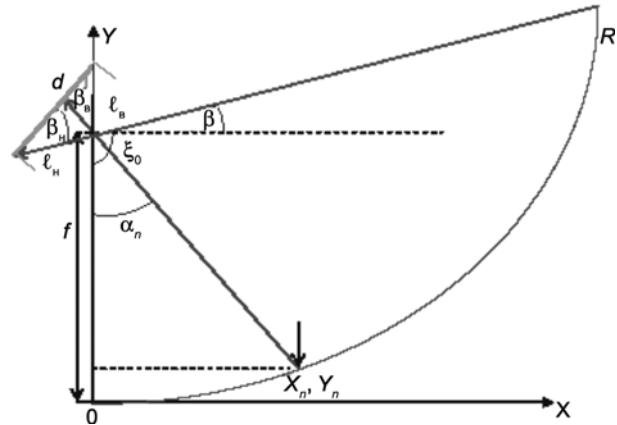


Рис. 2. Схема конструкции фотоэлектрического модуля с линейчатым фотоприемником и вторичными отражателями в составе с асимметричным параболическим концентратором и ходом лучей от поверхности концентратора до поверхностей линейчатого фотоприемника шириной d

Fig. 2. Schematic of the structure of the photoelectric module ruled with a photodetector and secondary reflectors in the composition of an asymmetrical parabolic-cylindrical concentrator and the path of the rays from the surface of the concentrator to the surfaces of the line photodetector d

Солнечный фотоэлектрический модуль содержит асимметричный концентратор параболического типа с зеркальной внутренней поверхностью отражения и линейчатый фотоэлектрический приемник, установленный в фокальной области с устройством протока теплоносителя; форма отражающей поверхности концентратора $X(Y)$ определяется системой уравнений, соответствующей условию равномерной освещенности поверхности фотоэлектрического приемника, выполненного в виде линейки шириной d_0 из скоммутированных ФЭП и длиной h и расположенным под углом к миделю концентратора:

$$X_n = (f - Y_n) / \operatorname{tg} \alpha_n; d_n = \ell_n \sin \xi_0 / \sin \alpha_n; \xi_0 = \pi/2 + \beta;$$

$$X_n = d_0 \sin \beta_n; Y_n = f - X_n \operatorname{tg} \beta;$$

$$\ell_n = d_0 \sin (\beta_n - \beta) / \sin \xi_0; X_b = 0; Y_b = Y_n + d \cos \beta_n;$$

$$\ell_n = d_0 \sin \beta_n / \cos \beta; Y_a = R^2 / 4f; K_r = R / d_0,$$

где α_n – угол (в зоне рабочего профиля концентратора) между уровнем ординаты в точке координат X_n, Y_n и отраженным от поверхности параболы с фокусным расстоянием f лучом, приходящим в фокальную область на ширине d_n , расположенной на плоском фотоэлектрическом приемнике шириной d_0 , где n выбирается из ряда целых чисел $n = 1, 2, 3, \dots, N$; ξ_0 – угол между координатной осью OY и лучом, отраженным от верхней точки координат Y_a, R концентратора,

приходящим в нижнюю точку координат фотоприемника X_n, Y_n ; β_n – угол между фотоприемником и отрезком ℓ_n (между нижней точкой координат фотоприемника X_n, Y_n и фокусным расстоянием f параболы); β_b – угол между отрезком ℓ_b (между верхней точкой координат фотоприемника X_b, Y_b и фокусным расстоянием f параболы); β – угол между лучом, отраженным от верхней точки координат Y_a, R концентратора, и прямой $Y=f$, параллельной оси абсцисс.

При этом значения параметров f, β_b, k выбираются в соответствии с граничными условиями, а геометрическая концентрация освещенности фотоэлектрического приемника K_n в интервалах координатных значений концентратора $\Delta X_n = X_n - X_{n-1}$ и в интервалах координатных значений фотоприемника $(d_{n+1} - d_n)$ равна

$$K_n = (X_{n+1} - X_n) / (d_{n+1} - d_n).$$

На основании приведенных формул произведен расчет в Excel распределения концентрации освещенности на поверхности линейчатого фотоэлектрического приемника от ширины фокальной области (от 0 до h_0), график которого представлен на рис. 3.

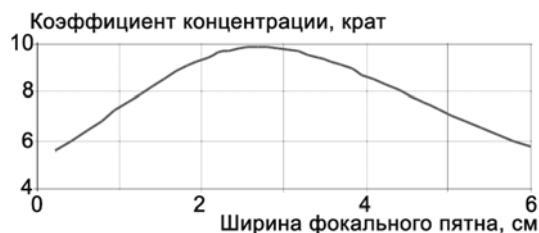


Рис. 3. График распределения концентрации освещенности на поверхности линейчатого фотоэлектрического приемника от ширины фокальной области (от 0 до h_0)
 Fig. 3. A graph of the concentration of light on the surface of the line photoelectric detector from focal region (0 to h_0)

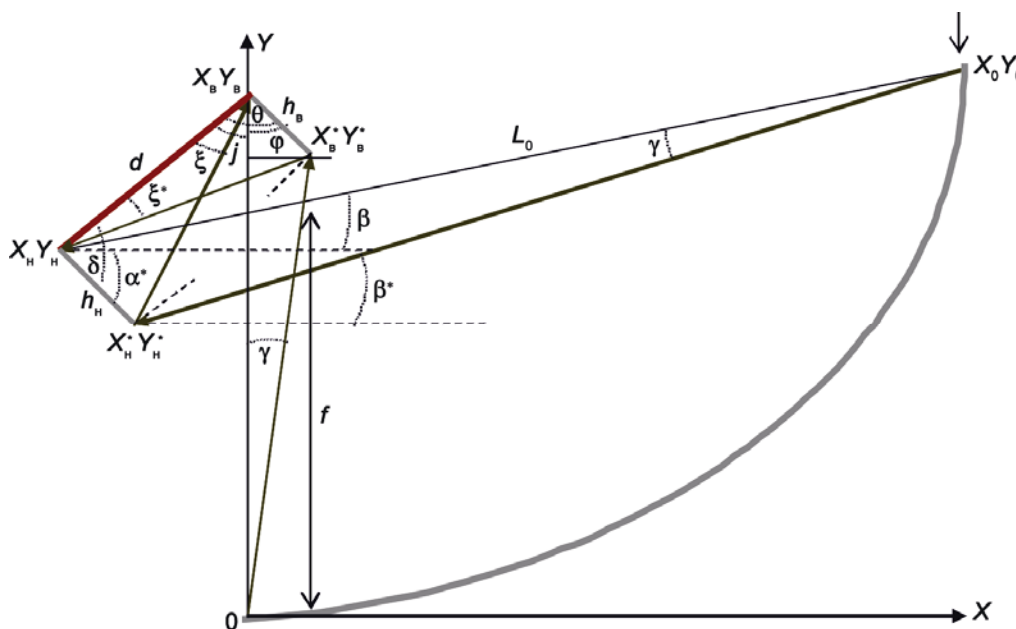


Рис. 4. Схема конструкции фотоприемника с вторичными отражателями модуля с параболическим концентратором и ходом лучей от поверхности концентратора до поверхностей фотоприемника шириной d
 Fig. 4. Schematic structure of the photodetector with secondary reflector module with parabolic-cylindrical concentrator and the course of the rays from the surface of the concentrator to the surface of the detector width d

Различные системы слежения за Солнцем имеют разные точности угловой ориентации, а следовательно, и смещение фокального пятна на фотоприемнике. Учет и компенсация падающего концентрированного излучения возможно за счет вторичных отражателей.

Схема конструкции солнечного модуля с параболическим концентратором представлена на рис. 4, где показаны ход лучей от крайних точек рабочей поверхности концентратора до крайних точек поверхности линейчатого фотоприемника шириной d с учетом отражения от крайних точек поверхности вторичных отражателей.

Солнечный фотоэлектрический модуль содержит асимметричный концентратор параболического типа с зеркальной внутренней поверхностью отражения и линейчатый фотоэлектрический приемник с вторичными отражателями, установленный в фокальной области, с устройством протока теплоносителя. Расположение и величины вторичных отражателей зависят от формы отражающей поверхности концентратора $X(Y)$, геометрических параметров модуля и от угла отклонения солнечного излучения от нормали к миделло концентратора в направлении, перпендикулярном к фотоприемнику, и определяются



системой уравнений, соответствующей условию равномерной освещенности поверхности фотоэлектрического приемника, выполненного в виде линейки шириной d из скоммутированных ФЭП и длиной L и расположенного под углом к миделю концентратора:

$$\begin{aligned} h_b \sin \xi^* &= d / \sin(\varphi + \gamma); \quad \theta = \varphi + j; \quad X_b^* = h_b \cos \varphi; \\ Y_b^* &= Y_b - h_b \sin \varphi; \quad h_n / \sin \gamma = Y_b / \sin(\varphi + \gamma); \\ \beta^* &= \beta + \gamma; \quad h_n / \sin \gamma = L_0 / \sin(\alpha^* + \beta + \gamma); \\ h_n \sin \xi &= d / \sin[\pi - (\delta + \xi)]; \quad \delta = \pi/2 - j + \alpha^*; \\ X_n^* &= X_n - h_n \cos(j - \xi); \quad Y_n^* = Y_n - h_n \sin(j - \xi), \end{aligned}$$

где h_b – ширина верхнего отражателя, расположенного под углом θ над линейкой шириной d из скоммутированных ФЭП и длиной L ; ξ^* – предельный угол между фотоприемником и отраженным лучом от точки координат Y_b^*, X_b^* верхнего отражателя; φ – угол между верхним отражателем и координатной осью OY ; γ – угол отклонения солнечного излучения от нормали к миделю концентратора в направлении, перпендикулярном к фотоприемнику; j – угол между фотоприемником и координатной осью OY ; Y_b – верхняя ордината фотоприемника; β – угол между лучом, отраженным от верхней точки координат Y_a, R концентратора, и прямой Y_n (нижней ординаты фотоприемника), параллельной оси абсцисс; β^* – угол между лучом, отраженным от верхней точки координат Y_a, R концентратора, и прямой Y_n^* (нижней ординаты вторичного отражателя), параллельной оси абсцисс; α^* – угол между нижним отражателем и прямой Y_n (нижней ординаты фотоприемника), параллельной оси абсцисс; h_n – ширина верхнего отражателя, расположенного под углом δ под линейкой шириной d из скоммутированных ФЭП и длиной L ; L_0 – длина отраженного луча от верхней точки координат Y_a, R концентратора и пришедшего в нижнюю точку фотоприемника с координатами X_n, Y_n ; ξ – предельный угол между фотоприемником и отраженным лучом от нижнего отражателя в точке координат Y_n^*, X_n^* .

Значения параметров j, γ выбираются в соответствии с граничными условиями.

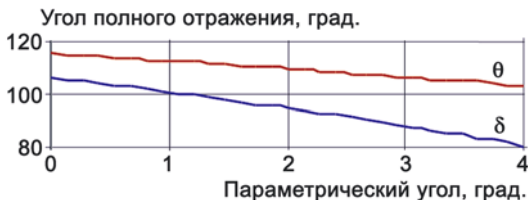


Рис. 5. Расчетные зависимости углов полного отражения верхнего θ и нижнего δ отражателей от параметрического угла γ
 Fig. 5. Calculated according to the angles of total reflection of the upper θ and lower δ reflectors from the parametric angle γ

На основании приведенных формул произведен расчет в Excel зависимостей углов полного отражения θ, δ от параметрического угла γ , представленного на рис. 5.

Расчетные зависимости ширины верхнего h_b и нижнего h_n отражателей модуля от параметрического угла γ представлены на рис. 6.

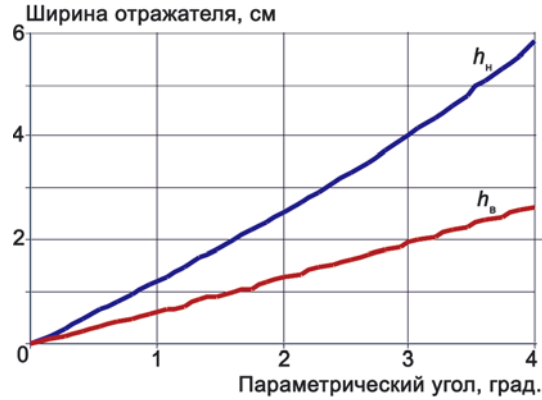


Рис. 6. Расчетные зависимости ширины верхнего h_b и нижнего h_n отражателей модуля от параметрического угла γ
 Fig. 6. The calculated dependences of the width of the upper h_b and lower h_n reflector module from the parametric angle γ

Произведен расчет координатного расположения (профиля) отражателей относительно фотоприемника, представленного на рис. 7, с линейчатым фотоприемником и вторичными отражателями в составе с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором. Точки на верхней и нижней кривых означают координатное расположение границы верхнего и нижнего вторичных отражателей для задаваемых при расчете параметрических углов j .

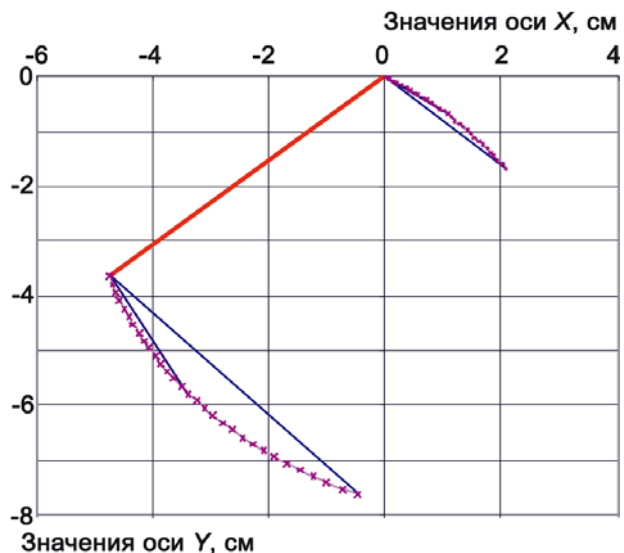


Рис. 7. Координатное расположение (профиль) вторичных отражателей относительно фотоприемника для различных параметрических углов j ($j_1 = 1^\circ, j_2 = 3^\circ$)
 Fig. 7. The coordinate location (profile) of the reflector relative to the detector for different parametric angles j ($j_1 = 1^\circ, j_2 = 3^\circ$)

На основании приведенных формул произведен расчет в Excel профиля модуля, на основании которого в Avtocsad вычерчены лекала для изготовления концентратора и модуля в целом.

На рис. 8 представлены расчетные параметры (форма) профиля модуля с фотоприемником шириной $d = 6$ см с вторичными отражателями и асимметричным параболоцилиндрическим концентратором с шириной миделя $R = 66$ см.

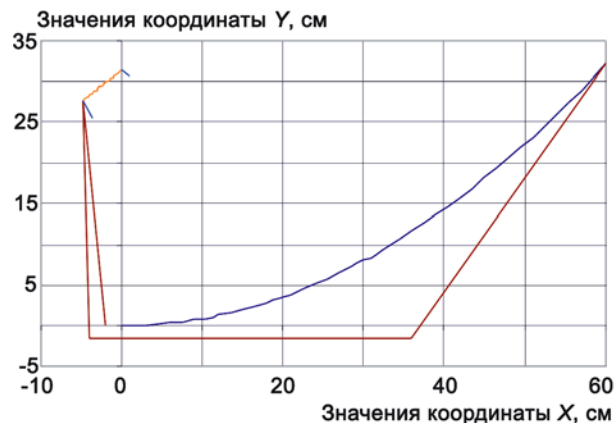


Рис. 8. Расчетные параметры (форма) профиля модуля с фотоприемником шириной $d = 6$ см и параболоцилиндрическим концентратором с шириной миделя $R = 66$ см
Fig. 8. Estimated parameters (form) profile module with photodetector width $d = 6$ cm and the parabolic-cylindrical concentrator with width of the midsection $R = 66$ cm

При уменьшении ширины фотоэлектрического приемника, т.е. при уменьшении площади фотоэлектрического преобразователя, происходит увеличение концентрации освещенности фотоэлектрического приемника.

Таким образом, можно изменять концентрацию освещенности фотоэлектрического приемника, не меняя габаритных размеров концентратора и выбранного типа фотоэлектрических преобразователей.

Из приведенных характеристик видно, что изменение концентрации освещенности по ширине фокальной области теплофотоэлектрического приемника не превышает 40%, что не влияет на электрофизические и тепловые характеристики солнечного модуля.

Установка на основе теплофотоэлектрических модулей с концентраторами солнечного излучения, охлаждаемыми фотоэлектрическими преобразователями с утилизацией тепла, и следящей системой работает следующим образом.

Солнечное излучение, при точном слежении за Солнцем, попадает перпендикулярно миделю солнечного модуля на поверхность параболоцилиндрического концентратора, отражается под углами наклона таким образом, чтобы отраженные лучи от концентратора обеспечивали равномерную концентрацию лучей на фотоэлектрической части теплофотоэлектрического приемника модуля. Теплофотоэлектрический приемник выполнен в виде линейки

шириной h_0 и длиной L из скоммутированных параллельно-последовательно фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) с устройством протока теплоносителя, выполненного в виде трубопровода с треугольным профилем, нагревающим теплоноситель. Расположенные вдоль фотоприемника два вторичных отражателя отражают на ФЭП вышедшее за пределы фотоприемника солнечное излучение от концентратора.

Регулируя скорость протока теплоносителя, можно оптимизировать нагрев фотопреобразователей и теплоносителя, повышая КПД модуля.

На основании расчетов в зависимости от природных условий: мощности солнечного излучения, скорости ветра, температуры среды; конструктивных параметров модуля: размеров концентратора и фотоприемника, оптического КПД, применяемых материалов, расхода теплоносителя (воды) и режима работы – можно прогнозировать выходные параметры (тепловые и электрические) и эффективность работы модуля в целом.

Одной из задач работы солнечной установки со слежением за Солнцем является выбор системы слежения и определения расхода электроэнергии в течение дня, года.

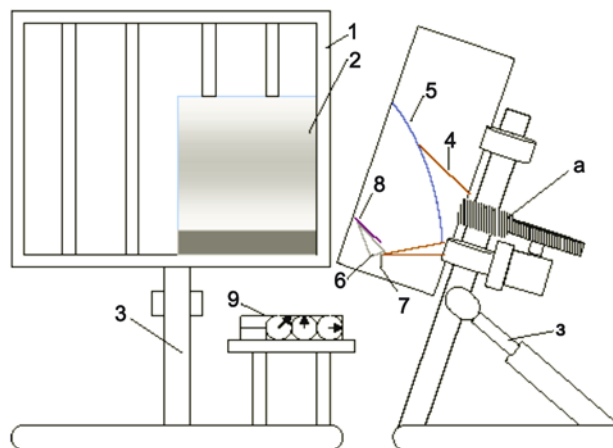


Рис. 9. Принципиальная схема установки:

- 1 – несущая рама; 2 – тепло- и фотоэлектрический модуль;
- 3 – стойка с системой слежения за Солнцем (а – азимутальный поворот, з – зенитальный поворот); 4 – крепежные стойки модуля; 5 – концентратор; 6 – фотоприемник с системой протока теплоносителя; 7 – ввод и вывод теплоносителя; 8 – фотопреобразователи; 9 – система измерений физико-энергетических параметров

Fig. 9. Schematic diagram of the apparatus:

- 1 – support frame; 2 – thermal and photovoltaic module;
- 3 – stand with solar tracking system (a – azimuthal rotation, z – zenith twist); 4 – mounting rack module; 5 – concentrator ; 6 – photodetector with system with coolant flow; 7 – input and output coolant; 8 – photovoltaics; 9 – measurement system of physical and energy parameters

Одна из систем предполагает слежение в течение светового дня вокруг оси стойки с системой слежения (рис. 9) с расположенной на ней несущей рамой с сол-



нечными модулями, изменение угла наклона j которой соответствует углу склонения δ Солнца, меняющегося в пределах $\pm 23,5^\circ$ в году ($0,26^\circ$ в сутки).

Отклонения от угла склонения изредка компенсируются зенитальным поворотом.

Непрерывное движение следящей системы предполагает непрерывный расход электроэнергии двигателем. При дискретном движении двигатель работает в определенных интервалах времени, уменьшая при этом расход электроэнергии.

При смещении угла наклона солнечного излучения γ относительно перпендикуляра к миделю модуля образуется затенение фотоприемника на величину $\Delta L = Lt\gamma$, где L характеризуется координатными значениями концентратора $L = (X^2 + Y^2)^{1/2}$.

При скорости вращения Земли вокруг оси $\alpha = 15^\circ/\text{ч}$ время интервала $t_{\text{инт}}$ (смещения) соответствует величине $t_{\text{инт}} = \gamma/\alpha$.

Количество интервалов k в единицу времени равно: $k = 1/t_{\text{инт}}$.

При скорости вращения несущей рамы вокруг оси V , $^\circ/\text{ч}$, время движения в пределах интервала соответствует величине $t_p = \gamma/V$.

Величина расходуемой электроэнергии $W_{\text{дв}}$ двигателя мощностью $P_{\text{дв}}$ системы слежения в течение дня соответствует значению $W_{\text{дв}} = P_{\text{дв}} t_p k t_{\text{дн}}$, где $t_{\text{дн}}$ – время светового дня на широте φ [2].

На основании приведенных соотношений на рис. 10 представлены расчетные величины продольного затенения фотоприемника ΔL в зависимости от координатного отражения от концентратора солнечного излучения по оси X при различных углах отклонения γ солнечного излучения.

На рис. 11 представлены расчетные зависимости временного интервала t_p , величины затенения фотоприемника ΔL , количества интервалов в единицу времени k от угла отклонения γ .

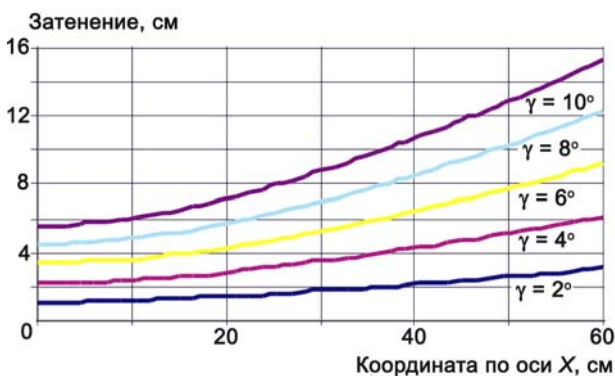


Рис. 10. Расчетные величины продольного затенения фотоприемника ΔL в зависимости от координатного отражения от концентратора солнечного излучения по оси X при различных углах отклонения γ солнечного излучения
Fig. 10. Calculated values shading photodetector ΔL , depending on the coordinate of the reflection of the solar radiation concentrator on the X axis at different deflection angles γ of the solar radiation

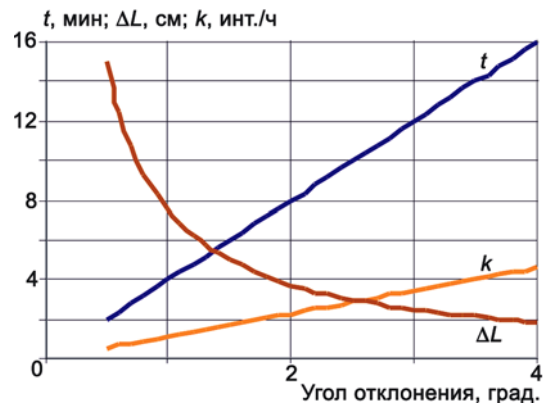


Рис. 11. Расчетные зависимости временного интервала t_p , величины затенения фотоприемника ΔL , количества интервалов в единицу времени k от угла отклонения γ
Fig. 11. Calculated according to the time interval t_p , shading values photodetector ΔL , the number of interval per unit time k from the deflection angle γ

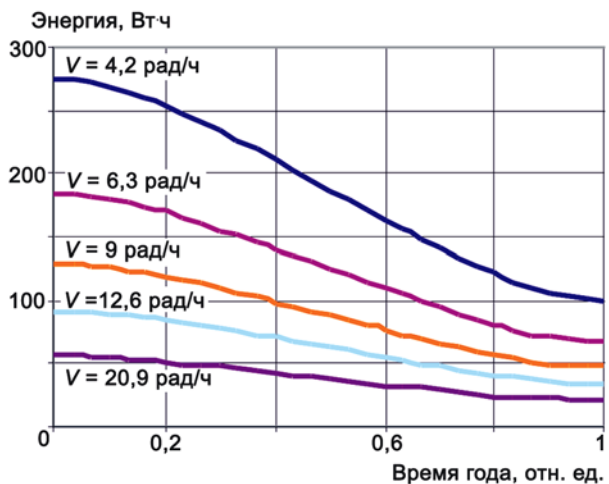


Рис. 12. Расчетные зависимости расхода электроэнергии двигателем системы слежения мощностью 0,5 кВт в течение года при различных скоростях вращения V несущей рамы вокруг оси на широте 57°
Fig. 12. Calculated according power consumption of the motor tracking system 0.5 kW during the year at different speeds V (rad/h) of the supporting frame around an axis at a latitude of 57°

На рис. 12 представлены расчетные зависимости расхода электроэнергии двигателем системы слежения мощностью 0,5 кВт в течение года при различных скоростях вращения несущей рамы вокруг оси на широте 57° .

Выводы

На основании приведенных выше расчетных моделей и графиков можно оптимизировать габаритные размеры блоков модуля СБ, величину концентрации и распределение освещенности на рабочих поверх-

ностях фотоприемника, форму профиля модуля с фотоприемником с вторичными отражателями модуля с асимметричным парабоцилиндрическим концентратором, величины продольного затенения фотоприемника ΔL , зависимости временного интервала t_p простоя двигателя системы слежения, количества

интервалов (работы двигателя) в единицу времени k от угла отклонения γ падающего солнечного излучения на мидель концентратора, зависимости расхода электроэнергии двигателем системы слежения в течение дня, года.

Список литературы

1. Стребков Д.С., Тверьянович Э.В. Концентраторы солнечного излучения, гл. 7: Варианты стационарных парабоцилиндрических концентраторов. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. С. 180-215.
2. Майоров В.А. Расчет и анализ энергетических характеристик солнечных батарей различных типов // Вестник ГНУ ВИЭСХ. 2008. Вып. № 1(3). С. 96-100.

References

1. Strebkov D.S., Tver'ánovič È.V. Koncentratory solnečnogo izlučeniâ, gl. 7: Varianty stacionarnyh parabolocilindričeskikh koncentratorov. M.: GNU VIÈSH, 2007. S. 180-215.
2. Majorov V.A. Rasčët i analiz ènergetičeskikh karakteristik solnečnyh batarej različnyh tipov // Vestnik GNU VIÈSH. 2008. Vyp. № 1(3). S. 96-100.

Транслитерация по ISO 9:1995





ИННОВАЦИОННО-ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ПЛОЩАДКИ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ ВОЛНОВЫХ ВЕТРОДВИГАТЕЛЕЙ: СТРУКТУРА И РОЛЬ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИИ

С.Д. Стрекалов¹, А.С. Стрекалова², Л.П. Стрекалова³

¹Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет
400074 Волгоград, ул. Академическая, д. 1
Тел.: (8442) 97-48-72; e-mail: strekalov_sergey@mail.ru

²Волгоградский государственный университет
400062 Волгоград, пр. Университетский, д. 100
Тел.: (8442) 40-55-14; e-mail: strekalovaas@mail.ru

³Волгоградский государственный аграрный университет
400002 Волгоград, пр. Университетский, д. 26
Тел.: (8442) 41-11-27; e-mail: strekalovalp@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

В данной статье рассматриваются преимущества, структура и функции инновационно-демонстрационных площадок, спроектированных с использованием волновых ветродвигателей. Использование потенциала таких инновационных проектов способствует привлечению заинтересованных групп людей к экологическому развитию территории, ее продвижению и экологически сознательному позиционированию. Обоснована целесообразность использования разработок альтернативной ветроэнергетики в устойчивом развитии территорий, не имеющих уникальных природно-климатических, биологических и исторических факторов, а напротив, обладающих негативной экологической и биологической репутацией. Сформулированы наиболее распространенные проблемы используемых в настоящее время ветродвигателей, которые связаны с использованием в качестве движущей силы силу лобового сопротивления или подъемную силу и имеют горизонтальную или вертикальную ось вращения, что сказывается на уровне акустического шума в области низких и инфранизких частот. Выявлены преимущества дизайнерских кинетических скульптур, в основе которых лежит волновой принцип преобразования энергии ветра. Они заключаются в эстетической привлекательности, безопасности, низком уровне шума, возможности использования скульптур непосредственно вблизи посетителей площадок. Сделан вывод о высоком потенциальном вкладе инновационно-демонстрационных площадок в улучшение социального и инвестиционного климата территорий в рамках устойчивого развития региона или отдельных административно-территориальных единиц, предложены дополнительные экологические демонстрационные мероприятия.

Ключевые слова: парк устойчивого развития, инновационно-демонстрационная площадка, ветряные кинетические скульптуры, волновые ветроэнергетические установки, экологические мероприятия.

INNOVATIVE-DEMONSTRATION PLATFORMS ON THE BASIS OF ECO-FRIENDLY WAVE WIND TURBINES: STRUCTURE AND THE ROLE IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE TERRITORY

S.D. Strekalov¹, A.S. Strekalova², L.P. Strekalova³

¹Volgograd State Architectural and Construction University
1 Akademicheskaya str., Volgograd, 400074, Russia
Tel.: (8442) 97-48-72; e-mail: strekalov_sergey@mail.ru

²Volgograd State University
100 University ave., Volgograd, 400062, Russia
Tel.: (8442) 40-55-14; e-mail: strekalovaas@mail.ru

³Volgograd State Agricultural University
26 University ave., Volgograd, 400002, Russia
Tel.: (8442) 41-11-27; e-mail: strekalovalp@mail.ru

In this article advantages, structure and functions of the innovative-demonstration platforms designed with use of wave wind turbines are considered. Use of potential of such innovative projects promotes involvement of the interested groups of people to ecological development of the territory, its advance and ecologically conscious positioning. Expediency of use of development of alternative wind power in a sustainable development of territories of not having unique climatic, biological and historical factors, and opposite, having negative ecological and biological reputation is proved. The most widespread problems of wind turbines now in use are formulated. They are connected with use as a driving force – force of front resistance or carrying power and have a horizontal or vertical axis of rotation that affects the level of acoustic noise in the field of low and the infralow of frequencies. Advantages of design kinetic sculptures which cornerstone the wave principle of transformation of wind power is are revealed. They consist in esthetic appeal, safety, low noise level, possibility of use of sculptures directly near visitors of platforms. The conclusion is drawn on a high potential contribution of innovative-demonstration platforms to improvement of social and investment climate of territories within a sustainable development of the region or separate administrative and territorial units, additional ecological demonstration actions are offered.

Keywords: park of a sustainable development, innovative-demonstration platform, wind kinetic sculptures, wave wind power installations, ecological actions.



Сергей Дмитриевич
Стрекалов
Sergey D. Strekalov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры альтернативной энергетики и промышленной экологии ВГАСУ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, стаж работы 40 лет.

Образование: Волгоградский сельскохозяйственный институт (1975).

Область научных интересов: волновые процессы, возобновляемые и нетрадиционные источники энергии, волновые ветродвигатели, исследование взаимодействия потока с крылом методом одномерных упругих нитей.

Публикации: 145 статей, 5 монографий, 53 изобретения и патента.

Author information: D. Sc., professor of chair of alternative power engineering and industrial ecology of "Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering", the winner of an award of the Government of the Russian Federation in the field of science and equipment, length of service of 40 years.

Education: Volgograd Agricultural Institute (1975).

Main research interests: wave processes, renewable and alternative energy sources, wind turbines wave, the study of interaction of the flow with the wing by one-dimensional elastic yarns.

Publications: 145 articles, 5 monographs, 530 inventions and patents.



Анастасия
Сергеевна
Стрекалова
Anastasia S. Strekalova

Сведения об авторе: магистрант кафедры маркетинга ВГУ, канд. биол. наук, лауреат конкурса «Чистая вода», обладатель золотой медали Всероссийского смотра-конкурса «Лучших пищевых продуктов, продовольственного сырья и инновационных разработок», стаж работы 14 лет.

Образование: Волгоградский государственный медицинский университет (2001).

Область научных интересов: социально-экологические системы региона в аспекте экологического и территориального маркетинга, анализ экологических компонентов социально-экономического развития регионов, стратегическое экологическое планирование, использование достижений альтернативной энергетики в устойчивом развитии территории.

Публикации: 32 статьи, 3 монографии, 4 патента.

Author information: undergraduate of chair of marketing, Volgograd state university, Candidate of Biology, winner of the competition "Clear water", owner of a gold medal of the All-Russian review competition "The best foodstuff, food staples and innovative development", length of service of 14 years.

Education: Volgograd State Medical University (2001).

Main research interests: social-ecological systems of the region in aspect of ecological and territorial marketing, the analysis of ecological components of social and economic development of regions, strategic ecological planning, use of achievements in the field of alternative power engineering in a sustainable development of the territory.

Publications: 32 articles, 3 monographs, 4 patents.





Любовь Петровна
Стрекалова
Lyubov P. Strelakova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры электротехнологии в сельском хозяйстве ВГАУ, обладатель диплома III Международного научно-технического конгресс «Сельскохозяйственные машины» Болгария, 2015 г., стаж работы 38 лет.

Образование: Волгоградский сельскохозяйственный институт (1974).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, тепловые насосы, энергосбережение.

Публикации: 38 статей, 2 монография, 15 патентов.

Author information: Candidate of Technical Sciences, associate professor of electrotechnology in agriculture, Volgograd state agricultural university, the owner of the diploma of the III International scientific and technical the congress "Farm vehicles" Bulgaria, 2015, length of service of 38 years.

Education: Volgograd Agricultural Institute (1974).

Main research interests: renewables, thermal pumps, energy saving.

Publications: 38 articles, 2 monograph, 15 patents.

Введение

Негативная экологическая обстановка, сложившаяся на традиционных старопромышленных территориях, ограничивает рост экономики регионов и вызывает «экологическую миграцию» [1]. Одним из способов привлечения заинтересованных групп людей к экологическому развитию территории, ее продвижению и позиционированию является использование инновационных проектов, таких как создание специализированных «инновационных парков устойчивого развития». Примером такого парка может служить инновационно-демонстрационная площадка, спроектированная с использованием волновых ветродвигателей.

Теоретический анализ

Парки, пропагандирующие принципы устойчивого развития в России, существуют, но, как правило, создаются на базе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) или особо используемых природных территорий (ОИПТ) и используются для демонстрации аутентичного биоразнообразия. Например, Муравьевский парк устойчивого природопользования, находящийся в Тамбовском районе Амурской области, изначально создавался на территории с уникальным биоразнообразием, его земли входят в Список водно-болотных угодий международного значения (Рамсарская конвенция), он также имеет статус заказника областного значения [2]. Парк был учрежден для «внедрения форм и методов природопользования, которые позволят улучшить условия обитания редких видов на «работающих» землях и одновременного повышения уровня жизни и образования населения» [2]. Основные направления работы парка – это демонстрация уникальной орнитофауны региона; экологическое просвещение местного населения по поводу охраны редких видов и природных комплексов (работа со школьниками, организация выставок и фестивалей, посвященных природе края); внедрение устойчивых форм природопользования (выращивание экологически чистой продукции); на-

лаживание международного сотрудничества в области устойчивого развития и т.д. [2].

В других странах также существует практика создания парков устойчивого развития. Например, в Великобритании создан Фонд парков устойчивого развития, объединивший 15 национальных парков. К задачам этих парков относится сохранение и улучшение красоты природы, в том числе дикой, и культурного наследия, а также расширение возможностей для взаимодействия национальных парков и общества [3]. Данный фонд уже поддержал различные экологические проекты по установке энергосберегающих систем отопления, сбору дождевой воды, строительству экзданий с торфяными крышами, созданию центров креативного цикла и подготовке «зеленых послгов».

Объективная реальность заключается в том, что практически в каждом регионе страны существуют территории, которые не могут «похвастаться» уникальными природно-климатическими ресурсами, а напротив, обладают негативной экологической и биологической репутацией. Использование современных разработок инновационных проектов в устойчивом развитии таких депрессивных зон позволяет улучшить социальный, а впоследствии и инвестиционный климат.

Парки, имеющие инновационный профиль с акцентом на кинетические скульптуры, работающие на волновом принципе использования энергии ветра, имеют неоспоримые преимущества. Они красивы, экологичны, физиологичны для восприятия, полезны, производительны и при этом безопасны для посетителей и птиц. Одним из важнейших преимуществ таких площадок является то, что они могут создаваться в депрессивных регионах, не пригодных для застройки и стандартных методов озеленения, на местах бывших свалок, пустырей, неработающих заводов, заброшенных сельхозугодий и т.д. Особенно целесообразно сооружение «инновационных парков устойчивого развития» в засушливых, ветряных регионах.

Кроме эстетической и пропагандистской целей, парк ветряных кинетических скульптур может привлечь заинтересованные группы людей из других регионов и поможет организовать международное



сотрудничество. Как показывает зарубежный опыт, подобные громкие инновационные проекты в рамках устойчивого развития привлекают внимание высокопоставленных политических деятелей к проблемам территории, например, генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун, посетив парк генераторов энергии ветра в городе Ривас, отметил, что «возобновляемые источники энергии играют важную роль в продвижении устойчивого развития – это золотая нить, связывающая устойчивое развитие с социальными, экономическими и экологическими аспектами» [4].

Немаловажным аспектом создания парка является его название. Оно должно отражать инновационно-демонстрационный профиль парка и при этом быть приятным для лексико-семантического восприятия посетителями, местными жителями, инвесторами, СМИ и т.д. Предлагаются следующие рабочие названия: «Парк ветра», «Ветропарк», инновационно-демонстрационная площадка «Ветер перемен», «Инновационный парк устойчивого развития», «Парк Энергия ветра», «Парк Волновая электроэнергетика», «Парк ветряных кинетических скульптур».

Практическая часть

Спецификой данного парка является использование энергии ветра, поэтому в качестве структурных композиций предлагается использовать дизайнерские кинетические (движущиеся) скульптуры, в основе которых лежит волновой принцип преобразования энергии ветра. Преимуществом данных конструкций, по сравнению с их трехлопастными аналогами, явля-

ется их эстетическая привлекательность, безопасность, низкий уровень шума. Подавляющее большинство распространенных сейчас ветровых двигателей (ВД) используют в качестве движущей силы силу лобового сопротивления или подъемную силу и имеют горизонтальную или вертикальную ось вращения, что сказывается на уровне акустического шума в области низких и инфранизких частот. Это создает дополнительную нагрузку на экологическую среду, размещать ветроэнергетические установки (ВЭУ) мощностью более 10 кВт необходимо на расстоянии не менее 1 км от мест проживания людей, и тем более не представляется возможным использовать мощные ВЭУ в непосредственной близости от посетителей инновационно-демонстрационных площадок [5].

Для преодоления вышеперечисленных трудностей была создана серия волновых ветродвигателей кинематического и резонансного типов, каждый ветродвигатель имеет характерный внешний вид, их прототипами послужили животные, насекомые, достопримечательности, события и т.д., имеющие стойкие ассоциации. Эти конструкции отличаются по характеру движения рабочих органов (движение в вертикальной плоскости, движение в горизонтальной плоскости), по числу крыльев (однокрылые, двухкрылые, трехкрылые и т.д.), по расположению крыльев относительно направления потока (перпендикулярно направлению потока, вдоль направления потока), по характеру связей между отдельными элементами конструкций (кинематические, резонансные). Название ветродвигателей и их краткое техническое описание приводится в таблице.

Кинетические скульптуры инновационно-демонстрационной площадки
Kinetic sculptures of innovative-demonstration platform

Название и модификация ветродвигателя	Конструктивные особенности
Чайка (ВВС*–8)	Связь кинематическая, две консольные лопасти. В среднем положении лопасти находятся в горизонтальной плоскости. Обе лопасти совершают колебания около горизонтальной оси
Летучая рыба (ВВС–8)	Связь кинематическая, две консольные лопасти. В среднем положении лопасти находятся в горизонтальной плоскости. Обе лопасти совершают колебания около горизонтальной оси
Приветствие (ВВС–5)	Имеет резонансную связь элементов конструкции. Лопасть консольно расположена в вертикальной плоскости и может устанавливаться как вдоль направления потока ветра, так и перпендикулярно. Лопасть совершает угловые колебания около вертикальной оси
Саранча (ВВС–3, 4)	У конструкции имеются два крыла, верхнее установлено горизонтально, нижнее крыло располагается перпендикулярно направлению ветра
Знамя (ВВС–5, 6)	Конструкция такого типа имеет древко, на консольном конце которой крепится плоская лопасть, расположенная вдоль направления ветра с закрепленной на ней эластичной тканью. Этот вариант создается на основе ВВС–5 с резонансной связью элементов или на основе ВВС–6 с кинематической связью элементов
Эйфелева башня (ВВС–5)	ВВС–5 имеет резонансную связь элементов конструкции. Лопасть консольно расположена в вертикальной плоскости и может устанавливаться как вдоль направления потока ветра, так и перпендикулярно. Лопасть совершает угловые колебания около вертикальной оси. Может также использоваться ВВС–6 с кинематической связью элементов
Меч (ВВС–5)	Имеет резонансную связь элементов конструкции. Лопасть консольно расположена в вертикальной плоскости и может устанавливаться как вдоль направления потока ветра, так и перпендикулярно. Лопасть совершает угловые колебания около вертикальной оси. Может также использоваться ВВС–6 с кинематической связью элементов

Стая рыб (ВВС-5, 6)	Несколько параллельно расположенных плоскостей по кинематической схеме ВВС-5 или ВВС-6 с резонансными или кинематическими связями элементов конструкции
Крыло (ВВС-7)	Связь кинематическая, одна лопасть консольная. Совершает угловые колебания. В среднем положении находится в горизонтальной плоскости. Лопасть совершает колебания около горизонтальной оси
Привод велоборда (ВВС-7)	Связь кинематическая, одна лопасть консольная. Совершает угловые колебания. В среднем положении находится в горизонтальной плоскости. Лопасть совершает колебания около горизонтальной оси
Устройство для выкачивания нефти за счет энергии ветра (ВВС-2)	Кинематическая связь элементов с одним генератором колебаний, движение крыла происходит в горизонтальной плоскости. Движение лопасти плоско-параллельное
Маятник (ВВС-5)	Имеет резонансную связь элементов конструкции. Лопасть консольно расположена в вертикальной плоскости и может устанавливаться как вдоль направления потока ветра, так и перпендикулярно. Лопасть совершает угловые колебания около вертикальной оси. Может также использоваться ВВС-6 с кинематической связью элементов
Журавль (ВВС-10)	Связь элементов резонансная. Одна лопасть занимает горизонтальное положение, другая вертикальное. Совершаются колебания около горизонтальной оси

*Здесь и далее ВВС – модификации волнового ветродвигателя Стрекалова.

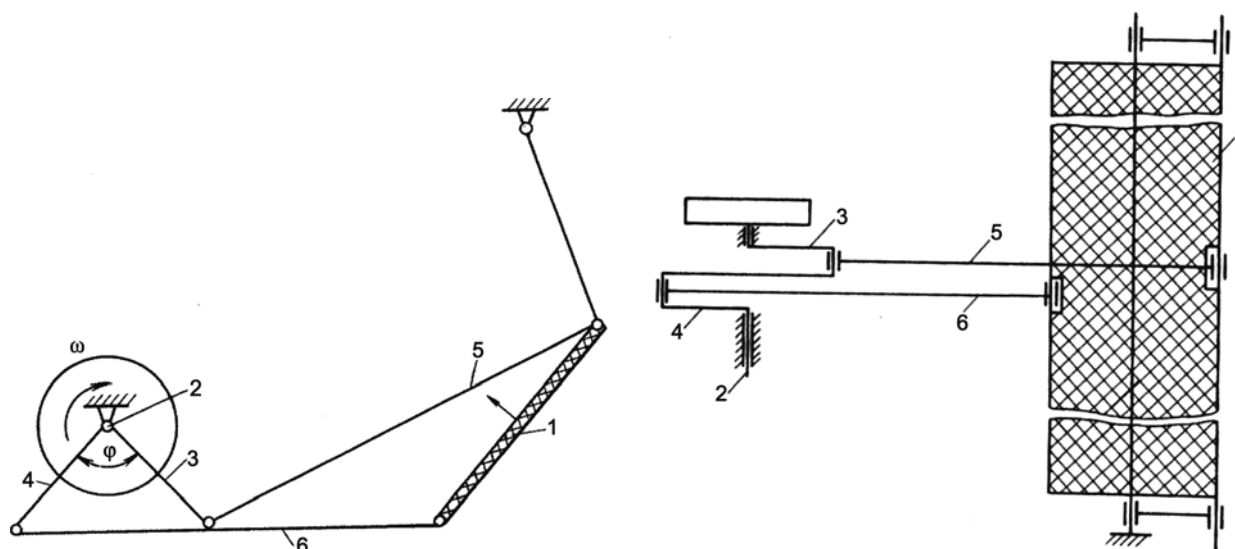


Рис. 1. Волновой ветродвигатель ВВС-1:

1 – ветровоспринимающая поворотная плоскость; 2 – вал; 3, 4 – коленвал; 5, 6 – шатуны

Fig. 1. Wave wind turbine of ВВС-1:

1 – wind perceiving rotary plane; 2 – shaft; 3, 4 – crankshaft; 5, 6 – rods

Каждая кинетическая скульптура имеет свои конструктивные особенности, но всех их объединяет единство функциональной базы – они являются элементами бегущей волны. На рис. 1 изображена схема автоколебательного ветродвигателя (ВВС-1), прошедшего испытания в лабораториях Института механики МГУ [6].

Модифицированная модель, более простая в конструктивном исполнении, показана на рис. 2 [7]. Лопасть этого ветродвигателя жестко связана с шатуном кривошипно-шатунного механизма. Более подробное описание модификаций вышеуказанных ветродвигателей дано в [5, 7].

Несомненным конкурентным преимуществом ВВС различных модификаций является механизм самозапуска. Ветродвигатели самостоятельно, без внешнего вмешательства, приходят в движение при

усилении потока и прекращают колебания при его ослаблении, что обеспечивает их длительное и устойчивое функционирование. Кроме того, ветродвигатели позволяют избежать создания внушительной инфраструктуры благодаря энергетической автономности. Посетители могут не только любоваться многообразием движущихся элементов, но и сами участвовать в нем. Для этого в проекте предусмотрены ветродвигатели «Крылатые качели».

Кроме кинетических скульптур, расположенных в определенных секторах парка, целесообразно добавить следующие элементы и мероприятия, характеризующие экологическую направленность данной территории:

– сооружения, имитирующие «зеленый дом», оснащенные солнечными батареями и торфяными крышами;

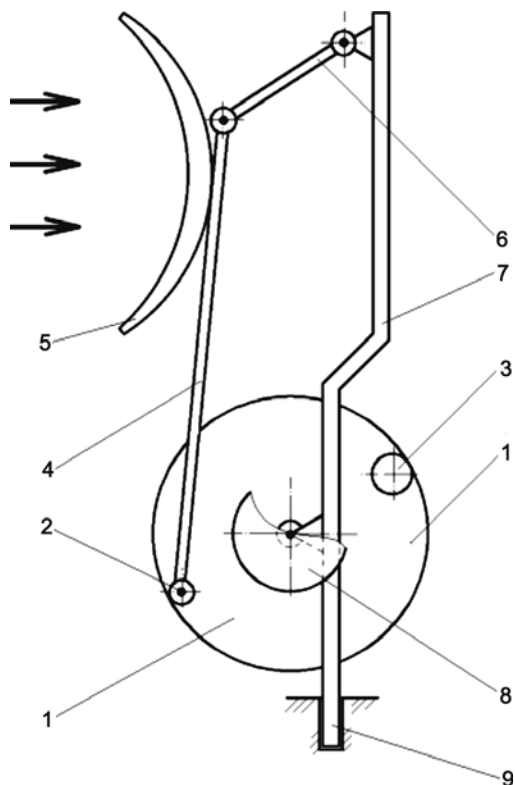


Рис. 2. Волновой ветродвигатель BBC-2:
 1 – маховик; 2 – кривошип; 3 – балансир; 4 – шатун;
 5 – ветровоспринимающая поверхность;
 6 – соединительное звено; 7 – рама;
 8 – противовес маховика; 9 – опора

Fig. 2. Wave wind turbine of BBC-2:
 1 – flywheel; 2 – crank; 3 – balance weight; 4 – a rod;
 5 – wind perceiving surface; 6 – connecting link;
 7 – frame; 8 – flywheel counterbalance; 9 – support

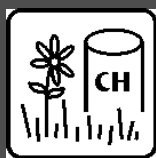
Список литературы

1. Лукина А.В. Построение взаимоотношений в цепях поставок в условиях экологического императива маркетинга // Инициативы XXI века. 2014. № 3. С. 21-22.
2. Смиренский С.М., Смиренская Е.М. Муравьевский парк – первая особо используемая природная территория. URL: <http://www.muraviovkapark.ru/historyTezis.html>.
3. <http://www.nationalparks.gov.uk/lookingafter/sustainable-development.htm>.
4. Пан Ги Мун посетил парк генераторов энергии ветра в Никарагуа // Центр новостей ООН. Новости по континентам. 30.07.2014. URL: <http://www.un.org/russian/news/story.asp?newsID=22078#VWryjUaCTIU>.
5. Стрекалов С.Д., Гришин С.С., Пивченко А.В., Стрекалова А.С. К вопросу создания эффективного экологичного волнового автоколебательного ветродвигателя // Альтернативная энергетика и экология – ISJAE. 2014. № 4. С. 26-32.
6. А. с. № 1240949 Ветродвигатель / С.Д. Стрекалов // Бюл. изобр. 1986. № 24.
7. Патент на изобретение RUS 2447320. Устройство для преобразования ветровой энергии / С.Д. Стрекалов, Л.П. Стрекалова, В.А. Поляков, А.Л. Бормотов // Оpubl. 2010.

References

1. Lukina A.V. Postroenie vzaimootnošenij v cepâh postavok v usloviâh êkologičeskogo imperativa marketinga // Inicijaty XXI veka. 2014. № 3. S. 21-22.
2. Smirenskij S.M., Smirenskaâ E.M. Murav'evskij park – pervaa osobo ispol'zuemaâ prirodnaâ territoria. URL: <http://www.muraviovkapark.ru/historyTezis.html>.
3. <http://www.nationalparks.gov.uk/lookingafter/sustainable-development.htm>.
4. Pan Gi Mun posetil park generatorov ènergii vetra v Nikaragua // Centr novostej OON. Novosti po kontinentam. 30.07.2014. URL: <http://www.un.org/russian/news/story.asp?newsID=22078#VWryjUaCTIU>.
5. Strekalov S.D., Grišin S.S., Pivčenko A.V., Strekalova A.S. K voprosu sozdaniâ èffektivnogo êko-logičnogo volnovogo avtokolebatelnogo vetrodvigatelâ // Al'ternativnaâ ènergetika i êkologija – ISJAE. 2014. № 4. S. 26-32.
6. A. s. № 1240949 Vetrodvigatel' / S.D. Strekalov // Bûl. izobr. 1986. № 24.
7. Patent na izobretenie RUS 2447320. Ustrojstvo dlâ preobrazovaniâ vetrovoj ènergii / S.D. Strekalov, L.P. Strekalova, V.A. Polâkov, A.L. Bormotov // Opubl. 2010.

Транслитерация по ISO 9:1995



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ БИОМАССЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

*Ю.Н. Шалимов¹, А.В. Епифанов¹, В.И. Кудряш², В.Д. Епифанов¹,
М.В. Лутовац³, В.И. Федянин⁴, Е.П. Евсеев⁵, С.А. Соколов⁶,
П.Н. Макаров⁷, Г.Я. Власов⁸, Г.С. Вернян⁸*

¹АО «НКТБ «Феррит»

394066 Воронеж, Московский пр., д. 179/4

Тел.: 8-905-053-45-73, e-mail: shalimov_yn@mail.ru

²Воронежский институт МВД России

394065 Воронеж, пр. Патриотов, д. 53

Тел.: 8-920-400-04-06, e-mail: kudrjash_vi@mail.ru

³Белградский союзный университет. Белград, Сербия, e-mail: lutovac@mail.ru

⁴Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

394052 Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231

e-mail: ga-kvashnina@mail.ru

⁵Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (ВГАСУ)

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

⁶ООО «Диодосвет»

394016 Воронеж, ул. 45 Стрелковой Дивизии, д. 234, кв. 5

Тел.: +79204022211, e-mail: sergeum@mail.ru

⁷ООО Финансово-промышленная компания «КОСМОС-НЕФТЬ-ГАЗ»

394019 Воронеж, ул. 9 Января, д. 180

Тел./факс: (473)247-95-35, e-mail: makarov@kng.vrn.ru

⁸Воронежский государственный лесотехнический университет (ВГЛТУ)

394087 Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Во введении дан критический анализ технологий, принятых в последнее время на практике при переработке отходов сельскохозяйственного и промышленного производства, а также дана оценка способам, описывающим энергосберегающие технологии. В разделе фотосинтез рассмотрены основные фотохимические процессы, протекающие в процессе развития растений. Дана количественная оценка содержания углерода в различных частях биосферы, что нарушение баланса продуктов синтеза (потребление) и утилизации может привести к необратимым экологическим последствиям. Рассмотрены процессы фотосинтеза растений и установлено, что скорость этих процессов зависит как от внешних условий, так и от техногенных воздействий на окружающую среду. В работе дан анализ обращенного уравнения фотосинтеза и дан анализ механизмов электронных превращений в растительных клетках. При рассмотрении физико-химической сущности фотосинтеза установлено, что основным источником энергии, накапливаемой растениями, является солнечное излучение, а входящие в структуру растений ферменты и системы преобразования представляют сложный механизм по превращению энергии Солнца в энергию биомассы. При анализе спектров поглощения растительной клеткой показано, что основные виды представителев флоры имеют характерные спектры поглощения, максимумы длин которых лежат в области красного излучения и фиолетового. Основная видимая часть спектра (желтый, зеленый, голубой), как правило, отражается биологическим объектом. На основании спектральных характеристик поглощения растений сделаны выводы о том, что для повышения эффективности энергосберегающих технологий необходимо использовать не традиционные применяемые источники искусственного освещения для выращивания растений (ртутные газоразрядные лампы), а сконструированные на основе светодиодов экономичные и с большим ресурсом работы светодиодные преобразователи. Дан анализ скорости процессов преобразования энергии в системах разной светочувствительности и показано, что этот процесс может быть оптимизирован применением систем, позволяющим использовать регулировку светового потока искусственных источников излучения. Рассмотрены экологические процессы, связанные с развитием растений, с точки зрения влияния температуры окружающей среды и соответствия водного режима для аккумуляции биомассы.

Ключевые слова: фотосинтез, биологические рецепторы, квантовые переходы, транспорт электронов, биологическая мембрана, диффузия, АТФ – аденозинтрифосфорная кислота, НАДФ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат, синглетный переход, триплетный переход, спектры поглощения, хлоропласт, хлорофилл, β-каротин, фикоэритрин, фикоэритробилин, магнийпорфирин, тилакоид, центр фотосистемы, АТФ-синтаза.

PHYSICO-CHEMICAL BASIS OF PROCESSES OF FORMATION BIOMASS AND PROSPECTS OF ITS USE IN ALTERNATIVE ENERGY

*Yu.N. Shalimov¹, A.V. Epifanov¹, V.I. Kudrjash², V.D. Epifanov¹, M.V. Lutovac³,
V.I. Fediyanin⁴, E.P. Evseev⁵, S.A. Sokolov⁶, P.N. Makarov⁷, G.Ya. Vlasov⁸, G.S. Veranjan⁸*

¹JSC "SCTB "Ferrit"

179/4 Moscow ave., Voronezh, 394066, Russia

Tel.: 8-905-053-45-73, e-mail: shalimov_yn@mail.ru

²Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia

53 Patriotov ave., Voronezh, 394065, Russia

Tel.: +7-920-400-04-06, e-mail: kudrjash_vi@mail.ru

³Belgrad Union University

Belgrad, Serbia, lutovac@mail.ru

⁴Voronezh State Fire Service Institute of Emergency Ministry

231 Krasnoznamenaya str., Voronezh, 394052, Russia

e-mail: ga-kvashnina@mail.ru

⁵Voronezh State University of Civil Engineering

84, 20th Anniversary of October str., Voronezh, 394006, Russia

⁶LTD «Diodosvet»

234/5, 45th Strelkovoi Divizii str., Voronezh, 394016, Russia

Tel.: +79204022211, e-mail: sergeum@mail.ru

⁷LTD Financial and Industrial Company "KOSMOS-NEFT-GAZ"

180, 9 January str., Voronezh, 394019, Russia

Tel./fax: (473) 247-95-35, e-mail: makarov@kng.vrn.ru

⁸Voronezh State Forestry University (VGLTU)

8 Timiryazev str. Voronezh, 394087, Russia

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

In the introduction to a critical analysis of technologies adopted in the last time, her practice in the processing of waste agricultural and industrial production, as well as the estimation methods for describing the energy-saving technologies. In the photosynthesis of the basic photochemical processes in the development of plants. A quantitative estimation of the carbon content in different parts of the biosphere. It is shown that an imbalance of the synthesis products (consumption) and disposal can lead to irreversible environmental consequences. The processes of photosynthesis in plants and found that the rate of these processes depends on the external conditions and anthropogenic impacts on the environment. The paper analyzes the converted equation of photosynthesis and analyzes the mechanisms of electronic transitions in plant cells. When considering the physical and chemical nature of photosynthesis revealed that the main source of energy stored by plants is solar emission, and included in the structure of plant enzymes and conversion system is a complex mechanism for the conversion of solar energy into biomass. In the analysis of the absorption spectra of plant cell shows that the main types of flora have characteristic absorption spectra, the maximum length of which lie in the region, red and violet emission. The main visible part of the spectrum (yellow, green, blue), is generally reflected the biological object. Based on the spectral absorption characteristics of plants conclusions that to improve the efficiency of energy-saving technologies should be used not traditional sources of artificial light used for growing plants (mercury vapor lamps), and constructed on the basis of cost and LEDs with long service life LED transformation-verter. The analysis of the rate of energy conversion processes in B-tems with different sensitivity and shown that this process can be optimized by the use of systems, allowing use of light flux control artificial sources of emission. The ecological processes associated with the development of the plant in terms of the influence of the ambient temperature and the water regime of compliance to accumulate biomass.

Keywords: photosynthesis, biological receptors, quantum transitions, electron transport, biological membrane, diffusion, ATP – adenosine triphosphate, NADP – nicotinamide, singlet transition, triplet transition, the absorption spectra, the chloroplast, chlorophyll, β -carotene, phycoerythrin, Phycoerythrobilin, magnioporfirin, thylakoids, the center of photosystem, ATP synthase.



Юрий Николаевич
Шалимов
Yuri N. Shalimov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры электромеханических систем и электроснабжения ВГТУ. Руководит лабораторией экспериментальных технологий энерго-ресурсосбережения.

Основной круг интересов: электрохимические процессы в водородной энергетике.

Публикации: более 500, 2 монографии.

Information about the author: Doctor of Technical Sciences, Professor of electromechanical systems and electricity VSTU. Directs the laboratory of experimental energy saving technologies.

Research area: electrochemical processes in hydrogen energy.

Publications: more than 500, 2 books.



Александр
Вениаминович
Епифанов
Alexander V. Epifanov

Сведения об авторе: начальник сектора метрологии ОАО НКТЬ «Феррит», зам. начальника отдела надежности, испытаний и метрологии.

Область научных интересов: биологические и биохимические процессы, микробиология, метрологические процессы, энергетика, электрохимия.

Публикации: 5.

Information about the author: chief metrology sector at JSC "SCTB "Ferrit", a deputy head of the department of reliability, testing and metrology. The department is engaged metrology software, testing and calculating the reliability of the products produced by the enterprise. The main directions of the wastewater treatment system without the use of reactive substances using electrochemical techniques of neutralization of the water.

Research area: biological and biochemical processes, microbiology, metrology processes, energy, participation in international conferences on applied and theoretical issues of electrochemistry.

Publications: 5.



Владлен Иванович
Кудряш
Vladlen I. Kudrjash

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Радиотехника и электроника» Воронежского института МВД России.

Образование: Воронежский государственный университет (1963).

Область научных интересов: исследование изменения физических свойств ферроиков, связанных с фазовыми переходами, материалы для водородной энергетики.

Публикации: 70.

Information about the author: candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair of radio engineering and electronics Voronezh Institute of the Interior of Russia.

Education: Voronezh State University (1963).

Research area: ferroics, phase transitions, hydrogen energy.

Publications: 70.



Вениамин
Дмитриевич
Епифанов
Venjamin D. Epifanov

Сведения об авторе: главный метролог – начальник отдела надежности, испытаний и метрологии НКТЬ «Феррит».

Область научных интересов: метрологическое обеспечение наукоемких технологий.

Публикации: 3.

Information about the author: chief of metrology – head of reliability, testing and metrology JSC "SCTB "Ferrit". The department is engaged metrology software, testing and calculating the reliability of the products produced by the enterprise.

Research area: metrological support of high technologies.

Publications: 3.



Митар В. Лутовац
Mitar V. Lutovac

Сведения об авторе: академик, профессор, доцент Факультета бизнеса и промышленного менеджмента Белградского союзного университета.

Образование: магистратура Технического факультета Чакчак (2008).

Область научных интересов: информационные технологии.

Публикации: более 35.

Information about the author: acad., professor, docent, Faculty of Business and Industrial Management, University Union Belgrade.

Education: magistrature Faculty Cakcak (2008).

Research area: information technology.

Publications: more than 35.



*Виталий Иванович
Федянин
Vitaly I. Fedyanin*

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, профессор по кафедре системного анализа и управления в медицинских и педагогических системах, акад. Международной Академии наук Экологии, Безопасности человека и природы, акад. Национальной Академии Наук Пожарной безопасности.

Область научных интересов: экология, системный анализ, обработка информации.
Публикации: более 700, 2 монографии.

Information about the author: doctor of technical sciences, professor.
Research area: ecology, system analysis, data processing.

Publications: more than 700 papers, 2 books.



*Евгений Павлович
Евсеев
Evgeny P. Evseev*

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение» Воронежского гос. архитектурно-строительного университета.

Образование: МИФИ (1979).

Основной круг интересов: процессы переноса заряда, массы, энергии, гидравлика, энерго-сберегающие технологии, экология.

Публикации: 12.

Information about the author: candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of "Hydraulics, water supply and sanitation", Voronezh State University of Architecture and Construction.

Education: Moscow Engineering Physics Institute (1979).

Research area: charge transfer processes, mass, energy, hydraulics, energy-saving technology, ecology.

Publications: 12.



*Сергей Александрович
Соколов
Sergei A. Sokolov*

Сведения об авторе: канд. техн. наук, директор ООО «Диодосвет». Специальность – тепловые двигатели летательных аппаратов.

Основной круг интересов: энергетика тепловых машин, энергосберегающая светотехника.

Публикации: около 50.

Information about the author: candidate of technical sciences, LTD "Diodosvet", director. Specialty – heat engines of aircraft.

Research area: energy thermal machines, energy-saving lighting fixtures.

Publications: about 50.



*Павел Николаевич
Макаров
Pavel N. Makarov*

Сведения об авторе: соискатель ученой степени кандидата технических наук по специальности «Разработка систем автоматического управления и регулирования технологических процессов».

Область научных интересов: математическое моделирование технологических процессов и их аналитическое решение.

Information about the author: applicant degree of candidate of technical sciences on specializing "Development of automatic control and regulation of technological processes".

Research area: mathematical modeling of technological processes and their analytical solution.





Геннадий Яковлевич
Власов
Gennadiy Ya. Vlasov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор.
Основной круг интересов: системы очистных сооружений на базе критических технологий.
Публикации: более 80.

Information about the author: Ph.D., Professor.
Research area: System sewage treatment plants on the basis of critical technologies.
Publications: more than 80.



Грантик Седратович
Веранян
Grantik S. Veranjan

Сведения об авторе: инженер-технолог.
Основной круг интересов: технологии переработки отходов древесины.
Публикации: 2.

Information about the author: process engineer.
Research area: technology for processing wood waste.
Publications: 2.

Введение

Главной причиной, побудившей авторов к публикации материала этой статьи, стало появление в открытой печати материалов о так называемых «перспективных» направлениях развития современной науки и техники. Глобализация производства в любой отрасли таит в себе опасную перспективу уничтожения природных ресурсов нашей планеты, если при этом не предусмотрены меры по исключению последствий его воздействия на экологическую обстановку. Создание сверхмощных сельскохозяйственных комплексов по производству свинины на ограниченных территориях без проверенной технологии переработки отходов производства – пример такой ситуации.

Принятый на «вооружение» лагунный способ переработки стоков свиноферм – не обеспечивает ни по каким параметрам экологических условий технологии. Предложенные зарубежными производителями биогазовые установки не обеспечивают замкнутый цикл переработки отходов и при этом себестоимость выработанной энергии на биогазовых станциях зна-

чительно выше стоимости электроэнергии энерго-бытовых компаний.

Достаточно опасной является идея обеспечения энергетической потребности человечества почти даровым сланцевым газом, за ней кроется возможная экологическая катастрофа. Закачка далеко не безопасных реагентов в поверхностные слои грунтов может нарушить сложную природную систему циркуляции водных горизонтов и лишить человека родниковых источников воды. А что кроется за идеей перевести сельскохозяйственные машины на «дешевое» рапсовое топливо? Самые элементарные экономические расчеты показывают, что примерно 10 га черноземной почвы дадут урожай, переработав который, можно обеспечить круглогодичную работу трактора с мощностью двигателя 50 л.с. Вывод из рационального сельхозоборота такого количества земли можно отнести лишь к непродуманным решениям. Ведь получить гораздо большее количество такого синтетического топлива можно другим, менее затратным способом и с большим экономическим эффектом.

Для решения проблемы переработки твердых бытовых отходов в Московском регионе за рубежом были приобретены установки прямого их сжигания при высоких температурах (800-1200 °С). По предлагаемой технологии продукты сгорания (золы) должны захораниваться в карьерах. Но оказалось, что продукты захоронения начинают выделять газы. Анализ показал в их составе наличие бензольных колец. Заключение – технология не доработана до завершения.

И, наконец, одной из актуальных задач современной России является реформирование системы ЖКХ. В общем составе системы раздел водоподготовки и водоотведения занимает одно из главных мест.

В основу технологического процесса заложена биологическая схема очистки, разработанная еще в начале XX века. Биологическая очистка с помощью илов эксплуатировалась практически около 100 лет. За это время на картах хранения отработанных илов скопились запасы органических отходов в сотни тысяч тонн для каждого региона.

Предлагаемые на местах способы утилизации не отличаются оригинальностью: в одних регионах предлагается прессовать и упаковывать илы с последующим захоронением в карьерах, в других – использовать отработанные илы для удобрений в прилегающих к региону лесополосах. Очевидно, авторы этих «инноваций» забывают о том, что в отработанных илах могут находиться соединения хрома, ртути, кадмия и другие компоненты, попадание которых в водные горизонты нанесет непоправимый урон природе.

Одной из проблем индустриализации сельскохозяйственного производства является повышение концентрации поголовья скота и птиц на единицу производственной площади. В связи с этим в производственных помещениях возрастает концентрация продуктов жизнедеятельности животных. Для устранения запахов нами разработана газоразрядная установка непрерывного действия, позволяющая регенерировать атмосферу в неветилируемом помещении. В случае применения приточно-вытяжной вентиляции на выходе из помещения можно использовать ионизатор воздуха любой конструкции и в этом случае чистота атмосферы будет обеспечена.

Авторы ставят перед собой задачу на основе уже известных достижений биологии и физиологии строения клетки, а также результатов собственных экспериментов предложить новые технологии завершения цикла переработки отходов, исключая процессы захоронения продуктов переработки.

Итак, необходимыми требованиями к технологиям утилизации отходов производства должны быть следующие:

1. Технология не должна иметь незавершенных циклов (отсутствие переработанных продуктов).
2. Должна быть энергетически малозатратна и обеспечивать энергоресурс за счет процесса переработки.
3. Не ухудшать экологии среды.
4. Экономически целесообразна.

Фотосинтез

В современной физиологии растений под фотосинтезом подразумевается комплекс процессов поглощения, превращения и использования энергии квантов света для различных реакций, таких как фотолитиз воды и восстановление углекислого газа до органических веществ.

В основе фотосинтеза лежат окислительно-восстановительные реакции, в которых электроны переносятся от донора (напр., H_2O , H_2S) к акцептору (CO_2) с образованием восстановленных соединений (углеводов) и выделением O_2 (если донор электронов H_2O) и S (если донор электронов H_2S).

Фотосинтез является основным источником биологической энергии, фотосинтезирующие автотрофы используют ее для синтеза органических веществ из неорганических, гетеротрофы существуют за счет энергии, запасенной автотрофами в виде химических связей, высвобождая ее в процессах дыхания и брожения.

Фотосинтез делает энергию и углерод доступными для живых организмов и обеспечивает выделение кислорода в атмосферу, что необходимо для всех аэробных форм жизни. А человечество зависит от фотосинтеза еще и потому, что оно использует ископаемое энергетическое топливо (уголь, нефть, природный газ, торф), которое образовалось за многие миллионы лет.

По оценкам, на начало 80-х годов XX века годовая фиксация углерода в процессе фотосинтеза составляет $75 \cdot 10^{12}$ кг.

В океане (в основном в составе фитопланктона): $40 \cdot 10^{12}$ кг углерода в год фиксируется в виде CO_2 . Большая часть его затем высвобождается при дыхании.

На суше:

- $35 \cdot 10^{12}$ кг углерода в год фиксируется в виде CO_2 ;
- $10 \cdot 10^{12}$ кг углерода в год выделяется при дыхании растений и животных;
- $25 \cdot 10^{12}$ кг углерода в год выделяется при дыхании редуцентов;
- $5 \cdot 10^{12}$ кг углерода в год высвобождается при сжигании ископаемого топлива; этого количества вполне достаточно для постепенного увеличения концентрации CO_2 в атмосфере и в океанах [1].

Превращения энергии и эффективность фотосинтеза

Солнечная энергия, достигающая в течение года атмосферы Земли, составляет примерно $56 \cdot 10^{23}$ Дж. Около половины этой энергии отражается облаками и газами в верхних слоях атмосферы и не попадает на Землю. Из той энергии, которая достигает поверхности Земли, лишь 50% приходится на спектральный диапазон, соответствующий видимому излучению, которое способно вызвать фотосинтез, а другая половина – это инфракрасное излучение. Таким образом, годовое поступление энергии в виде фотосинтетически активной радиации, т.е. в виде света от фиолетового до красного, составляет в мас-



штабах всей Земли около $15 \cdot 10^{23}$ Дж. Однако примерно 40% этой энергии отражается поверхностью океанов, попадает в пустыни и т.п., и лишь оставшаяся доля может быть поглощена наземными и водными растениями. Согласно приведенным в последнее время данным, автотрофные растения производят за год примерно $2 \cdot 10^{11}$ тонн биомассы, что эквивалентно энергии $3 \cdot 10^{21}$ Дж. Около 40% этого органического материала синтезируется фитопланктоном, мельчайшими растениями, обитающими вблизи поверхности океанов. Ежегодное потребление продуктов питания всем населением Земли (если считать численность населения равной 4,3 млрд человек) составляет около 800 млн тонн, или $13 \cdot 10^{18}$ Дж. Таким образом, получается, что средний коэффициент использования фотосинтетически активной радиации всей флорой нашей планеты составляет всего лишь 0,2% ($3 \cdot 10^{21} / 15 \cdot 10^{23}$), но и из той энергии, которая была поглощена в процессе фотосинтеза, человечество потребляет в виде энергии питательных веществ менее 0,5% ($13 \cdot 10^{18} / 3 \cdot 10^{21}$). Интересно отметить, что в 1976 г. потребление энергии в мировом масштабе составило 10^{20} Дж, или одну десятую долю энергии, запасенной за год благодаря фотосинтезу! По сути дела, энергия, содержащаяся в биомассе, имеющейся на сегодняшний день на поверхности Земли (90% этой биомассы составляют деревья), эквивалентна всем нашим разведанным запасам ископаемого топлива, т.е. угля, нефти и газа; а эти запасы по запасенной в них энергии приблизительно соответствуют чистой продукции фотосинтеза всего лишь за 100 лет [2]. Согласно приведенным в источнике [2] данным можно сделать весьма важный вывод о новых перспективных направлениях развития альтернативной энергетики.

Принимая во внимание, что вся воспроизводимая на Земле биомасса не может быть употреблена в пищу человеком и животными, то значительная ее часть может быть использована для утилизации, в результате которой может быть произведена тепловая и электрическая энергия. Кроме того, продукты жизнедеятельности человека и животных могут быть использованы для получения альтернативного топлива с высокой теплотворной способностью. Так, по данным воронежского предприятия «Водоканал», на картах хранения иловых полей сосредоточено около 700000 тонн отходов, из которых, по нашим подсчетам, можно было бы получить около 900 ГВт·ч электрической и вдвое больше тепловой возобновляемой энергии. А по данным управления сельского хозяйства Белгородского региона, ежедневное количество отходов жизнедеятельности животных составляют 4400 тонн. Конечно, значительная часть их может быть использована для производства органических удобрений, а остальное – для генерации энергии. Решение этой проблемы позволит в значительной степени улучшить экологическую обстановку в этих регионах.

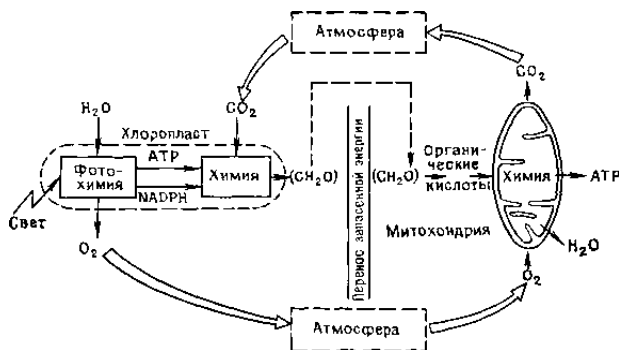
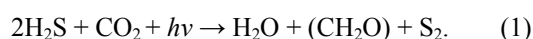


Рис. 1. Циклы CO_2 и O_2 в атмосфере и в клетке
Fig. 1. Cycles CO_2 and O_2 in the atmosphere and in the cell

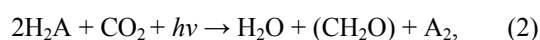
Возникновение на Земле около 2,8 млрд лет назад механизма окисления воды с образованием O_2 представляет собой важнейшее событие в биологической эволюции, сделавшее свет Солнца главным источником энергии биосферы, а воду – практически неограниченным источником водорода для синтеза веществ в живых организмах. В результате образовалась атмосфера современного состава, O_2 стал доступным для окисления пищи (процесс дыхания), а это обусловило возникновение высокоорганизованных гетеротрофных организмов, которые применяют в качестве источника углерода готовые органические вещества (рис. 1).

Наряду с фотосинтезом высших растений и водорослей, сопровождаемым выделением O_2 , в природе осуществляется бактериальный фотосинтез, в котором окисляемым субстратом является не вода, а другие соединения, например H_2S . Кислород при бактериальном фотосинтезе не выделяется:



Фотосинтезирующие бактерии способны использовать не только видимое, но и ближнее ИК излучение (до 1000 нм) в соответствии со спектрами поглощения преобладающих в них пигментов – бактериохлорофиллов. Бактериальный фотосинтез не имеет существенного значения в глобальном запасании солнечной энергии, но важен для понимания общих механизмов фотосинтеза. Кроме того, локально бескислородный фотосинтез может вносить существенный вклад в суммарную продуктивность планктона. Так, в Черном море количество хлорофилла и бактериохлорофилла в столбе воды в ряде мест приблизительно одинаково.

Учитывая данные о фотосинтезе высших растений, водорослей и фотосинтезирующих бактерий, обобщенное уравнение фотосинтеза можно записать в виде



где А – кислород в случае высших растений и водорослей, S либо др. элементы – в бактериальном фотосинтезе.

Солнечная энергия при участии зеленых растений и фотосинтезирующих бактерий преобразуется в свободную энергию органических соединений. Для осуществления этого уникального процесса в ходе эволюции был создан фотосинтетический аппарат, содержащий:

1) набор фотоактивных пигментов, способных поглощать электромагнитное излучение определенных областей спектра и запасать эту энергию в виде энергии электронного возбуждения;

2) специальный аппарат преобразования энергии электронного возбуждения в разные формы химической энергии.

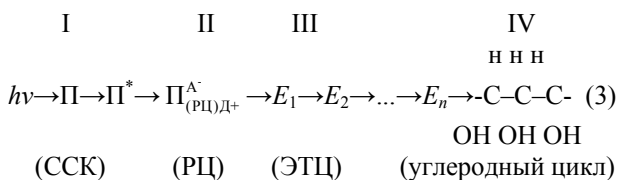
Прежде всего это редокс-энергия, связанная с образованием высоковосстановленных соединений, энергия электрохимического потенциала, обусловленная образованием электрических и протонных градиентов на сопрягающей мембране, энергия фосфатных связей АТФ и других макроэргических соединений, которая затем преобразуется в свободную энергию органических молекул.

Все эти виды химической энергии могут быть использованы в процессе жизнедеятельности для поглощения и трансмембранного переноса ионов и в большинстве реакций метаболизма, т.е. в конструктивном обмене.

Способность использовать солнечную энергию и вводить ее в биосферные процессы и определяет «космическую» роль зеленых растений, о которой так много и горячо говорил и писал великий русский физиолог К.А. Тимирязев.

Процесс фотосинтеза представляет собой очень сложную систему по пространственной и временной организации. Использование высокоскоростных методов импульсного анализа позволило установить, что процесс фотосинтеза включает различные по скорости реакции с характерными временами – от 10^{-15} с (в фемтосекундном интервале времени протекают процессы поглощения и миграции энергии) до 10^4 с (образование продуктов фотосинтеза).

В современной схеме фотосинтеза можно выделить четыре стадии, которые различаются по природе и скорости реакций, а также по значению и сущности процессов, происходящих на каждой стадии:



1 стадия – физическая. Включает фотофизические по природе реакции поглощения энергии пигментами (II), запасаания ее в виде энергии электронного возбуждения (II^*) и миграции в реакционный центр (РЦ). Все реакции чрезвычайно быстрые и протекают за времена 10^{-15} - 10^{-9} с. Первичные реакции поглощения энергии локализованы в светособирающих антенных комплексах (ССК).

2 стадия – фотохимическая. Реакции локализованы в реакционных центрах и протекают за время 10^{-9} с. На этой стадии фотосинтеза энергия электронного возбуждения пигмента реакционного центра $\text{P}_{(\text{PC})}^*$ используется для разделения зарядов. При этом электрон с высоким энергетическим потенциалом передается на первичный акцептор (A^-), и образующаяся система с разделенными зарядами содержит определенное количество энергии уже в химической форме. Окисленный пигмент восстанавливает свою структуру за счет окисления донора (D^+).

Происходящее в реакционном центре преобразование одного вида энергии в другой представляет собой центральное событие процесса фотосинтеза, требующее жестких условий структурной организации системы.

Образующиеся на фотохимической стадии первичные продукты очень лабильны, и электрон может вернуться к окисленному пигменту (процесс рекомбинации) с бесполезной потерей энергии. Поэтому необходима быстрая дальнейшая стабилизация образованных восстановленных продуктов с высоким энергетическим потенциалом, что осуществляется на следующей стадии фотосинтеза.

3 стадия – реакции транспорта электронов. Ряд переносчиков (E) с различной величиной окислительно-восстановительного потенциала образует так называемую электрон-транспортную цепь (ЭТЦ). Редокс-компоненты ЭТЦ организованы в хлоропластах в виде трех основных функциональных комплексов – фотосистемы I (ФС1), фотосистемы II (ФС2), цитохром *b₆f*-комплекса, что обеспечивает высокую скорость электронного потока и возможность его регуляции. В результате работы ЭТЦ образуются высоковосстановленные продукты: восстановленный ферредоксин и НАДФН, а также богатые энергией молекулы АТФ, которые используются в «темновых» реакциях восстановления CO_2 , составляющих 4 стадию фотосинтеза.

4 стадия – «темновые» реакции поглощения и восстановления углекислоты. Реакции проходят с образованием углеводов, конечных продуктов фотосинтеза, в форме которых запасается солнечная энергия, поглощенная и преобразованная в «световых» реакциях фотосинтеза. Времена протекания «темновых» энзиматических реакций – 10^{-2} - 10^4 с.

Физико-химическая сущность процесса фотосинтеза

Фотосинтез можно определить как процесс преобразования электромагнитной энергии в энергию химических связей, сопровождающийся увеличением энергетического потенциала системы.

Все живые системы представляют собой термодинамически открытые системы, осуществляющие непрерывный обмен веществом и энергией с внешней средой. Для высших растений, водорослей и не-

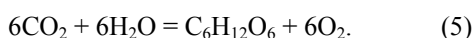


которых бактерий источником энергии является энергия солнечного излучения, при поглощении которой возрастают уровни свободной энергии (ΔF) и общей энергии (ΔU) (в последней значительную часть составляет электронная энергия) и снижается энтропия системы ($T\Delta S$):

$$\Delta F = \Delta U - T\Delta S. \quad (4)$$

Накопление энергии при фотосинтезе сопряжено с химической и электронной перестройкой участвующих в процессе компонентов.

В химическом отношении накопление энергии в процессе фотосинтеза связано с перестройкой химических связей. В соответствии с общим уравнением при фотосинтезе происходит разрыв связей в молекулах CO_2 ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$) и H_2O ($\text{H}-\text{O}-\text{H}$) и возникает иной тип химических связей ($\text{C}-\text{C}$, $\text{C}-\text{H}$, CH_2O):



Разрыв связей в молекулах CO_2 и H_2O требует затраты энергии $+2510,4$ кДж/моль ($+600$ ккал/моль) в расчете на CH_2O . При образовании связей (в CH_2O) энергия освобождается $-2037,6$ кДж/моль (-487 ккал/моль) и накапливается в продуктах реакции. Следовательно, необходимо ввести дополнительные $\Delta E = 472,8$ кДж/моль, чтобы из прочных, но бедных энергией CO_2 и H_2O образовался CH_2O , или $2871,5$ кДж/моль для синтеза молекулы углевода $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ – менее стабильного, но богатого энергией соединения. Источником дополнительной энергии служит солнечная энергия, которая и накапливается в конечных продуктах фотосинтеза.

Физический смысл фотосинтеза состоит в том, что в этом процессе происходит электронная перестройка молекул. В целом фотосинтез – окислительно-восстановительный процесс, в ходе которого электроны от воды (редокс-потенциал $\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$ $E_m = +0,81$ В) переносятся к пиридин нуклеотидам (редокс-потенциал $\text{НАДФ}^+/\text{НАДФН}$ $E_m = -0,32$ В), где электроны находятся на более высоком энергетическом уровне. Перенос электрона идет против термодинамического потенциала и требует энергии. Разность окислительно-восстановительных потенциалов окисления воды и восстановления НАДФ^+ равна $1,2$ В. Следовательно, для переноса одного электрона против термодинамического потенциала необходимо затратить $1,2$ эВ энергии. В итоге электронной перестройки компонентов и образования восстановленных соединений (НАДФН) накапливаются электроны с высоким энергетическим потенциалом. Таким образом, в световых реакциях фотосинтеза при поглощении энергии фотонов создается мощный восходящий поток электронов против градиента термодинамического потенциала. В результате создается большой фонд богатых энергией электронов с запасом энергии $1,5-2$ эВ. Эта редокс-энергия в процессах фотосинтетического и окислительного фосфорилирования преобразуется в другие виды химической

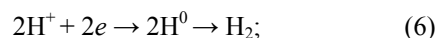
энергии (электрохимический потенциал, энергия фосфатных связей АТФ). Соединения, образующиеся в результате работы ЭТЦ, имеют высокий восстановительный потенциал ($-0,43$ В, $-0,6$ В). Создание мощного восстановительного потенциала в фотосинтезе имеет решающее значение для осуществления важнейших метаболических процессов и, прежде всего, для восстановления CO_2 .

Таким образом, главное значение фотосинтеза состоит в генерации электронов с высоким энергетическим и восстановительным потенциалом.

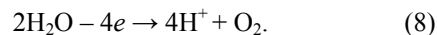
Поэтому в процессе реакции фотосинтеза в растениях происходит аккумуляция энергии в биомассе. Запасенная в биомассе энергия может быть преобразована в тепловую, механическую и электрическую. При этом наиболее эффективным способом преобразования следует считать газогенераторный (газификация твердого топлива с получением горючих газов: смеси окиси углерода, метан, водород). При этом способе КПД генератора обращенного действия составляет около 40% .

По результатам испытаний опытно-промышленного образца газогенератора обращенного типа нами предложена новая система обратной связи, оптимизирующая режимы работы теплового и электрического генераторов. В качестве звена обратной связи использован электрохимический преобразователь. Элементом нагрузки используется система электродов, на которых протекают реакции:

катод:



анод:



(6) – процесс выделения газообразного водорода;

(7) – процесс образования гидроксида металла;

(8) – реакция выделения кислорода.

В качестве электрода (катода) накопителя топлива могут быть использованы металлы с высокой концентрацией дефектов в структуре.

С целью повышения концентрации водорода в смеси генерируемых газов предусмотрено использование катализаторов на основе оксидов никеля и железа. Катализаторы размещены в восстановительной зоне газогенератора. Следует отметить, что восстановление двуокиси углерода (CO_2) в восстановительной зоне протекает по достаточно простой схеме:



Восстановление идет с образованием горючего газа.

Конструктивное исполнение вариантов газогенератора представлено на рис. 2 и 3.

На рис. 2 – упрощенный вариант конструкции, а на рис. 3 представлена более сложная система газогенерации, включающая в себя фильтры грубой и

тонкой очистки газов, а также системы регулирования температуры. При этом в системе (рис. 3) предусмотрен вариант, включающий в себя элемент гидрирования топлива с целью повышения его теплопроводной способности.



Рис. 2. Газогенератор с рабочей камерой прямоугольного сечения
Fig. 2. The gas generator to the working chamber of rectangular cross section

Рис. 3. Газогенератор цилиндрического типа прямого действия, включает в себя: корпус, фланец выхода горячего газа, загрузочный люк и узел выгрузки отработанного топлива
Fig. 3. The gas generator of the cylindrical type of direct action include: housing, output flange fuel gas charging port and unloading of spent fuel assembly

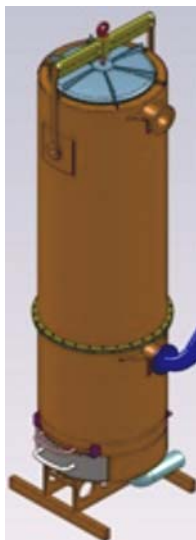


Рис. 4. Общий вид флотатора
Fig. 4. General view of the skimmer

Использование бактериального способа переработки отходов пока нельзя считать завершенным технологическим процессом, поскольку остающиеся после выработки загруженной в начале процесса биомассы (полужидкая фракция, переработанная микробами) подлежит захоронению. Такие незавершенные циклы несут прямую угрозу экологической обстановке в регионе.

Поэтому для завершения цикла такие установки должны включать в себя, например, систему окончательной переработки остатков биомассы, содержащую обращенный газогенератор или анаэробную пиролизную печь, обеспечивающие стерилизацию отходов. Выбор системы окончательной переработки будет определяться химическим составом сброженной биомассы. В этом случае технологический цикл можно считать завершенным, так как отсутствует стадия захоронения отходов.

Из сказанного выше следует, что для создания эффективных циклов безотходной переработки биологических материалов требуется детальная информация о стадиях и законах функционирования биосистем как на различных этапах развития и роста, так и на этапах их деструкции с постоянным контролем результатов переработки.

Теперь необходимо хотя бы вкратце описать те органы, структуры, органеллы и молекулы, которые принимают непосредственное участие в процессе фотосинтеза.

Лист как орган растения, приспособленный к фотосинтезу, сформировался в результате длительного эволюционного процесса. Он представляет собой эффективную систему для поглощения и преобразования энергии света в ходе фотосинтеза. Структура листа обеспечивает наиболее полное поглощение квантов света, поступление углекислого газа из атмосферы к хлоропластам, а также возможность оттока ассимилятов из автотрофных клеток.

Лист представляет собой уникальную оптическую систему – ловушку для света. Лист поглощает значительную часть излучения в видимой области спектра (400-700 нм). Большую часть синего и красного света поглощают пигменты хлоропластов первых слоев клеток хлоренхимы. Свет, не поглощенный в верхних слоях листа, обогащен лучами зеленой области спектра. Его многократное отражение от

стенок клеток в толще листа значительно увеличивает оптический путь и повышает вероятность поглощения лучей этой области спектра, несмотря на то что коэффициент поглощения хлорофилла в зеленой области значительно меньше, чем в синей и красной.

Структура листа (рис. 5) обеспечивает поступление углекислого газа из воздуха для реакций фотосинтетической ассимиляции углерода. Газообмен клеток листа с окружающим воздухом осуществляется через устьица. Количество устьиц, величина устьичной щели являются важными факторами регуляции фотосинтеза. Значительный объем подустьичного пространства, а также достаточно рыхлое расположение клеток в листе и существование больших межклетников позволяют создать большие воздушные запасы в толще листа для непрерывного снабжения углекислым газом углеродных циклов фотосинтеза.

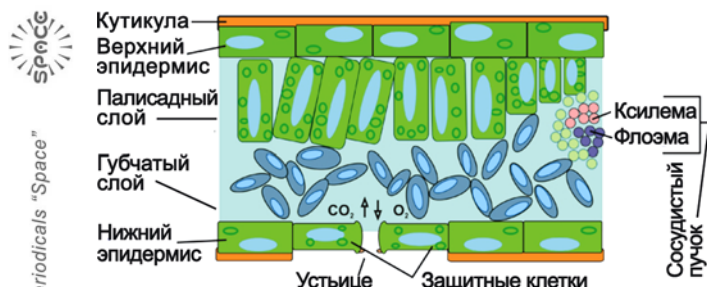


Рис. 5. Внутреннее строение листа
Fig. 5. The internal structure of the leaf

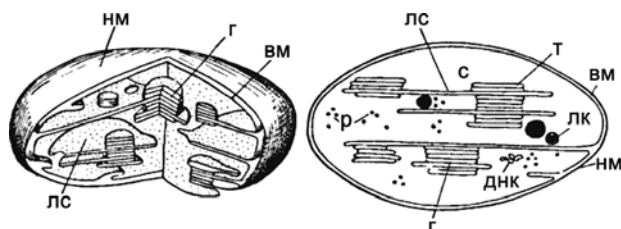


Рис. 6. Строение хлоропласта (Васильев и др., 1978): ЛС – ламелла стромы; Г – грана; ЛК – липидная капля; НМ – наружная мембрана; ВМ – внутренняя мембрана; С – строма; Р – рибосомы; Т – тилакоид

Fig. 6. The structure of the chloroplast (Vasiliev et al., 1978): ЛС – stroma lamella; Г – grain; ЛК – lipid droplets; НМ – outer membrane; ВМ – the inner membrane; С – stroma; Р – the ribosome; Т – thylakoids

Основными фотосинтезирующими элементами клеток растений являются хлоропласты (рис. 6). В дополнение к внешней и внутренней мембранам оболочки эти органеллы имеют еще и третью систему мембран – тилакоиды. Белки и пигменты (хлорофиллы и каротиноиды), принимающие участие в фотохимических процессах фотосинтеза, сгруппированы в определенных участках именно тилакоидной мембраны.

Растительные организмы содержат несколько видов пигментов, каждый из которых выполняет определенные функции. Обычно в пластидах высших растений и водорослей встречаются пигменты трех основных классов – хлорофиллы (рис. 7), каротиноиды (рис. 8) и фикобилины (рис. 9). Пигменты пластид связаны с белками. Фикобилины связаны с белками ковалентно и образуют фикобилипротеины. Хлорофиллы и каротиноиды ассоциированы с соответствующими белками с помощью ионных, гидрофобных и координационных связей. Молекула хлорофилла состоит из порфириновой «головки» и фитольного «хвоста». При этом порфириновая часть молекулы находится на поверхности мембраны тилакоида и связана с белками, а жирорастворимая фитольная цепь погружена в липидный слой. Пигмент-белковые комплексы обеспечивают упорядоченную ориентацию хромофорных групп и повышают эффективность их функционирования [2].

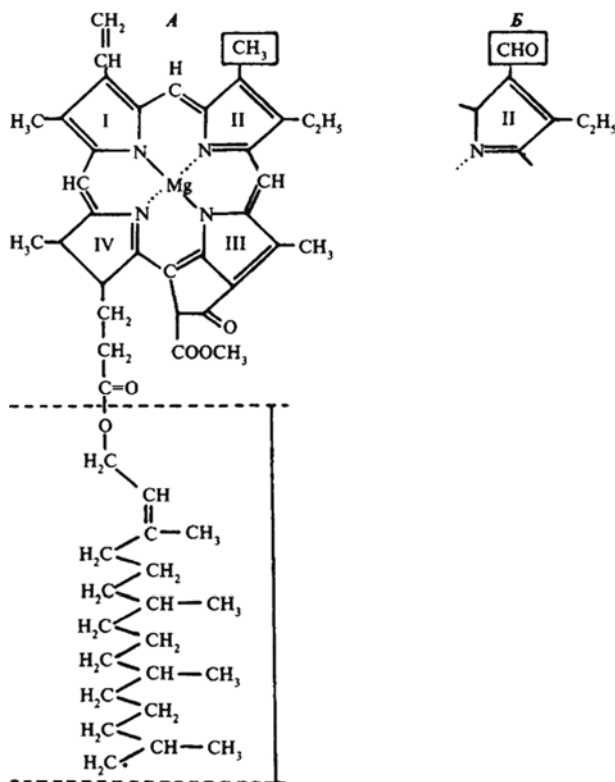


Рис. 7. Строение хлорофилла а (А) и хлорофилла b (В)
Fig. 7. The structure of chlorophyll a (A) and chlorophyll b (B)

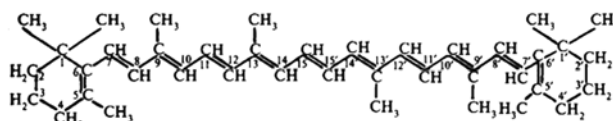


Рис. 8. Структура β-каротина
Fig. 8. Structure of β-carotene

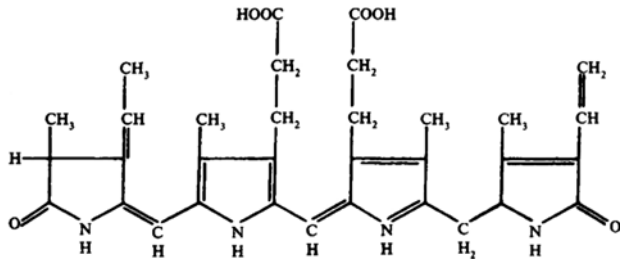


Рис. 9. Хромофорная группа фикоэритрина (фикоэритробилин)

Fig. 9. Chromophore groups phycoerythrin (Phycocyanobilin)

Хлорофиллы имеют два максимума поглощения света – в синей (430-460 нм) и красной (650-700 нм) областях спектра (рис. 10). Сине-фиолетовый максимум поглощения хлорофиллов обеспечивается резонансной структурой порфиринового кольца. Поглощение света в красной области спектра связано с наличием магния и гидрированием двойной связи в положении C₇-C₈ IV-пиррольного ядра [2].

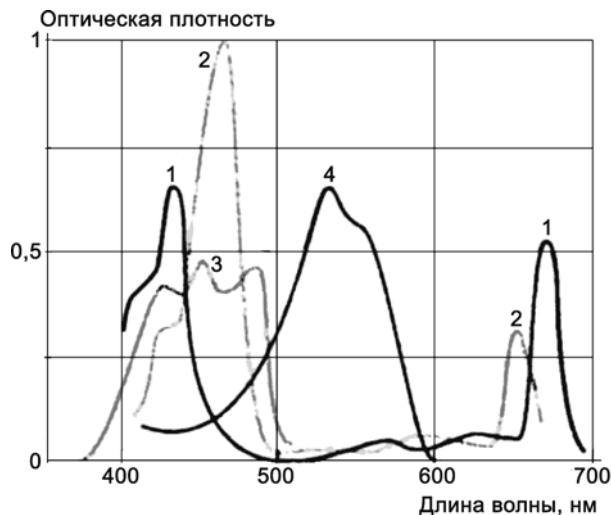


Рис. 10. Спектры поглощения некоторых фотосинтезирующих пигментов (Avers, 1985):

1 – хлорофилл а; 2 – хлорофилл b; 3 – β-каротин; 4 – фикоэритробилин

Fig. 10. The absorption spectra of some photosynthetic pigments (Avers, 1985): 1 – chlorophyll a; 2 – chlorophyll b; 3 – β-carotene; 4 – phycoerythrin

Анализируя характер спектров поглощения фотосинтетических пигментов различной природы (рис. 10), можно установить, что в видимой части спектра у некоторых видов пигментов (фикоэритробилин) диапазон поглощаемых длин волн расширяется. Фикоэритробилин – открытый тетрапиррольный хромофор, входящий в состав фикоэритрина, дополнительного красного фотосинтетического пигмента, который обнаружен у цианобактерий и красных водорослей. Максимум поглощения в видимой части спектра – примерно 495 и 546/566 нм и зависит от конкретного организма. Фикоэритрин поглощает зелено-голубой свет. Такой спектр поглощения определяется особен-

ностью среды обитания водорослей в толще воды, куда не проникает излучение других длин волн.

Спектральные диапазоны света имеют следующие физиологические значения:

- 280-320 нм: оказывает вредное воздействие;
- 320-400 нм: регуляторная роль, необходимо несколько процентов;
- 400-500 нм («синий»): необходим для фотосинтеза и регуляции;
- 500-600 нм («зеленый»): полезен для фотосинтеза оптически плотных листьев, листьев нижних ярусов, густых посевов растений благодаря высокой проникающей способности;
- 600-700 нм («красный»): ярко выраженное действие на фотосинтез, развитие и регуляцию процессов;
- 700-750 нм («дальний красный»): ярко выраженное регуляторное действие, достаточно несколько процентов в общем спектре.
- 1200-1600 нм: поглощается внутри- и межклеточной водой, увеличивает скорость тепловых биохимических реакций

На основании анализа влияния спектральных диапазонов на физиологию растений можно сделать весьма важные выводы:

– При выборе типа светильников для искусственного освещения и досвечивания теплиц следует учитывать специфические особенности спектров их излучения.

– Практика использования для этих целей традиционных ламп, по-видимому, не может быть оправдана, т.к. в спектре их излучения присутствуют длины волн, которые не соответствуют физиологическим потребностям развития растений.

– Максимально полно этим потребностям соответствуют спектры, формируемые специальными светодиодными светильниками. Светодиодные светильники агротехнического назначения способны сформировать пики излучения в областях максимального поглощения с возможностью отдельного регулирования интенсивности излучения в этих областях (рис. 11).

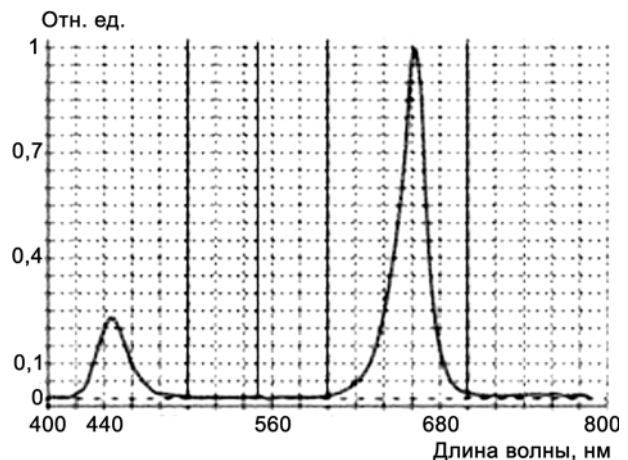


Рис. 11. Спектр светодиодной агротехнической лампы, разработанной ООО «Диодосвет», г. Воронеж

Fig.11. The range of the discharge LED agrolamp, «Diodosvet», Voronezh

Физические механизмы процессов поглощения, запасаения и миграции энергии молекулами хлорофилла достаточно хорошо изучены.

Поглощение фотона ($h\nu$) обусловлено переходом системы в различные энергетические состояния. В молекуле в отличие от атома возможны электронные, колебательные и вращательные движения, и общая энергия молекулы равна сумме этих видов энергий. Основной показатель поглощающей системы – уровень ее электронной энергии – определяется энергией внешних электронов на орбите. Поглощение энергии света сопровождается переходом одного из электронов на более высокую орбиту с запасанием поглощенной энергии в виде энергии электронного возбуждения. Важнейшая характеристика поглощающих систем – избирательность поглощения, определяемая электронной конфигурацией молекулы. В сложной органической молекуле есть определенный набор свободных орбит, на которые возможен переход электрона при поглощении квантов света. Согласно «правилу частот» Бора, частота поглощаемого или испускаемого излучения ν должна строго соответствовать разности энергий между уровнями:

$$\nu = (E_2 - E_1)/h, \quad (10)$$

где h – постоянная Планка, равная $6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж/с.

Каждый электронный переход соответствует определенной полосе поглощения. Таким образом, электронная структура молекулы определяет характер электронно-колебательных спектров.

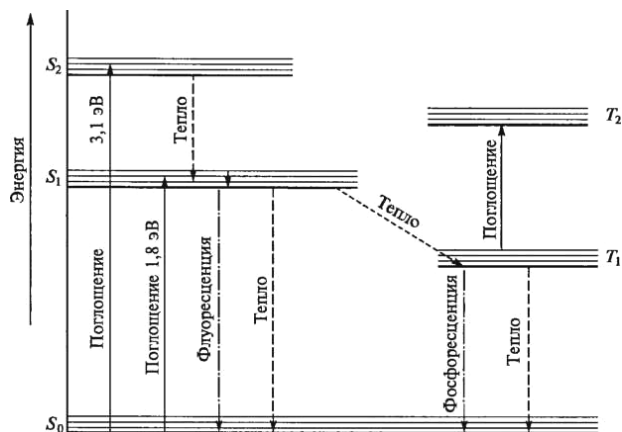


Рис. 12. Схема электронных переходов для магний-порфиринов в полярном растворителе: S_0 – основное состояние; S_1, S_2 – первое и второе синглетные возбужденные состояния; T_1, T_2 – первое и второе триплетные возбужденные состояния

Fig. 12. The scheme of electronic transitions in polar solutions magnesium porphyrins-TV: S_0 – the ground state; S_1, S_2 – first and second singlet excited state; T_1, T_2 – the first and second excited triplet state

Запасание поглощенной энергии связано с возникновением электронно-возбужденных состояний пигментов. Физические закономерности возбужденных состояний Mg-порфиринов могут быть рассмотрены на основе анализа схемы электронных переходов этих пигментов (рис. 12). Известно два основных типа возбужденных состояний – синглетные и триплетные. Они отличаются по энергии и состоянию спина электрона. В синглетном возбужденном состоянии спины электронов на основном и возбужденном уровнях остаются антипараллельными, при переходе в триплетное состояние происходит поворот спина возбужденного электрона с образованием бирадикальной системы. При поглощении фотона молекула хлорофилла переходит из основного (S_0) в одно из возбужденных синглетных состояний – S_1 или S_2 , что сопровождается переходом электрона на возбужденный уровень с более высокой энергией. Возбужденное состояние S_2 очень нестабильно. Электрон быстро (в течение 10^{-12} с) теряет часть энергии в виде тепла и опускается на нижний колебательный уровень, где может находиться в течение 10^{-9} с. В состоянии S_1 может произойти обращение спина электрона и переход в триплетное состояние T_1 , энергия которого ниже S_1 .

Возможно несколько путей дезактивации возбужденных состояний:

- превращение энергии возбуждения в тепло (термальная диссипация энергии);
- излучение фотона с переходом системы в основное состояние (флуоресценция или фосфоресценция);
- перенос энергии на другую молекулу;
- использование энергии возбуждения в фотохимической реакции.

Миграция энергии между молекулами пигментов может осуществляться по следующим механизмам.

Индуктивно-резонансный механизм (механизм Ферстера) возможен при условии, когда переход электрона оптически разрешен и обмен энергией осуществляется по экситонному механизму. Понятие «экситон» означает электронно-возбужденное состояние молекулы, где возбужденный электрон остается связанным с молекулой пигмента и разделения зарядов не происходит. Перенос энергии от возбужденной молекулы пигмента к другой молекуле осуществляется путем безызлучательного переноса энергии возбуждения. Электрон в возбужденном состоянии представляет собой осциллирующий диполь. Образующееся при этом переменное электрическое поле может вызвать аналогичные колебания электрона в другой молекуле пигмента при выполнении условий резонанса (равенство энергии между основным и возбужденным уровнями) и условий индукции, определяющих достаточно сильное взаимодействие между молекулами (расстояние не более 10 нм).

Обменно-резонансный механизм миграции энергии Теренина – Декстера имеет место в том случае, когда переход оптически запрещен и диполь при возбуждении пигмента не образуется. Для его осуществления необходим тесный контакт молекул (около 1 нм) с перекрыванием внешних орбиталей. В

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

этих условиях возможен обмен электронами, находящимися как на синглетных, так и на триплетных уровнях [4].

Состав, строение и функции фотосистем I и II, комплекса цитохромов b_6/f и АТФ-синтазного комплекса

Образование НАДФН, АТФ и O_2 в ламеллах хлоропластов происходит при переносе электронов по цепи переносчиков. Для переноса электронов необ-

ходимо, чтобы каждый переносчик поочередно восстанавливался и окислялся, обеспечивая таким образом перенос энергии электронов по цепи. Восстановление означает присоединение электрона к молекуле переносчика, а окисление – потерю электрона молекулой. Любой этап переноса электрона сопровождается высвобождением или поглощением энергии. На некоторых участках электрон-транспортной цепи перенос электрона сопровождается переносом протона (рис. 13).

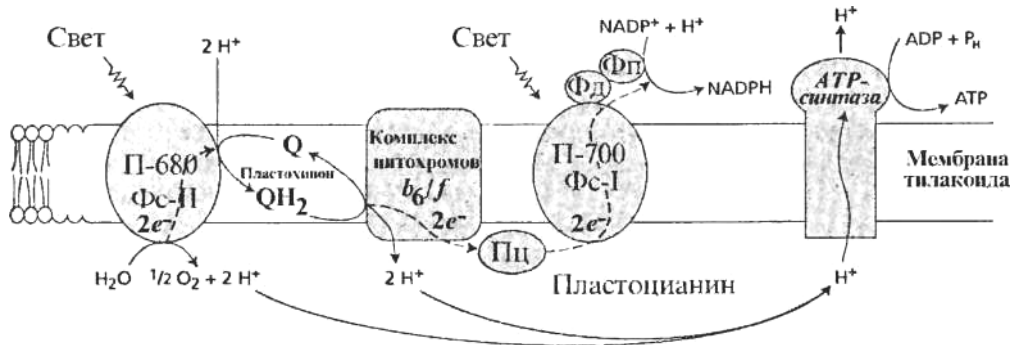


Рис. 13. Транспорт электронов и протонов в мембране тилакоидов (Taiz, Zeiger, Blankenship, 1998)
 Fig. 13. Transport of electrons and protons in the membrane thylakoids (Taiz, Zeiger, Blankenship, 1998)

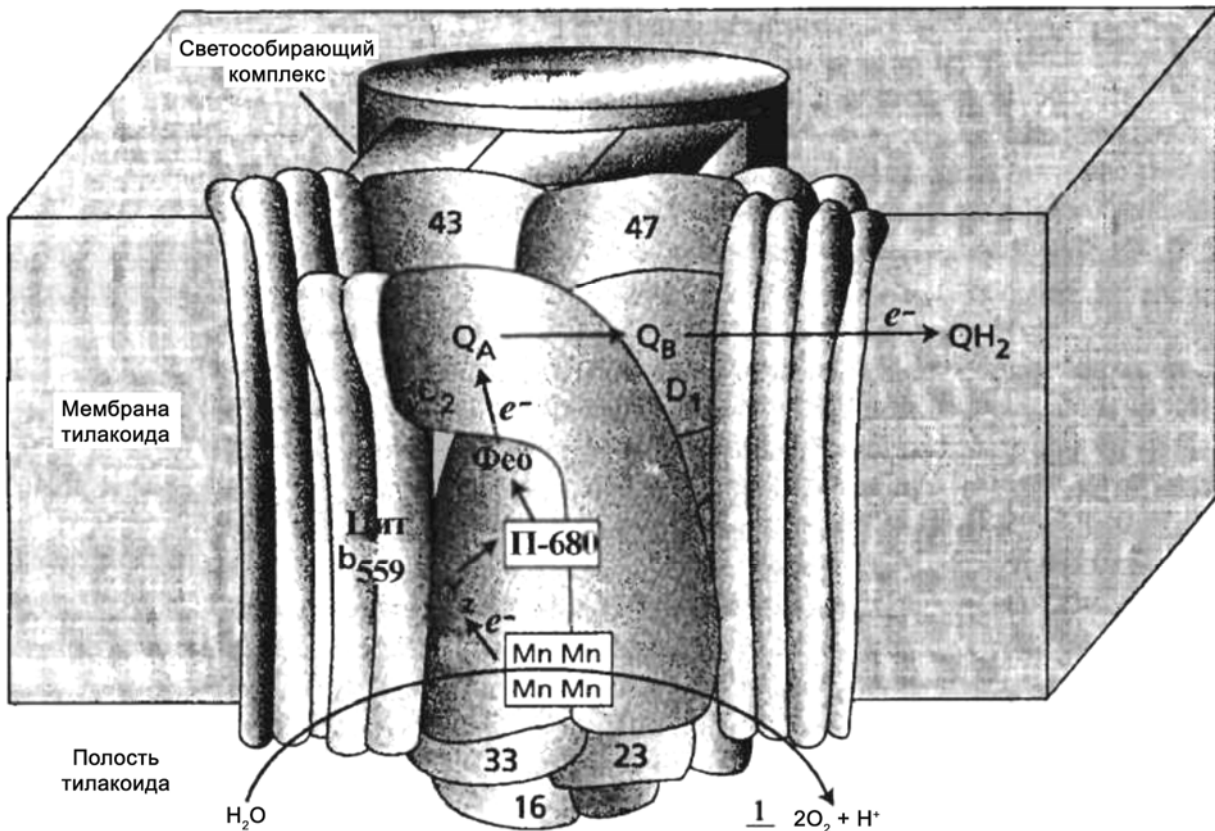


Рис. 14. Строение кислородовыделяющего центра фотосистемы II (Hankamerea, 1997)
 Fig. 14. Structure oxygen released center of photosystem II (Hankamerea, 1997)



Реакционный центр фотосистемы II включает кислородовыделяющий комплекс; первичный донор электронов – хлорофилл *a* с максимумом поглощения 680 нм (P-680); первичный акцептор электронов феофитин *a* (Фео) – производное хлорофилла, в котором атом Mg замещен протонами; вторичные акцепторы – молекулы менахинона (*Qa* и *Qb*). Ядро реакционного центра фотосистемы II составляют два мембранных белка с молекулярной массой 32 и 34 кДа, известных как *D₁* и *D₂* соответственно (рис. 14). Оба этих белка имеют по пять трансмембранных петель и служат основой для связывания большинства протестических групп, выполняющих функции переносчиков электронов. Другие белки фотосистемы II обслуживают светособирающий комплекс (43 и 47 кДа) или участвуют в выделении кислорода при фотоокислении воды (33, 23 и 16 кДа). Функции остальных белков, например цитохрома *b₅₅₉* и некоторых других с небольшой молекулярной массой, пока еще не выявлены. В кислородовыделяющий центр входят Mn-содержащий кластер и как кофакторы – кальций и хлор. Посредником между кислородовыделяющим центром и хлорофиллом P-680 является остаток аминокислоты тирозина (*Yz*) белка *D₁*.

Комплекс цитохромов *b₆/f* состоит из цитохрома *b₆* (цит *b₆*), цитохрома *f* (цит *f*), железо-серного белка Риске (F_2S_2)_R и субъединицы IV. Цитохром *b₆* и субъединица IV являются наиболее гидрофобными элементами комплекса. Основная часть молекулы цитохрома *f* расположена в полости тилакоида, в то время как ее С-концевой участок находится на его поверхности. Протестическая группа цитохрома *f* представлена гемом с-типа. Протестическую группу цитохрома *b₆* составляют два гема b-типа, ковалентно связанные с остатками гистидина. Эти два гема называют низкопотенциальным (*L*) и высокопотенциальным (*H*), соответственно, от англ. low и high potential. От комплекса цитохромов *b₆/f* электроны передаются на пластоцианин (Пц) – водорастворимый белок, содержащий два атома меди, который восстанавливает окисленную форму хлорофилла P-700.

Строение и функционирование АТФ-синтазного комплекса. Синтез АТФ при фосфорилировании осуществляет АТФ-синтаза (АТФаза или сопрягающий фактор) (рис. 15). Этот фермент с молекулярной массой около 400 кДа состоит из 2 крупных частей: гидрофобной, расположенной в тилакоидной мембране (*CF₀*), и гидрофильной, находящейся в строме (*CF₁*). Протоны проходят через канал, формируемый белками, входящими в состав *CF₀*, попадают в комплекс белков *CF₁*, где процесс транспорта ионов H^+ сопрягается с процессом фосфорилирования АДФ и образования АТФ. В *CF₁*-комплекс входит 5 типов полипептидов: α (три), β (три), γ (один), δ (один) и ϵ (один). Каталитический центр располагается на β -субъединицах. Другие пептиды выполняют обслуживающие функции. В *CF₀*-комплекс входит 4 типа пептидов (*a*, *b*, *b'* и *c₁₂*).

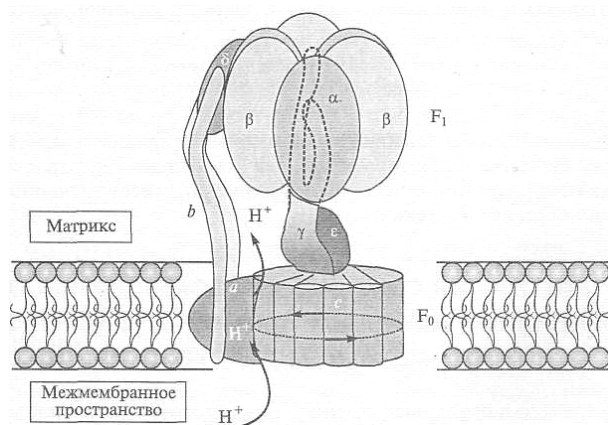


Рис. 15. Строение АТФ-синтазы хлоропластов
Fig. 15. The structure of the ATP synthase of chloroplasts

АТФ-синтаза играет ключевую роль в процессах трансформации световой энергии в хлоропластах и запасания ее в форме макроэргических связей. Для объяснения механизма функционирования этого комплекса лучше всего подходит гипотеза, предложенная Полем Бойером (P.D. Boyer, 1993 г.). Наиболее принципиальным моментом этой гипотезы является энергозависимое высвобождение АТФ от фермента. Предполагается, что в ходе катализа γ -субъединица работает как стержень-эксцентрик, который попеременно вращается то против β -, то против α -субъединиц. Энергия конформационных изменений трансформируется в энергию фосфатной связи АТФ.

Процесс синтеза АТФ условно разделяют на три этапа. На первом этапе происходит присоединение АДФ и Φ_n (неорганического фосфата) к активному центру фермента без затраты энергии. На втором этапе ионы H^+ , перемещаясь по протонному каналу по градиенту электрохимического потенциала, вызывают конформационные изменения фермента, в результате чего из АДФ и Φ_n синтезируется АТФ. В течение третьего этапа за счет энергии, выделяющейся при транспорте протонов, происходит высвобождение АТФ и возврат АТФ-синтазного комплекса в исходное состояние [2].

Исследования кинетических закономерностей работы ЭТЦ показывают, что скорость транспорта электронов на отдельных участках ЭТЦ хлоропластов варьируется в широких временных пределах. Наиболее быстрые процессы проходят в реакционных центрах, где первичное разделение зарядов достигается за 1-3 пс. Перенос электронов на других участках ЭТЦ идет значительно медленнее, чем в РЦ (за время порядка нано-, микро- и миллисекунд). Наиболее медленная стадия переноса электронов (5 мс) находится на участке ЭТЦ между двумя фотосистемами, она связана с окислением пластохинолов цитохромным комплексом. На втором участке цепи, где скорость переноса электронов также оценивается в миллисекундном интервале, происходит перенос электронов от восстановленного ферредоксина к

НАДФ⁺. В связи с этим общая скорость переноса электронов в ЭТЦ хлоропластов, очевидно, будет определяться скоростью потока электронов именно на этих двух участках ЭТЦ – между двумя фотосистемами и на акцепторной стороне ФС1.

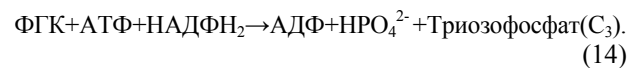
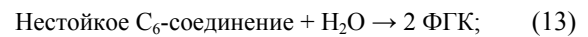
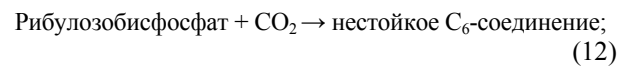
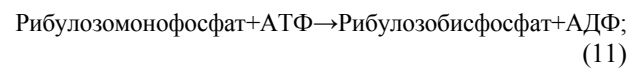
Различия в скорости транспорта электронов на отдельных участках связаны с реализацией разных физических механизмов переноса электронов. В мультипептидных комплексах наиболее вероятен резонансный механизм, когда перенос электрона от донора к акцептору предполагает резонансные взаимодействия редокс-центров с белковой молекулой, при которых возникает эффект туннелирования электрона через энергетический барьер. Скорость переноса электронов при этом определяется физическим контактом компонентов. Особое значение в этом случае приобретают электронно-конформационные взаимодействия в комплексах, создание особого конформационного состояния белка в ходе окислительно-восстановительных реакций. Перенос электронов между комплексами предполагает миграцию подвижных низкомолекулярных переносчиков в мембране или по ее поверхности и осуществляется по диффузионному механизму. Диффузионные процессы – более медленные, чем резонансные, поэтому именно они являются скоростью-лимитирующими в ЭТЦ [4]. Общий энергетический выход потока электронов при этом составляет 1 молекулу АТФ и 1 молекулу НАДФН на 2 электрона. Путем сравнения энергии этих соединений с энергией света, обеспечивающего их синтез, было вычислено, что в процессе фотосинтеза запасается примерно 1/3 энергии поглощенного света.

Темновые реакции (стадия синтеза)

Синтез органических соединений путем восстановления CO₂ (а также нитрата и сульфата) тоже происходит в хлоропластах. АТФ и НАДФН₂, поставляемые световой реакцией, протекающей на тилакоидных мембранах, служат для реакций синтеза источником энергии и электронов. Восстановление CO₂ есть результат переноса электронов на CO₂. В ходе этого переноса некоторые из связей С-О заменяются на связи С-Н, С-С и О-Н. Процесс состоит из ряда этапов, часть которых (15 или более) образует цикл. Этот цикл был открыт в 1953 химиком М. Калвином и его сотрудниками [4]. В цикле Калвина участвуют соединения с числом атомов углерода в молекулах от трех до семи. Все компоненты цикла, за исключением одного, представляют собой сахарофосфаты, т.е. сахара, у которых одна или две ОН-группы заменены на фосфатную группу (-ОРО₃H-). Исключение составляет 3-фосфоглицериновая кислота (ФГК; 3-фосфоглицерат), представляющая собой фосфат сахарной кислоты. Цикл начинается с рибулозомонофосфата, содержащего пять атомов углерода (C₅). Образующийся в световой стадии АТФ реагирует с рибулозомонофосфатом, превращая его в рибулозобисфосфат. Вторая фосфатная группа

придает рибулозобисфосфату дополнительную энергию, поскольку несет в себе часть энергии, запасенной в молекуле АТФ. Поэтому тенденция реагировать с другими соединениями и образовывать новые связи выражена у рибулозобисфосфата сильнее. Именно этот C₅-сахар присоединяет CO₂ с образованием шестиуглеродного соединения. Последнее очень неустойчиво и под действием воды распадается на два фрагмента – две молекулы ФГК. Следующий этап состоит в том, что две молекулы ФГК, образовавшиеся в реакции карбоксилирования, восстанавливаются каждая за счет одной молекулы НАДФН₂ до трехуглеродного сахарофосфата (триозофосфата).

Весь описанный выше процесс может быть представлен следующими уравнениями:



Конечным результатом реакций (11)-(14) оказывается образование из рибулозомонофосфата и CO₂ двух молекул триозофосфата (C₃) с затратой двух молекул НАДФН₂ и трех молекул АТФ. Именно в этой серии реакций представлен весь вклад световой стадии – в форме АТФ и НАДФН₂ – в цикл восстановления углерода.

Значение последующих этапов цикла сводится к тому, что они приводят к регенерации пятиуглеродного соединения, рибулозомонофосфата, необходимого для возобновления цикла.

Таким образом, в результате одного оборота цикла одна молекула диоксида углерода включается в состав трехуглеродного органического соединения; три оборота цикла суммарно дают новую молекулу последнего, а для синтеза молекулы шестиуглеродного сахара (глюкозы или фруктозы) необходимы две трехуглеродные молекулы и, соответственно, 6 оборотов цикла.

Экология фотосинтеза

В интактном листе три главных метаболических элемента определяют оптимальные параметры процесса фотосинтеза: активность РУБИСКО (фермент, катализирующий фиксацию CO₂), регенерация рибулозобисфосфата (РубФ) и метаболизм триозофосфатов. Первые два элемента в значительной степени зависят от внешних условий, и в первую очередь от концентрации CO₂ и освещенности. На продуктивность фотосинтеза также влияют температура, обеспеченность растения водой и минеральными элементами.



Свет

Лист высших растений поглощает свет в красной и синей областях спектра, а отражает зеленые лучи. Большая часть (60%) попадающего на лист солнечного излучения не может участвовать в фотохимических процессах, поскольку имеет длину волны, которая не поглощается пигментами листа. Из оставшихся 40% фотосинтетически активных лучей солнечного спектра длиной волны 400-700 нм, часто называемых *фотосинтетически активной радиацией* (ФАР), 8% отражается поверхностью и проходит через лист; 8% рассеивается в виде тепла, 19% тратится (как тепловая энергия) на процессы, непосредственно не связанные с фотосинтезом, и только 5% попадающей на лист солнечной энергии превращается в энергию химических связей углеводов.

Анализ зависимости интенсивности фиксации CO₂ от мощности светового потока может дать очень полезную информацию о фотосинтетических свойствах листа.

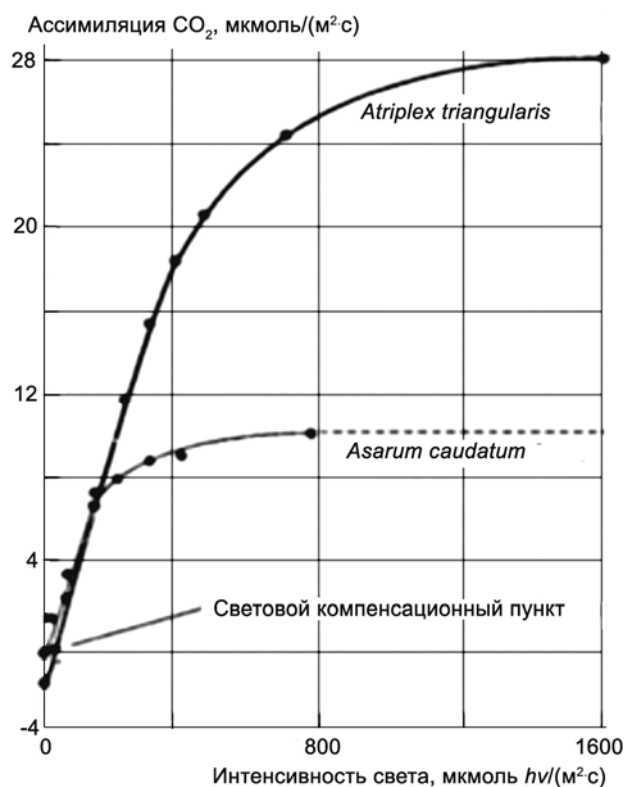


Рис. 16. Зависимость фотосинтеза от интенсивности света у лебеды *Atriplex triangularis* (светолюбивое растение) и у копытня *Asarum caudatum* (теневыносливое растение) (Harvey, 1979)

Fig. 16. The dependence of photosynthesis on light intensity in quinoa *Atriplex triangularis* (photophilous plant) and unguates *Asarum caudatum* (shade tolerance) (Harvey, 1979)

При низкой освещенности на световой кривой можно выделить точку, когда количества углекислоты, поглощаемой при фотосинтезе и выделяемой в результате дыхания, равны. Эта точка называется

световым компенсационным пунктом (рис. 16). Увеличение освещенности выше светового компенсационного пункта вызывает постепенное возрастание интенсивности фотосинтеза. На этом участке интенсивность фиксации CO₂ лимитируется только мощностью светового потока. При дальнейшем увеличении интенсивности света кривая выходит на плато, что свидетельствует о насыщении процесса связывания углекислоты. В этих условиях процесс фотосинтеза уже лимитируется только содержанием CO₂.

У светолюбивых видов растений насыщение происходит при более высокой освещенности (10-40 тыс. лк), чем у теневыносливых (1000 лк). Если же светолюбивое растение, например *Atriplex triangularis*, вырастить при низкой освещенности (рис. 17), то насыщение будет происходить гораздо раньше.

Активность фотосинтеза в области насыщающей интенсивности света лимитируется концентрацией CO₂ и зависит от мощности системы поглощения и восстановления углекислоты. Чем выше способность растения к восстановлению CO₂, тем выше проходит световая кривая фотосинтеза. Поэтому у растений с C₃-путем фиксации CO₂ насыщение происходит при более низкой освещенности, чем у C₄-растений, которые имеют более эффективную систему связывания углекислоты.

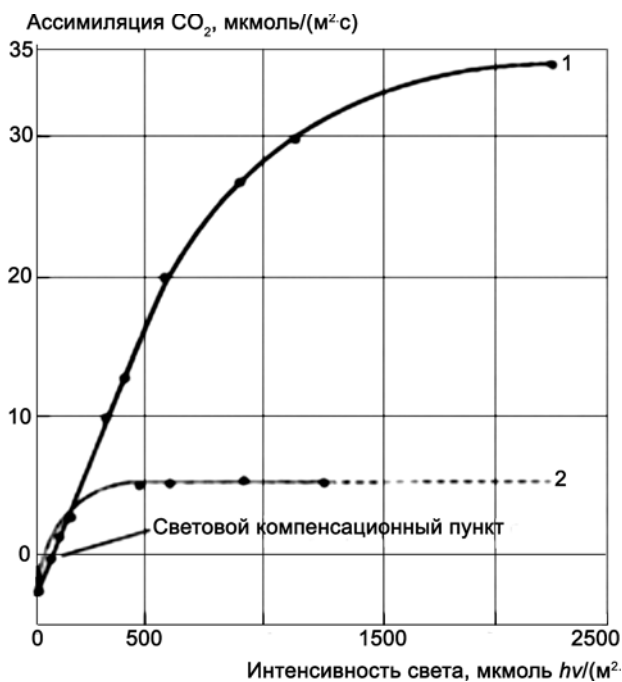


Рис. 17. Изменение интенсивности фотосинтеза листьев у лебеды *Atriplex triangularis*, выращенной при различной освещенности (Bjorkman, 1981): 1 – растения выращены при освещении 920 мкмоль $hv/(m^2 \cdot c)$; 2 – при освещении 92 мкмоль $hv/(m^2 \cdot c)$

Fig. 17. Changes in the rate of photosynthesis in leaves saltbush *Atriplex triangularis* grown under different illumination (Bjorkman, 1981): 1 – the plants are grown at 920 micromole light $hv/(m^2 \cdot s)$; 2 – 92 mol illuminated $hv/(m^2 \cdot s)$



При фотохимических процессах важен спектральный состав падающего света. Для фотосинтеза наиболее эффективны красные и синие лучи, поскольку именно они соответствуют максимуму поглощения хлорофилла. Энергия квантов красного света составляет 41 ккал/моль, а энергия квантов синего света – 57 ккал/моль. Достижимые же ими фотохимические эффекты одинаковы.

Углекислота

Содержание CO_2 в атмосфере составляет 0,036%, или 360 ppm (part per million – частей на миллион). Содержание водяных паров в атмосферном воздухе обычно около 2%, а O_2 – 21%. Основной же объем атмосферного воздуха (около 80%) приходится на азот.

Следует отметить, что многие биологические процессы, в которых участвуют газы (например, функционирование РУБИСКО), определяются не концентрацией, а парциальным давлением газа (CO_2 или O_2). В таких случаях необходимо знать не концентрацию, а парциальное давление, которое вычисляется умножением молярного содержания газа на общее атмосферное давление. Например, на уровне моря, где атмосферное давление составляет 0,1 МПа, парциальное давление CO_2 составит 36 Па (0,036% от 0,1 МПа).

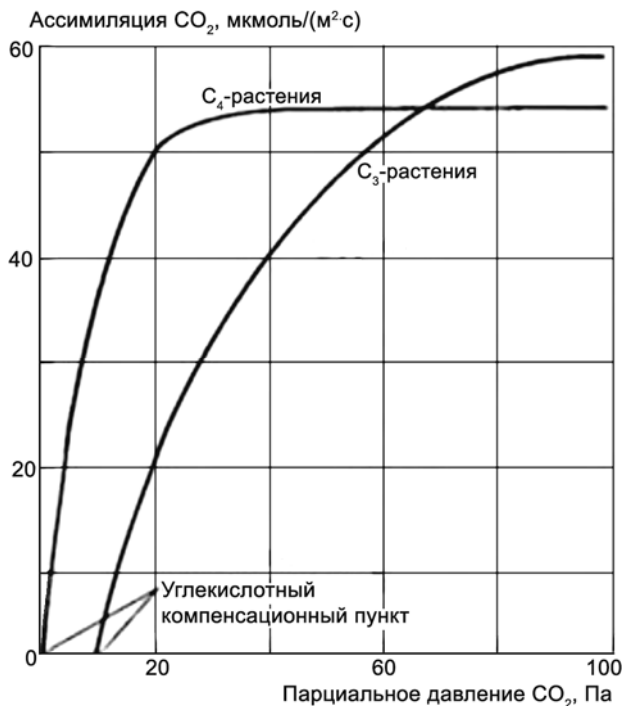


Рис. 18. Зависимость интенсивности фотосинтеза от парциального давления CO_2 у C_4 -растения таволги аризонской, *Tidestromia oblongifolia*, и C_3 -растения креозотового куста, *Larrea divaricata* (Berry, Downton, 1982)

Fig. 18. The dependence of the rate of photosynthesis on the partial pressure of CO_2 in C_4 -plants meadowsweet Arizona, *Tidestromia oblongifolia*, and C_3 -plant creosote bush, *Larrea divaricata* (Berry, Downton, 1982)

На рис. 18 показана зависимость интенсивности фотосинтеза от содержания (парциального давления) CO_2 в атмосфере. При низких концентрациях углекислоты у C_3 -растений количество CO_2 , фиксированное при фотосинтезе, меньше, чем количество CO_2 , выделяемое при дыхании. При повышении содержания CO_2 в воздухе можно зафиксировать точку, в которой суммарное поглощение углекислоты в фотосинтезе (соответственно, и выделение при дыхании) равно 0. Эта концентрация CO_2 называется *углекислотным компенсационным пунктом*. Этот параметр характеризует соотношение между процессами фотосинтеза и дыхания в зависимости от содержания CO_2 в атмосфере. У C_3 -растений, например *Larrea divaricata*, возрастание концентрации CO_2 выше углекислотного компенсационного пункта вызывает пропорциональную активацию фотосинтеза. У C_4 -растения *Tidestromia oblongifolia* насыщение фотосинтетической активности наступает при более низкой концентрации (около 0,02%), чем среднее содержание CO_2 в атмосфере.

Температура

Зависимость интенсивности фотосинтеза от температуры имеет вид параболы с максимумом от 25 до 35 °C (рис. 19). Однако если концентрация CO_2 в воздухе будет выше, то температурный оптимум сместится до 35-38 °C. Именно при этих температурах хорошо идут многие ферментативные реакции.

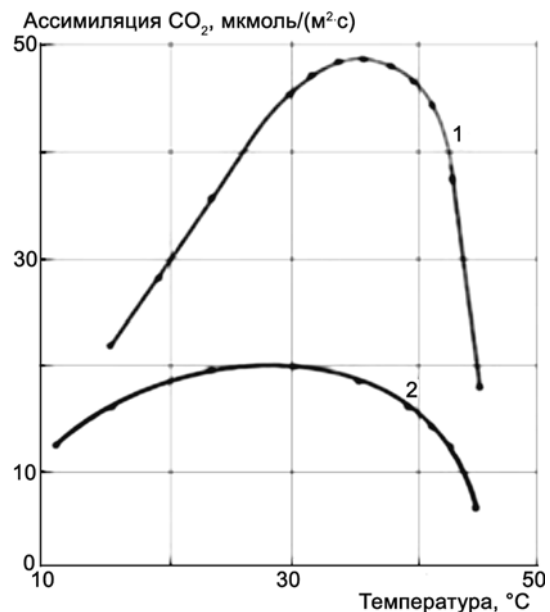


Рис. 19. Зависимость интенсивности фотосинтеза от температуры (Berry, Bjorkman, 1980):
1 – при концентрации CO_2 , насыщающей процесс фотосинтеза;
2 – при содержании CO_2 в воздухе 0,036%

Fig. 19. The dependence of the rate of photosynthesis on temperature (Berry, Bjorkman, 1980):
1 – when the CO_2 concentration, saturating the process of photosynthesis;
2 – with the content of CO_2 in the air 0.036%

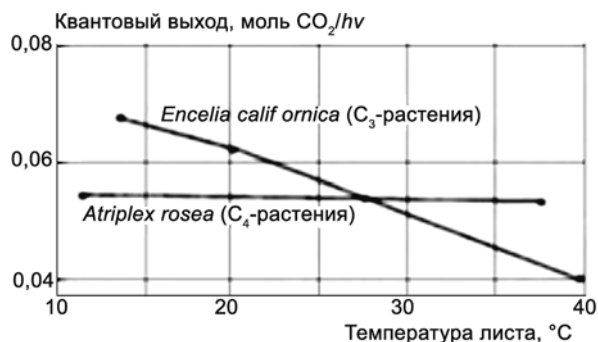


Рис. 20. Квантовый выход фотосинтеза у C₃-растения *Encelia californica* и C₄-растения лебеды *Atriplex rosea* в зависимости от температуры (Ehleringer, Bjorkman, 1977)

Fig. 20. The quantum yield of photosynthesis in plants C₃ *Encelia californica* and C₄ plants saltbush *Atriplex rosea* depending on the temperature (Ehleringer, Bjorkman, 1977)

Квантовый выход фотосинтеза у C₄-растений не меняется в диапазоне температур от 12 до 40 °C (рис. 20). Совсем другая зависимость наблюдается у C₃-растений, у которых с повышением температуры квантовый выход фотосинтеза снижается. Это снижение является результатом активации фотодыхания у C₃-растений при повышенных температурах. Поэтому продуктивность C₄-растений выше в южных регионах, а C₃-растений – в северных.

Оптимальные температурные условия для процесса фотосинтеза определяются прежде всего генотипом и условиями обитания растения. Растения, обитающие в условиях низких температур, как правило, имеют более высокие скорости реакций, чем растения, произрастающие в условиях высоких температур.

Высокая солнечная радиация опасна не только для животных, но и для растительных организмов. В полуденные часы (12-14 ч) температура листьев может становиться на 5-10 °C выше температуры воздуха. В этот период, который иногда называют *полуденной депрессией фотосинтеза*, клетки переполняются крахмалом, нарушается отток ассимилятов, активизируются процессы, приводящие к накоплению свободных радикалов. У растений имеется несколько уровней защиты от повреждения солнечной

радиацией. Первый уровень защиты связан с рассеиванием в виде тепла энергии света, поглощенной листом. На втором уровне начинает функционировать система утилизации образующихся токсических продуктов (активных форм кислорода, перекисей, свободных радикалов), которая включает каротиноиды, аскорбиновую кислоту и различные формы супероксиддисмутаза. Если же второй уровень защиты не справляется, токсические продукты вызывают повреждение в первую очередь тех молекул, которые особенно чувствительны к свету, например белка D1, входящего в состав фотосистемы II [2, 5].

Водный режим

Значение водного режима для фотосинтеза определяется в первую очередь действием воды на состояние устьиц листа: до тех пор, пока устьица остаются оптимально открытыми, интенсивность фотосинтеза не изменяется под влиянием колебаний водного баланса. Частичное или полное закрывание устьиц, вызванное дефицитом воды в растении, приводит к нарушению газообмена и снижению поступления углекислого газа к карбоксилирующим системам листа. Вместе с тем при водном дефиците снижается активность ферментов цикла Кальвина, обеспечивающих регенерацию рибулозобисфосфата, и в значительной степени ингибируется фотофосфорилирование. В результате в условиях водного дефицита наблюдается ингибирование фотосинтетической активности растений. При длительном дефиците воды возможно снижение общей фотосинтетической продуктивности растений, в том числе и за счет уменьшения величины листьев, а сильное обезвоживание может в итоге вызвать нарушение структуры хлоропластов и полную потерю их фотосинтетической активности [4].

В заключение хотелось бы отметить тот факт, что использование в качестве биотоплива возобновляемых биологических ресурсов позволяет не только поднять общую энергоэффективность получения энергии, но и напрямую улучшить экологическое состояние окружающей среды, что, в свою очередь, обеспечит условия для интенсивного воспроизводства биоресурсов.

Список литературы

1. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В 3-х т. Т. 1 / Пер. с англ. / под ред. Р. Сопера. М.: Мир, 1990.
2. Медведев С.С. Физиология растений. СПб.: СПбГУ, 2004.
3. <http://toptropicals.com/html/aqua/lamps/hidlamps.htm> «Газоразрядные лампы высокой интенсивности».
4. Физиология растений / под ред. проф. Ермакова И.П. М.: Академия, 2005.
5. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез C₃- и C₄-растений: механизмы и регуляция. М., 1986.
6. Фотосинтез: В 2-х т. Т. 1 / Пер. с англ. / под ред. Говинджи. М.: Мир, 1987.
7. Холл Д., Рао К. Фотосинтез / Пер. с англ. М.: Мир, 1983.

References

1. Grin N., Staut U., Tejlor D. Biologiã: V 3-h t. T. 1 / Per. s angl. / pod red. R. Sopera. M.: Mir, 1990.
2. Medvedev S.S. Fiziologiã rastenij. SPb.: SPbGU, 2004.
3. <http://toptropicals.com/html/aqua/lamps/hidlamps.htm> «Gazorazrãdnye lampy vysokoj intensivnosti».
4. Fiziologiã rastenij / pod red. prof. Ermakova I.P. M.: Akademiã, 2005.
5. Èdvardis Dž., Uoker D. Fotosintez C₃- i C₄-rastenij: mehanizmy i regulaciã. M., 1986.
6. Fotosintez: V 2-h t. T. 1 / Per. s angl. / pod red. Govindži. M.: Mir, 1987.
7. Holl D., Rao K. Fotosintez / Per. s angl. M.: Mir, 1983.

Транслитерация по ISO 9:1995

МИНИ-УСТАНОВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ БИОДИЗЕЛЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА И ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Л.И. Ринк, Ю.А. Собченко

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
109456 Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 2
Тел.: 8 (499) 174 87 72, e-mail: yuri217@rambler.ru

Заключение совета рецензентов: 18.04.15 Заключение совета экспертов: 23.04.15 Принято к публикации: 28.04.15

В статье рассмотрены вопросы перевода сельского производителя на самообеспечение электроэнергией за счет производства биодизельного топлива из произведенного растительного масла (или отработанного масла) и изопропилового спирта. Описывается сравнительно недорогая небольшая установка, использующая СВЧ-энергию в качестве основного источника изготовления биотоплива. Применение электромагнитного поля сантиметрового диапазона позволяет многократно ускорить реакцию переэтерификации растительных масел в эфиры жирных кислот, составляющих основу биотоплива. Добавление наноактиватора приводит к повышению энергетических характеристик биотоплива на 10-20%.

Ключевые слова: биотопливо, наноактиваторы, СВЧ-поле.



MINIPLANT ON PRODUCTION OF THE BIODIESEL FROM VEGETABLE OIL AND ISOPROPYL ALCOHOL

L.I. Rink, Yu.A. Sobchenko

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)
2, 1st Veshnyakovskii str., Moscow, 129128, Russia
Tel.: 8 (499) 174-87-72, e-mail: yuri217@rambler.ru

Referred: 18.04.15 Expertise: 23.04.15 Accepted: 28.04.15

The article proposes the transfer of small-scale agriculture to self-sufficiency in electricity production of biodiesel grown vegetable oil (or waste oil) and isopropyl alcohol. Is inexpensive and a small microwave plant as a major producer of biofuels. There are application of an electromagnetic field of microwave frequency range greatly speeds up the process of obtaining biodiesel. Adding nanoactivators improves the efficiency of fuel on 10-20%.

Keywords: biodiesel, nanoactivator, microwave field.



*Леонид Игоревич
Ринк
Leonid I. Rink*

Сведения об авторе: д-р хим. наук, зав. лаборатории нанотехнологий ВИЭСХ.
Образование: Ленинградский Технологический институт им. Ленсовета (1970).
Область научных интересов: альтернативная энергетика, восстановление качества воды, создание лекарственных препаратов для людей и животных.
Публикации: 260.

Information about the author: doctor of chem. sciences, head of nanotechnology lab VIESH.
Education: Leningrad Technological Institute named after Lensovet (1970).
Research area: alternative energy, restoration of water quality, the creation of medicines for people and animals.
Publications: 260.



Юрий Александрович
Собченко
Yuri A. Sobchenko

Сведения об авторе: научный сотрудник лаборатории нанотехнологий ВИЭСХ.
Образование: Московский Электротехнический институт связи (1974).
Область научных интересов: СВЧ-энергетика, производство биодизельного топлива.
Публикации: 8.

Information about the author: researcher, laboratory of nanotechnologies VIESH.
Education: Moscow Electrotechnical Institute of Communications (1974).
Research area: microwave energy, production of biodiesel.
Publications: 8.

Введение

Количество сельского населения в РФ в последнее время стабилизировалось и составляет 26,3% от общей численности населения, то есть 37,6 млн человек [1]. В основном оно проживает в населенных пунктах до 100 человек – 67,3% [1]. Подобные населенные пункты почти всегда экономически невыгодно электрифицировать и газифицировать.

Жители таких населенных пунктов:

- заинтересованы в самообеспечении электроэнергией, теплом и горючим;
- имеют возможность получать растительное масло из собственного сырья, например, методом холодного отжима;
- имеют возможность использовать отработанные масла как от домашнего использования, так и от общественного (например, сеть закусочных, столовых и т.д.). Биотопливо из растительного сырья является возобновляемым и экологичным [2]. Биодизель наносит меньше вреда окружающей среде [3], чем дизельное топливо.

Представляем установку, созданную учеными ВИЭСХ. Создатели мини-установки (в дальнейшем МИНИ-1) надеются, что в связи с низкой стоимостью, надежностью и простотой в эксплуатации она займет достойное место в арсенале российского селянина.

Основная часть

Установка МИНИ-1 является логическим продолжением конструкций, разработанных в ВИЭСХ в 2012-2013 годах [4], а именно, установок для приготовления биодизельного топлива в СВЧ-поле для лабораторий вузов, применяемых в учебных целях. Главное отличие новой установки от лабораторной в том, что в составе исходного сырья вместо этилового спирта применяется изопропиловый спирт, а также в проведении процесса при высокой (до 100 °С) исходной температуре. Значительно изменена конструкция установки.

Обоснование конструкции реактора

Принципы построения установки обосновываются на основе уравнений Максвелла и прохождения реакции получения биотоплива с использованием СВЧ-энергии.

Вопрос распространения СВЧ-излучения в волноводах, то есть волн с дисперсией граничных условий, вытекает из рассмотрения следующих уравнений:

$$\text{rot}_x \mathbf{E} = -j\omega\mu_0 H_x; \quad (1)$$

$$\text{rot}_y \mathbf{E} = -j\omega\mu_0 H_y; \quad (2)$$

$$\text{rot}_z \mathbf{E} = -j\omega\mu_0 H_z; \quad (3)$$

$$\text{rot}_x \mathbf{H} = -j\omega\epsilon_0 E_x; \quad (4)$$

$$\text{rot}_y \mathbf{H} = -j\omega\epsilon_0 E_y; \quad (5)$$

$$\text{rot}_z \mathbf{H} = -j\omega\epsilon_0 E_z. \quad (6)$$

Из этих уравнений следует, что СВЧ-поле может распространяться внутри металлических поверхностей, какой и является наш реактор.

Конструкция реактора соединяет в себе две функции:

- обеспечить режим проведения заданной химической реакции;
- создать благоприятные условия для совместного прохождения реакции и СВЧ-воздействия на смесь.

Остановимся более подробно на второй.

С точки зрения физических процессов в реакторе, он прежде всего является резонатором для СВЧ-волн. Конструкции резонаторов бывают различными, мы остановились на **цилиндрическом полом резонаторе**. Резонансная длина в нем:

$$\lambda < \lambda_{\text{крит.}} = 2,62R_{\text{цилиндра}} \quad (7)$$

где λ – длина волны, излучаемой генератором СВЧ-волн; $R_{\text{цилиндра}}$ – радиус реактора.



Длина волны при $f = 2450$ МГц в свободном пространстве равна 12,2 см, следовательно, радиус реактора $> R = 4,66$ см.

Однако в нашем случае реактор заполняется реакционной смесью. В этом случае

$$\lambda_{\text{реак. крит.}} = \lambda_{\text{крит.}} \cdot \epsilon^{1/2}, \text{ так как } \mu = 1, \quad (8)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость, а μ – магнитная.

Из приложения 4 [11] находим $\epsilon_{\text{инс}} = 18,7$, а $\epsilon_{\text{масло раст.}} = 3,0$, следовательно, $R_{\text{min}} = 6,49$ см. Поэтому диаметр реактора должен быть больше 12,98 см. Выбираем 15 см. А структура электромагнитного поля волны \mathbf{H}_{01} , которое формируется в цилиндрическом резонаторе, не зависит от длины резонатора L . Поэтому, уменьшая L , мы не изменяем структуру электромагнитного поля, а только увеличиваем плотность энергии.

Большую роль играет такой физический параметр, как глубина проникновения электромагнитного поля в реакционную смесь. Опираясь на нее, можно определить оптимальные размеры реактора. Из [5] следует:

$$D_p = \frac{\lambda_0}{\pi \sqrt{2\epsilon' \sqrt{(1 + \epsilon''/\epsilon')^2 - 1}}}; \quad (9)$$

$$\lambda_0 = c/f_0, \quad (10)$$

где λ_0 – длина волны СВЧ-генератора в свободном пространстве; D_p – глубина проникновения СВЧ-поля в исследуемое вещество; c – скорость света; f_0 – частота генератора, у нас 2450 МГц; ϵ' – относительная диэлектрическая проницаемость; ϵ'' – диэлектрические потери.

Расчеты показывают, что для смеси 1000 мл рапсового масла и 300 мл изопропилового спирта $D_p = 14,07$ см, то есть на этом расстоянии рассеется 63% энергии генератора **независимо** от его мощности.

Следовательно, экономически невыгодно делать реактор порционного типа с линейными размерами больше 25 см. Максимальный объем получаемого биодизеля в этом реакторе, если он куб, составит 15 625 мл, а вес около 14 кг. А если нам надо получить 100 литров, то лучше на расстоянии 20-25 см поставить три генератора, при этом высота бочки должна быть менее 50 см.

Используемые материалы и их характеристики

Для получения биодизеля необходимы два компонента: растительное (животное) масло и спирт – метиловый, этиловый или любой другой, который выбирает производитель. Метиловый спирт самый дешевый и наиболее эффективный при реакциях перэтерификации из спиртов. Но он же самый опасный для здоровья человека и окружающей среды. Использование метилового спирта на селе недопустимо, на взгляд авторов.

Этиловый спирт широко используется в мире для приготовления биодизеля [6], но существуют специфические для России особенности, которые заставляют отказаться от этилового спирта:

1. Весьма высокая цена для рядового покупателя. В окружающем РФ мире государства стремятся сохранить природу, человека, оказывают поддержку производителю биотоплива, для чего снижают цену на спирт и масла для производителя экологичного топлива – у нас, к сожалению, этого нет.

2. Даже если вы приобрели обычный этиловый спирт – медицинский 70% (30% воды), ректификат или гидролизный 96% (4% воды), вы не получите биодизель, т.к. скорость реакции гидролиза масел (триглицеридов высших органических кислот) очень велика и превосходит скорость реакции алкоголиза (перэтерификации) масел. Для получения биодизеля необходим дорогой абсолютизированный спирт с содержанием воды менее 0,5%.

3. Этиловый спирт весьма дорогой, с учетом акцизов на сырье, введенных в России на спирт, предназначенный для получения алкоголя.

4. Кроме того, этанол в России входит в перечень прекурсоров наркотического направления, что делает невозможным для сельского жителя грамотно проводить технологический процесс, осуществляя учет и взаимодействие с представителями наркоконтроля.

Изопропиловый спирт сравнительно недорог, содержание воды $< 0,1\%$. Расход изопропанола около 200 г на 1 кг биодизеля. По литературным данным [7], изопропиловый спирт этерифицирует триглицериды не полностью. Есть сведения о конверсии всего в 11%. Для более полного прохождения реакции авторы предлагают использовать высокое давление и температуру до 200 °С [3]. Эти требования удорожают процесс производства биодизеля – растет цена оборудования, необходимы соответствующая техника безопасности, подбор специалистов и т.д.

В этой связи авторами статьи было принято решение сделать получение биодизеля недорогим для фермера. Для этого:

- применяется изопропиловый спирт (ИПС).
- процесс проводится при атмосферном давлении и начальной температуре до 100 °С.
- используется катализатор «наноактиватор» НА-1 в концентрации 0,00001%.
- обогрев осуществляется греющей лентой, намотанной на реактор, что весьма доступно для непрофессионала.

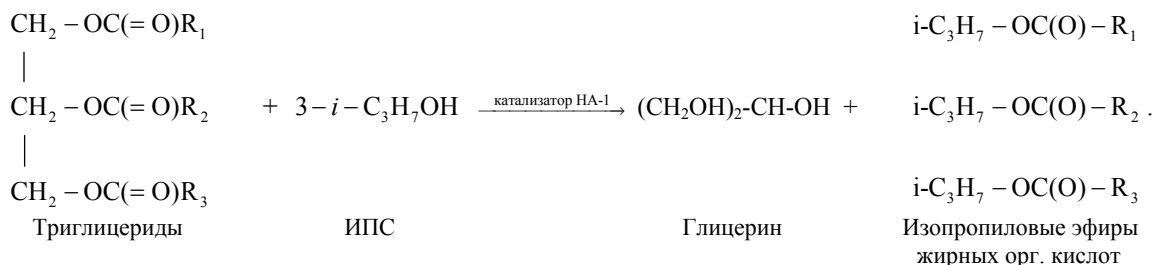
Для реализации этой идеи авторами изучены кинетика реакции, полнота протекания процесса, состав реакционной смеси. Для этого были использованы современные физико-химическими методы (ГЖХ, высокоэффективная хромато-масс-спектрометрия).

В результате работы нами создана установка МИНИ-1, использующая СВЧ-энергию в качестве основного источника энергии для получения биодизеля.



Научная новизна процесса получения биодизеля на установке МИНИ-1

Ускорение реакции переэтерификации под воздействием СВЧ-поля является широко известным фактом и описано во многих научных статьях [7-9]. Не повторяя описанные результаты опытов, обратим внимание на отсутствие данных по реакции переэте-



рификации под воздействием СВЧ-поля на растительные масла и ИПС с получением изопропиловых эфиров высших органических кислот – биодизеля и глицерина. Авторы изучили этот процесс.

Химическая реакция переэтерификации растительных масел с ИПС при содействии катализа «наоактиватором», снижающего вязкость реакционной среды и СВЧ-поля, выглядит следующим образом:



Изопропиловые эфиры жирных органических кислот мы назвали «изопропиловый биодизель».

Обсудим физические процессы, протекающие в нашей установке.

Плотность электромагнитного поля в резонаторе (это реактор установки МИНИ-1)

$$P = W_{\text{нак}} / V_{\text{рез}} ; \quad (11)$$

$$W_{\text{нак}} = \int MM_0 / H^2 dV, \quad (12)$$

где $V_{\text{рез}}$ – объем резонатора, в нашем случае это объем настраиваемого на S_{max} реактора; M – магнитная проницаемость; H – напряженность магнитного поля в резонаторе; $W_{\text{нак}}$ – энергия, накопленная в резонаторе.

Без существенного искажения истины можно считать, что большая часть энергии расходуется на нагрев ИПС в реакторе, так как диэлектрическая проницаемость (мера превращения энергии СВЧ в тепло) ИПС в 10 раз больше, чем у масла. Поэтому, подводя энергию к молекуле триглицерида, мы должны добиться равенства за время технологического процесса:

$$P_{\text{рез}} V_{\text{молекулы}} = \text{энергия активации (разрыва связи в масле)} \times W_{\text{рез}}.$$

Считаем необходимым пояснить вышесказанное. Энергия разрыва связи глицеридов в 1000 раз больше, чем $W_{\text{рез}}$ [7, 9]. Наша цель – создать в реакторе такой волновой механизм, чтобы случайный процесс разрыва молекул триглицеридов стал более вероятным, а процесс – более быстрым. Для этого в реакторе установлены регулирующие стойки с винтами, посредством которых создается квазирезонансное воздействие на рабочую смесь (квази – потому что размеры молекул намного меньше длины волны СВЧ-поля).

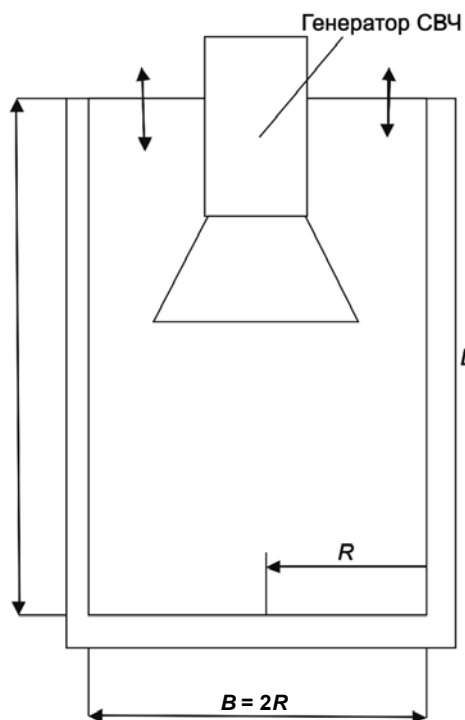


Рис. 1. Резонатор
Fig. 1. Rezonator

Изменяя размер резонатора L (рис. 1), совместно с воздействием катализатора, мы создаем «режим эффективной переэтерификации масел с ИПС»; далее формула из [2]:

$$L_{\text{резонатора}} = \left(\frac{1}{4} L^2 + \frac{1}{4} R^2 \right)^{-1/2}, \quad (14)$$

где L – высота реактора, в котором происходит реакция переэтерификации; R – радиус реактора.



Не теряя общности, мы вводим функцию

$$C = F(P_{\text{свч}}, t_{\text{реакции}}, m, V_{\text{пер}}, T_{\text{реакции}}),$$

где C – конверсия, %, выход эфиров ИПС от количества растительного масла, участвовавшего в реакции; $P_{\text{свч}}$ – плотность электромагнитного поля в реакторе, который выполнен в виде цилиндра с изменяющейся высотой; $t_{\text{реакции}}$ – время воздействия СВЧ-поля на сырье; m – количество катализатора – вес «наноактиватора», г; $V_{\text{пер}}$ – производительность насоса, смешивающего сырье в реакторе; $T_{\text{реакции}}$ – температура сырья в реакторе.

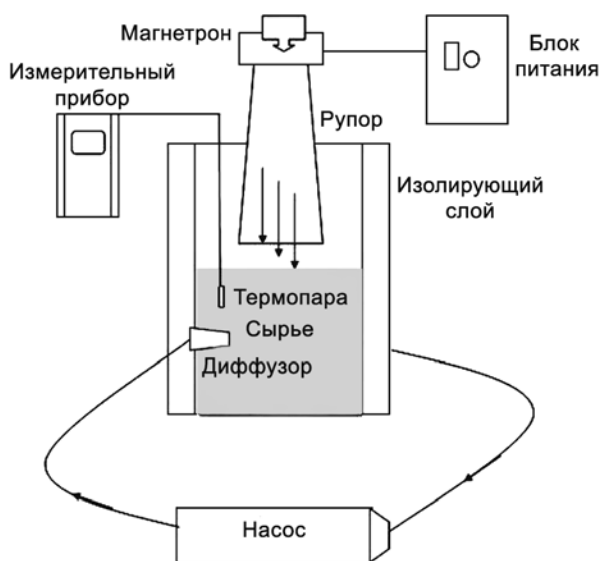


Рис. 2. СВЧ-установка МИНИ-1
Fig. 2. Microwave heating system МИНИ-1

Таким образом, были успешно изучены цели исследования, поставленные авторами. А именно:

1. Изучены кинетические и физические параметры процесса получения биодизеля с изопропиловым спиртом. Полученные слои: биодизеля (верхний) и глицерина (нижний) – легко разделяются при хранении в прозрачной (пластмассовой или стеклянной) таре.

2. Создан и изучен волновой механизм протекания реакции переэтерификации в виде модели случайного процесса разрыва химических связей в триглицеридах под воздействием СВЧ-поля.

3. Рассчитана и создана геометрия реактора, при которой выход биодизеля ($C_{\text{свч}}$) максимален.

4. При фиксированной геометрии удалось в ходе опыта изменять параметры функции $C_{\text{свч}}$ и получить информацию о $C_{\text{макс}}$ как функции вышеприведенных изменяемых параметров.

На рис. 2 приводится внешний вид установки МИНИ-1 и ее схема.

Изучение действия наноактиваторов на процесс получения и свойства биодизеля

Для исследования были изготовлены образцы наноприсадок и нанокатализаторов и изучены вопросы их эффективности в повышении качества биотоплив и улучшению их сгорания. Гидрофобные наноактиваторы «НА-2,3» были обследованы нами в процессе получения биодизеля, т.к. ранее они нашли применение как катализаторы процессов горения разных видов топлива, показав улучшение эффективности горения всех видов топлива на 10-20%.

Нами были найдены эффекты от добавления наноактиватора НА-2 в топливо (бензин марки 92 и солярку):

- снижение удельного расхода топлива от 8 до 15%;
- увеличение мощности двигателя и крутящего момента на валу на 10-12%;
- снижение расхода масла на 15-30%;
- увеличение моторесурса двигателя на 30-40%;
- уменьшение эмиссии оксидов азота на 20-30%, монооксида углерода на 20-30%, углеводов на 15-20%;
- очистка топливной системы и камер сгорания.

Разработаны математические и кинетические основы создания биотоплива из различных видов сырья с применением нанокатализаторов. Изучены методы и ТЭО процессов приготовления нанокомпозитных материалов на основе полимерных смол, алюмосиликатов, полисахаридов. На основе полученных результатов синтезированы образцы наноактиваторов «НА-1», «НА-2», «НА-3» для гидрофобных и гидрофильных (водных) систем.

Показано, что заметного катализирующего действия созданных наноактиваторов на скорость или конверсию процесса переэтерификации растительных масел изопропанолом не отмечено. Созданные наноактиваторы при добавлении их в



исходную смесь растительного масла и спирта практически не влияли:

- на снижение начальной температуры процесса;
- на выход биотоплива;
- на снижение энергии активации процесса;
- на снижение вязкости реакционной смеси.

Объяснение этому может быть только одно: в присутствии и влиянии СВЧ-поля, которое заметно усиливает колебания связей в молекулах и деформационные колебания, ослабляя эфирные связи в триглицеридах (растительных маслах) и способствуя перэтерификации, тогда как наноактиватор организует резонансные межмолекулярные комплексы, снижая энергию активации эфирных связей и снижая вязкость системы, что заметно ускоряет скорость химических процессов. Но СВЧ-поле уничтожает эти резонансные структуры, действуя как кавитационная система. В связи с этим мы предположили, что положительный эффект действия созданных нами наноактиваторов будет происходить после выключения СВЧ-генератора и охлаждения биодизеля. Это предположение успешно подтвердилось.

Способ применения и дозировка наноактиваторов

Применение наноактиваторов «НА-2,3» может осуществляться путем добавления препаратов в топливо, или в емкости (канистру, бочку, цистерну топливозаправочной техники, емкость АЗС), или непосредственно в топливный бак автомобиля. Требуется соблюдение точной пропорции из расчета 10 мл препарата на 1000 л бензина. Относительная погрешность дозировки не должна превышать $\pm 5\%$. В случае нарушения дозировки – топливо выработать в рабочем режиме до нулевой отметки и при повторной заправке добавлять препарат по инструкции.

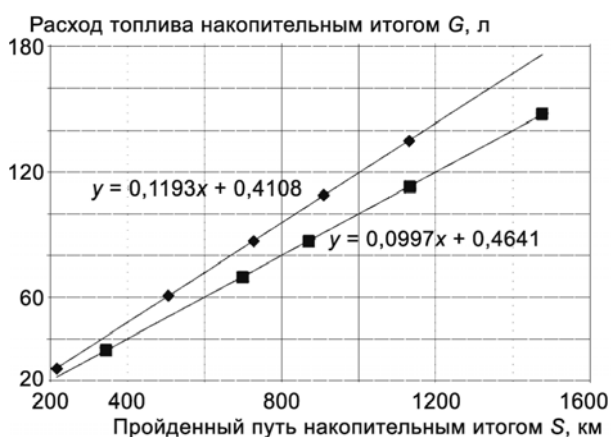


Рис. 3. Графики зависимости расхода топлива с добавкой 15% биодизельного топлива без наноактиватора «НА-3» (верхняя линия) и с его добавкой (нижняя линия) от пройденного пути

Fig. 3. Plotted versus diesel with the addition of 15% biodiesel without nanoactivator HA-3 (top line) and its supplement (bottom line) of the distance traveled

Как видно из уравнений на рис. 3, средний удельный расход топлива без «НА-3» составил 0,1193 л/км, или 11,93 л/100 км, а с использованием препарата расход топлива уменьшился до 0,0997 л/км, или 9,97 л/100 км.

Экономический эффект в виде снижения удельного расхода топлива составил:

$$(11,93 - 9,97) / 11,93 \cdot 100\% = 16,4\%$$

Для биодизельного топлива, полученного из подсолнечного масла и изопропилового спирта, на установке МИНИ-1 получена пока одна характеристика – экономия топлива на 16% (рис. 3).

В стадии патентования находятся способ приготовления наноприсадок, на рис. 3 приведены материалы проверки их эффективности. Формируются технологический регламент и инструкция применения. Наблюдается повышение энергетических и экологических характеристик биотоплив не менее чем на 10-20%.

Разработаны математические и кинетические основы создания биотоплива из различных видов сырья с применением нанокатализаторов. Получены результаты изучения воздействия катализаторов и наноактиваторов на кинетику процессов, оптимизация оборудования и состава активаторов процесса.

Результаты проведенных исследований

Образцы полученного биодизеля были исследованы на хроматографе «Agilent Technologies» модели 6890 и масс-спектрометре той же фирмы модели 5973. Спектры обработаны программой «MSD Chemstation», версия Д.01.00.

Если первые испытания дали средний уровень конверсии порядка 86% (от 15.04.14 г.), то при следующей, более точной настройке аппаратуры удалось получить выход изопропилового биодизеля $C = 94,9\%$. Характеристики полученного биотоплива:

1. Удельный вес $\rho = 0,885 \text{ г/см}^3$, для сравнения в [9] $\rho = 0,886 \text{ г/см}^3$.
2. Теплотворная способность 39000 Дж/г.
3. Температура вспышки 146 °С.

Все данные получены при атмосферном давлении, частота генератора 2450 МГц, мощность генератора 1000 Вт.

Выводы

1. Изучены кинетические и физические процессы, протекающие в системе получения биодизеля растительное масло – изопропанол.
2. Изучен волновой механизм протекания реакции перэтерификации в виде модели случайного процесса разрыва химических связей в триглицеридах под воздействием СВЧ-поля.
3. Рассчитана и создана геометрия реактора, при которой выход биодизеля максимален.



4. При фиксированной геометрии удалось в ходе опыта регулировкой изменять параметры функции $C_{свч}$.

5. Создана установка получения «изопропилового биодизеля», пригодная для тиражирования и применения в индивидуальных хозяйствах и фермах.

6. При наличии собственной установки получения растительных масел (например, прессов холодного отжима) фермер имеет возможность с помощью установки «МИНИ-1» производить дешевый биодизель для снабжения собственной техники [10], что снимает большую долю затрат для выпуска сельскохозяйственной продукции.

Список литературы

1. Всероссийская перепись населения – 2010 г.
2. Измайлов А.Ю. и др. Современные возможности использования рапсового масла в качестве топлива в дизельных двигателях // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 5.
3. Будько М.А., Василькевич А.И. Исследование реакции переэтерификации в реакторах периодического действия // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2012. Вып. 03(111).
4. Патент РФ №139141. Установка для приготовления биодизельного топлива в СВЧ-поле / Стребков Д.С., Собченко Ю.А. и др. // БИ. 2014. № 10.
5. Mujumdar A.S. Handbook of industrial drying CRC. London, Teylor and Frensis, 2007.
6. Стребков Д.С., Ринк Л.И. и др. Разработка установки для получения биодизеля и наноактиваторов для повышения эффективности работы установки. Труды международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Часть 5. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 258-260.
7. Pranjali D. Muley. Thesis: Experimental and numerical investigation... Louisiana State University, May 2012.
8. Barnard T.M., Leadbeater N.F., Boucher M.B. (2007) Continuous-flow preparation of biodiesel using microwave heating // Energy and Fuels 21:1777-1781. DOI:10 1021.
9. Satyanarayana N.G., Mariano A.B., Vargas N.C.: A review on microalgae // Int. J. Energy Res, 2011. 35.
10. Стребков Д.С., Ринк Л.И., Собченко Ю.А. и др. Использование наноактиваторов в сельском хозяйстве. Труды 9-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Часть 5. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 197-200.
11. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. М.: Высшая школа, 1972.

References

1. Vserossijskaâ perepis' naseleniâ – 2010 g.
2. Izmajlov A.Û. i dr. Sovremennye vozmožnosti ispol'zovaniâ rapsovogo masla v kačestve topliva v dizel'nyh dvigatelâh // Sel'skohožâjstvennye mašiny i tehnologii. 2009. № 5.
3. Bud'ko M.A., Vasil'kevič A.I. Issledovanie reakcii pereèsterifikacii v reaktorah periodičeskogo dejstviâ // Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ – ISJAEЕ. 2012. Vyp. 03(111).
4. Patent RF №139141. Ustanovka dlâ prigotovleniâ biodizel'nogo topliva v SVČ-pole / Strebkov D.S., Sobčenko Û.A. i dr. // BI. 2014. № 10.
5. Mujumdar A.S. Handbook of industrial drying CRC. London, Teylor and Frensis, 2007.
6. Strebkov D.S., Rink L.I. i dr. Razrabotka ustanovki dlâ polučeniâ biodizelâ i nanoaktivatorov dlâ povyšeniâ èffektivnosti raboty ustanovki. Trudy meždunarodnoj naučno-tehničeskoj konferencii «Ènergoobespečenie i ènergosbereženie v sel'skom hozâjstve». Čast' 5. M.: GNU VIÈSH, 2014. S. 258-260.
7. Pranjali D. Muley. Thesis: Experimental and numerical investigation... Louisiana State University, May 2012.
8. Barnard T.M., Leadbeater N.F., Boucher M.B. (2007) Sontinuous-flow preparation of biodiesel using micro-wave heating // Energy and Fuels 21:1777-1781. DOI:10 1021.
9. Satyanarayana N.G., Mariano A.B., Vargas N.C.: A review on microalgae // Int. J. Energy Res, 2011. 35.
10. Strebkov D.S., Rink L.I., Sobčenko Û.A. i dr. Ispol'zovanie nanoaktivatorov v sel'skom hozâjstve. Trudy 9-j Meždunarodnoj naučno-tehničeskoj konferencii «Ènergoobespečenie i ènergosbereženie v sel'skom hozâjstve». Čast' 5. M.: GNU VIÈSH, 2014. S. 197-200.
11. Lebedev I.V. Tehnika i pribory SVČ. M.: Vysšaâ škola, 1972.

Транслитерация по ISO 9:1995





ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕАКТОРА С ЗАТОРМОЖЕННЫМ НАСАДКОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ ДЛЯ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА

А.М. Дубинин, С.Е. Щеклеин, В.Г. Тупоногов, М.И. Ершов, Ю.А. Каграманов

Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002 Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 5
Тел./факс: (343) 375-97-37, e-mail: s.e.sheklein@urfu.ru

Заключение совета рецензентов: 10.07.15 Заключение совета экспертов: 13.07.15 Принято к публикации: 16.07.15

Описан двухкамерный реактор с заторможенным каталитической насадкой циркуляционным псевдоожигенным слоем, предназначенный для производства синтез-газа паровой конверсией метана. Результаты эксперимента удовлетворительно согласуются с моделированием процессов.

На основании системы уравнений теплового баланса двух камер и уравнений (в табличной форме) зависимости равновесных концентраций продуктов паровой конверсии метана от температуры при отношении $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O} = 1:1$ найдены оптимальные параметры исследуемого реактора.

Ключевые слова: метан, водород, оксид углерода, псевдоожигенный слой, тепловой баланс.

FILLING IMPEDED CIRCULATING FLUIDIZED BED REACTOR FOR METHANE STEAM REFORMING OPTIMUM PARAMETERS

A.M. Dubinin, S.E. Shcheklein, V.G. Tuponogov, M.I. Ershov, Yu.A. Kagramanov

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
5 Sofyi Kovalevskoy str., Yekaterinburg, 620002, Russia
Tel./fax: (343) 375-97-37, e-mail: s.e.sheklein@ustu.ru

Referred: 10.07.15 Expertise: 13.07.15 Accepted: 16.07.15

The catalytic filling impeded two-chamber circulating fluidized bed reactor meant for methane steam reforming synthesis gas production was described. Experimental data conform satisfactorily to the process simulation.

Optimum parameters of the analyzed reactor were found on the basis of heat balance equation set for two chambers and tabled dependence between methane steam reforming products equilibrium concentrations and temperature with the ratio $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O} = 1:1$.

Keywords: methane, hydrogen, carbon monoxide, a fluidized bed, heat balance.



Алексей Михайлович
Дубинин
Alexey M. Dubinin

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика» УрФУ. Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» второй степени.

Образование: Ивановский энергетический институт (1965).

Область научных интересов: аппараты для производства технологических атмосфер из природного газа и твердого топлива.

Публикации: 250.

Information about the author: Dr. Sci., professor of chair «Industrial power system» UrFU. He is awarded by an award medal «For merits before the Fatherland» the second degree.

Education: Ivanovo Power Institute (1965).

Research area: apparatuses for production of the technological atmospheres from natural gas and solid fuel.

Publications: 250.



Сергей Евгеньевич
Щеклеин
Sergey E. Shcheklein

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Education: Urals Polytechnic Institute (1972).

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

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



Владимир
Геннадьевич
Тупоногов
Vladimir G. Tuponogov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика» УрФУ.

Образование: Уральский политехнический институт (1976).

Область научных интересов: гидродинамические процессы в аппаратах с дисперсными потоками.

Публикации: 80.

Information about the author: Dr. Sci., professor of chair «Industrial power system» UrFU.

Education: Ural Polytechnical Institute (1976).

Research area: hydrodynamic processes in apparatuses with disperse flows.

Publications: 80.





*Михаил Игоревич
Ершов
Mikhail I. Ershov*

Сведения об авторе: студент УрФУ.
Образование: Уральский федеральный университет.
Область научных интересов: теоретическая теплотехника.
Публикации: 1.

Information about the author: undergraduate student UrFU.
Education: Ural Federal University.
Research area: theoretical heat engineering.
Publications: 1.



*Юрий Александрович
Каграманов
Yuri A. Kagramanov*

Сведения об авторе: аспирант УрФУ.
Образование: Уральский федеральный университет (2014).
Область научных интересов: теоретическая теплотехника.
Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student UrFU.
Education: Ural Federal University (2014).
Research area: theoretical heat engineering.
Publications: 5.



Введение

Водород используется для производства аммиака, удобрений, топлива, используемого в двигателях внутреннего сгорания, восстановления урановой руды [1-3].

Чаще всего каталитическую конверсию метана водяным паром осуществляют в обогреваемой трубе [4]. В данной публикации для этого используется двухкамерный реактор с заторможенным каталитической насадкой циркуляционным псевдооживленным слоем.

Получая необходимую теплоту сжиганием природного газа в одной камере и перенося ее промежуточным дисперсным теплоносителем в другую, предназначенную для конверсии водяным паром метана и подогрева продуктов реакции, можно получать синтетический газ (смесь водорода и оксида углерода).

Описание установки

Принципиальная схема реактора представлена на рис. 1. Обе камеры заполнены устойчивой к истиранию цилиндрической насадкой из катализатора КСН-2 с размером частиц 15×15 мм и дисперсным промежуточным теплоносителем – электрокорундом размером 500 мкм.

Благодаря разности гидравлических сопротивлений столба дисперсного материала, опускающегося по переточным трубам 13 и заторможенного насадкой циркуляционного псевдооживленного слоя той же высоты, создается устойчивая направленная циркуляция частиц дисперсного теплоносителя между камерами.

Нагретый в камере сгорания дисперсный теплоноситель опускается по переточной трубе под камеру конверсии. Двигаясь в каталитической насадке по направлению движения паро-газовой смеси (т.е. вверх), частицы отдают теплоту на эндотермическую реакцию и подогрев продуктов конверсии. Далее охлажденные частицы по переточной трубе снова поступают под кольцевую камеру сгорания для последующего нагрева.

Расход дисперсного теплоносителя регулировался шиберами 8, а определялся как произведение скорости опускающего движения шупа 2, площади переточной трубы 13 и насыпной плотности электрокорунда. Температуру по высоте камеры конверсии замеряли ХА-термопарой, перемещаемой в трубке 18, заваренной с нижнего торца и размещенной в слое катализатора. Состав продуктов паровой конверсии и полного сгорания на выходе определяли на хроматографе. Расходы воздуха и природного газа измеряли ротаметрами, а перегретого водяного пара – дроссельной шайбой. Диаметр камеры сгорания 16-180 мм, камеры конверсии 15-90 мм, переточных труб – 30 мм. Высота слоя катализатора – 0,8 м.

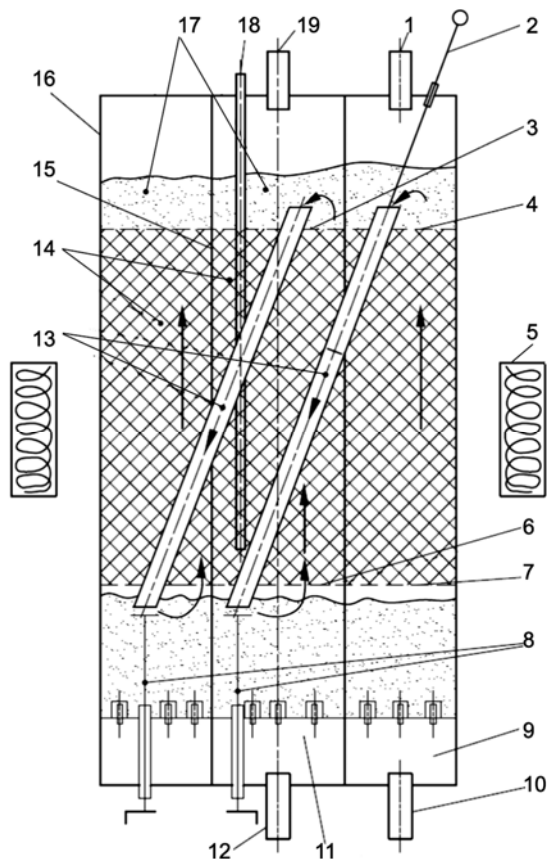


Рис. 1. Принципиальная схема реактора:

1 – патрубок для удаления продуктов полного сгорания; 2 – шуп для замера скорости опускного движения теплоносителя; 3, 4 – верхние решетки в камере конверсии и сгорания; 5 – тепловая изоляция; 6 – поддерживающая решетка в камере конверсии; 7 – поддерживающая катализатор решетка в камере сгорания; 8 – шиберы; 9 – газоздушная решетка; 10 – патрубок для подвода газозвушной смеси на сгорание; 11 – парогазовая решетка; 12 – патрубок для подвода парогазовой смеси на конверсию; 13 – переточные трубы; 14 – каталитическая насадка; 15 – стенка камеры паровой конверсии метана; 16 – стенка камеры сгорания; 17 – псевдооживленный слой дисперсного теплоносителя; 18 – трубка для замера температуры по высоте камеры конверсии; 19 – патрубок для удаления продуктов паровой конверсии метана

Fig. 1. Scheme of the reactor:

1 – complete combustion products removal pipe; 2 – transfer fluid down take flow speed measuring probe; 3, 4 – reforming and combustion chambers upper grids; 5 – heat insulation; 6 – reforming camera support grid; 7 – combustion camera support grid; 8 – dampers; 9 – air-gas grid; 10 – air-gas mixture combustion inlet pipe; 11 – steam-gas grid; 12 – steam-gasmixture reforming inlet pipe; 13 – downcomers; 14 – catalytic filling; 15 – methane steam reforming chamber wall; 16 – combustion chamber wall; 17 – disperse transfer agent fluidized bed; 18 – height wise reforming chamber temperature measuring pipe; 19 – methane steam reforming products removal pipe

Эксперимент

Расход природного газа и водяного пара в камеру конверсии 4,1 м³/ч и 3,6 кг/ч, расход воздуха и газа в камеру сгорания 42 и 3,28 м³/ч соответственно.

Относительный расход промежуточного теплоносителя (отношение расхода электрокорунда к расходу природного газа в обе камеры) μ устанавливали в одних опытах 60, в других 100. Уровень температуры в камере конверсии показан на рис. 2. Чем больше относительный расход промежуточного теплоносителя, тем выше температура продуктов конверсии на выходе из слоя катализатора и ниже в камере сгорания.

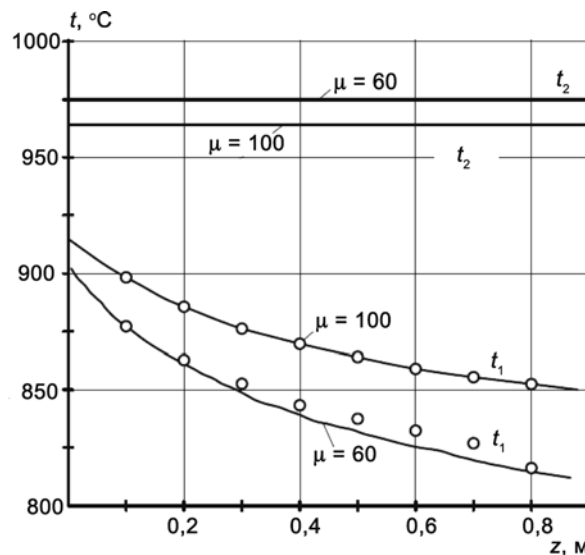


Рис. 2. Поле температур в реакторе.

Точки \circ – эксперимент, кривые – расчет; μ – относительный расход промежуточного теплоносителя, кг/кг метана, в обе камеры; t_1 и t_2 – температуры в камерах конверсии и сгорания соответственно

Fig. 2. Reactor temperature field.

Points \circ – experimental data, curves – calculation. Reforming chamber methane and steam inlet rates equal 4,1 m³/h and 3,6 kg/h, combustion chamber methane and air inlet rates equal 3,28 and 42 m³/h. μ – intermediate transfer agent specific rate for both chambers, kg/kg of methane; t_1 and t_2 – reforming and combustion chambers temperatures respectively

Температура на выходе из камеры конверсии равна 820 и 850 °С. Состав продуктов конверсии представлен в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментально полученный состав продуктов конверсии метана водяным паром

Table 1

Experimentally obtained methane steam reforming products composition

Температура на выходе из камеры, °С	μ_k	Состав влажного газа, % об.				
		CH ₄	CO	H ₂	CO ₂	H ₂ O
850	100	1,1	22,6	66,7	2,2	7,4
820	60	1,7	22,3	60,6	4,4	11,0

Состав продуктов сгорания из камеры подогрева при коэффициенте избытка воздуха 1,35: CO₂ – 6,1%; O₂ – 5,3%; N₂ – 76,3%; H₂O – 12,3% (по объему).

Доля природного газа, поступающего в камеру конверсии, $x = 4,1/(4,1+3,28) = 0,555$.

Моделирование оптимальных параметров реактора

В целях определения оптимальных параметров процесса составлена система уравнений, включающая два уравнения теплового баланса для камеры сгорания и конверсии, и уравнений (в табличной форме) зависимости равновесных концентраций продуктов паровой конверсии метана от температуры при отношении H₂O:CH₄ = 1:1 (см. табл. 2).

Таблица 2

Зависимость равновесных концентраций продуктов конверсии (CH₄:H₂O = 1:1) [5], доли метана, подаваемого на конверсию x , и произведения $4x(r_{H_2} + r_{CO})$ от температуры

Table 2

Values of reforming products equilibrium concentrations (CH₄:H₂O = 1:1) [5], methane volume ratio supplied for reforming x and multiplication $4x(r_{H_2} + r_{CO})$ versus temperature

Параметр	Температура продуктов конверсии t_1 , °C			
	700	800	900	1000
r_{H_2} , м ³ /м ³	0,657	0,718	0,738	0,746
r_{CO} , м ³ /м ³	0,187	0,230	0,244	0,247
r_{CH_4} , м ³ /м ³	0,078	0,025	0,009	0,002
r_{CO_2} , м ³ /м ³	0,024	0,007	0,002	0,001
r_{H_2O} , м ³ /м ³	0,054	0,020	0,007	0,004
x , м ³ /м ³	0,605	0,564	0,528	0,496
$4x(r_{H_2} + r_{CO})$, м ³ /м ³	1,777	2,138	2,073	1,970
t_2 , °C	790	880	990	1090

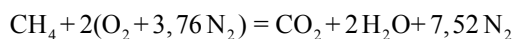
Уравнение теплового баланса камеры сгорания:

$$(1-x)[q_1(1-q_3-q_5)+q_{пг}]+q_в+\mu c_k t_1 = [(1-x)c_c+\mu c_k]t_2+q_T. \quad (1)$$

Уравнение теплового баланса камеры паровой конверсии метана:

$$xq_2+(xc_{пк}+\mu c_k)t_1=\mu c_k t_2+q_{пг}+xq_{пг}+q_T. \quad (2)$$

В левой части (1) приход теплоты от сгорания метана по реакции



с экзотермическим эффектом $q_1 = 50312$ кДж/кг метана; с природным газом $q_{пг}$; воздухом $q_в$ и электрокорундом, приходящим из камеры газификации с температурой t_1 . В правой части (1) потеря теплоты с продуктами полного сгорания, с корундом в камеру конверсии при температуре и теплопередачей через стенку камеры газификации q_T .

В левой части (2) расход теплоты на реакцию конверсии метана $CH_4+H_2O=CO+3H_2$ с эндотермическим эффектом $q_2 = 12912$ кДж/кг метана; с продуктами конверсии, с электрокорундом, уходящим в камеру сгорания при температуре t_1 . В правой части (2) приход теплоты с электрокорундом из камеры сгорания с температурой t_2 ; с водяным паром $q_{пг}$; с природным газом $q_{пг}$ и теплопередачей через стенку камеры конверсии q_T .

Решение системы (1) – (2)

Температура продуктов на выходе из камеры конверсии:

$$t_1 = \frac{h_1 b_2 - h_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}. \quad (3)$$

Температура продуктов на выходе из камеры сгорания:

$$t_2 = \frac{a_1 h_2 - a_2 h_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}, \quad (4)$$

где $a_1 = \mu c_k$; $a_2 = xc_{пк} + \mu c_k$;

$b_1 = -(1-x)c_c + \mu c_k$; $b_2 = -\mu c_k$;

$h_1 = q_T - (1-x)[q_1(1-q_3-q_5) + q_{пг}] - q_в$;

$h_2 = q_T + q_{пг} + xq_{пг} - xq_2$.

Температура природного газа и воздуха на входе 20 °C, водяного пара 250 °C.

Задавая ряд значений доли x от 0,45 до 0,6 с интервалом 0,05, из (3) и (4) находим значения температуры t_1 и t_2 для этих x . При тех же температурах находили объемные доли водорода и оксида углерода r_{H_2} и r_{CO} (см. табл. 2 [5]), рассчитывали произведение $4x(r_{H_2} + r_{CO})$, м³/м³. Строили зависимость t_1 , t_2 и $4x(r_{H_2} + r_{CO})$ от доли x (см. рис. 3).

Графическим методом определяем максимум $4x(r_{H_2} + r_{CO}) = 2,15$; $x^{opt} = 0,56$; $t_1^{opt} = 810$ °C; $t_2^{opt} = 900$ °C

Там же обозначены экспериментально полученные значения x , t_1 , t_2 , $4x(r_{H_2} + r_{CO})$.

В модель введены следующие параметры: $q_1 = 50312$ кДж/кг, $q_2 = 12912$ кДж/кг природного газа; удельная теплоемкость корунда $c_k = 1$ кДж/(кг·K).

Энтальпии продуктов конверсии и сгорания $c_{пк} \cdot t_1$ и $c_c \cdot t_2$ кДж/кг природного газа определяли из [6]; $q_3 = 0,02$; $q_5 = 0,08$ – потери с химическим недожогом и в окружающую среду; $q_T = 2800$; $q_{пг} = 561$; $q_{пг} = 44$; $q_в = 390$ кДж/кг природного газа; $\mu = 100$ кг/кг природного газа.



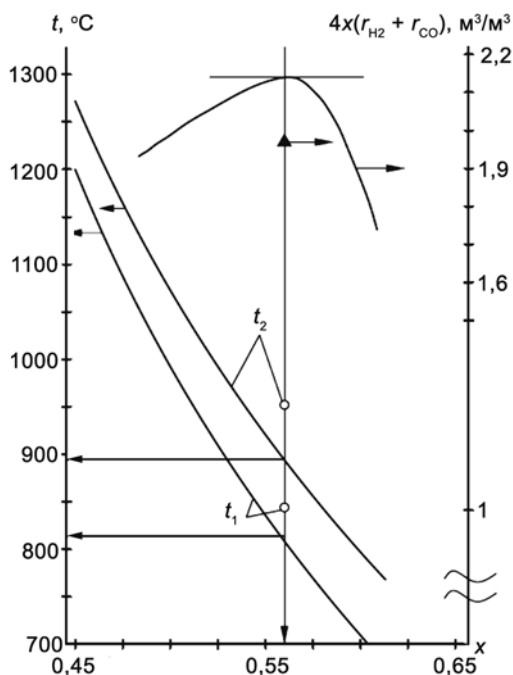
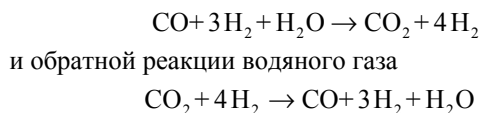


Рис. 3. Зависимость температуры в камере конверсии t_1 , сгорания t_2 , выхода H_2 и CO из 1 м^3 метана, подаваемого в обе камеры $4x(r_{H_2} + r_{CO})$, от доли метана, подаваемого в камеру конверсии. $\mu = 100\text{ кг/кг}$. Кривые – расчет; точки \circ – экспериментальные данные при оптимальных параметрах
Fig. 3. Dependence of reforming and combustion chambers temperatures t_1 and t_2 , H_2 and CO yield per a cubic meter of methane fed to both chambers on a methane part fed to the reforming chamber. $\mu = 100\text{ kg/kg}$. Curves – calculation. Points \circ – experimental data at optimum parameters

Продукты паровой конверсии метана из реактора с циркуляционным псевдооживленным слоем направляются в другой реактор с железохромовым катализатором для конверсии оксида углерода водяным паром по прямой реакции

Список литературы

1. Лейбуш А.Г. Производство технологического газа для синтеза аммиака и метанола из углеводородных газов. М.: Химия, 1971.
2. Фальбе Ю. Химические вещества из угля: Пер. с нем. / Под ред. Калечица И.В. М.: Химия, 1980.
3. Хоффман Е. Энерготехнологическое использование угля. Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат. 1983.
4. Игумнов В.С., Визель Я.М. Каталитическая конверсия углеводородов в обогреваемой трубке при отношении пар/газ, близком к стехиометрическому // Катализ в промышленности. 2010. № 6. С. 34-40.
5. Жоров Ю.М. Термодинамика химических процессов (Нефтехимический синтез, переработка нефти, угля и природного газа). М.: Химия, 1985.
6. Справочник азотчика. 2-е изд., переработ. М.: Химия, 1986.
7. Лаптев А.Г. Модели пограничного слоя и расчет тепломассообменных процессов. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2007.



Реакция экзотермична с тепловым эффектом 41 кДж . Для поддержания оптимальной температуры 350 °C необходимо отводить теплоту.

Состав продуктов конверсии CO водяным паром при температуре 350 °C следующий [2]: $r_{H_2} - 74,84$; $r_{CO_2} - 18$; $r_{H_2O} - 3,58$; $r_{CO} - 3,58$ (%об.).

Затем продукты конверсии направляются в абсорбер для улавливания CO_2 моноэтаноломином.

Смесь газов на выходе из абсорбера, рассчитанная по модели [7], имеет состав, об.-%: $r_{H_2} - 98$, $r_{CO} - 2$; а на выходе из десорбера: $r_{CO_2} - 99,4$; $r_{H_2O} - 0,1$; $r_{CO} - 0,5$.

Заключение

Экспериментально полученные значения температуры в камерах конверсии t_1 , сгорания t_2 и произведения $4x(r_{H_2} + r_{CO})$ от доли x удовлетворительно согласуются с моделированием.

Теоретически и экспериментально показано существование оптимальных параметров процесса паровой конверсии метана в реакторе с заторможенным каталитической насадкой циркуляционным псевдооживленным слоем, обеспечение которых позволяет экономить природный газ, поступающий на реализацию эндотермических реакций и подогрев продуктов конверсии до оптимальной температуры. Полученный при данных параметрах газ имеет следующий состав: $H_2 - 66,7$; $CO - 22,6$; $CO_2 - 2,2$; $H_2O - 7,4$; $CH_4 - 1,1$ (%об.). Далее он направляется в реактор с железохромовым катализатором на конверсию оксида углерода водяным паром. В абсорбере после разделения H_2 и CO_2 получается продукт следующего состава: $H_2 - 98$; $CO - 2$ (%об.).

References

1. Lejbuš A.G. Proizvodstvo tehnologičeskogo gaza dlja sinteza ammiaka i metanola iz uglevodородnyh gazov. M.: Himiã, 1971.
2. Fal'be Ū. Himičeskie vešestva iz uglã: Per. s nem. / Pod red. Kalečica I.V. M.: Himiã, 1980.
3. Hoffmã E. Ènergotehnologičeskoe ispol'zovanie uglã. Per. s angl. M.: Ènergoatomizdat. 1983.
4. Igumnov V.S., Vizeľ' Æ.M. Katalitičeskaã konversia uglevodородov v obogrevaemoj trubke pri otnošenii par/gaz, blizkom k stehiometričeskomu // Kataliz v promyšlennosti. 2010. № 6. S. 34-40.
5. Žorov Ū.M. Termodinamika himičeskih processov (Neftehimičeskij sintez, pererabotka nefti, uglã i prirodno go gaza). M.: Himiã, 1985.
6. Spravočnik azotčika. 2-e izd., pererabot. M.: Himiã, 1986.
7. Laptev A.G. Modeli pograničnogo sloã i rasčet teplomassoobmennyh processov. Kazan': Izd-vo Ka-zanskogo un-ta, 2007.

Транслитерация по ISO 9:1995



НАНОСТРУКТУРЫ

NANOSTRUCTURES

Статья поступила в редакцию 14.07.15. Ред. рег. № 2291

The article has entered in publishing office 14.07.15. Ed. reg. No. 2291

УДК 544.6.018

doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.011

СТРУКТУРА И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$

Е.Д. Пильщикова, А.В. Обрубова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
620000 Екатеринбург, пр. Ленина, д. 51
E-mail: PilshEv@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

В работе путем проведения совместного катионного и анионного допирования индата бария $Ba_2In_2O_5$ получены составы из области гомогенности $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ ($0 \leq x \leq 0,2$). Методом полнопрофильного анализа Ритвельда установлено, что составы характеризуются кубической симметрией (пр. гр. $Pm\bar{3}m$). Показано, что фазы способны к проявлению протонной проводимости во влажной атмосфере. Наблюдается тенденция к небольшому росту параметра элементарной ячейки с увеличением концентрации фтора. Выявлено, что для составов $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ наблюдается полианионный эффект, заключающийся в росте электропроводности в области малых концентраций фтора.

Ключевые слова: браунмиллерит, катионное допирование, анионное допирование, полианионный эффект.

STRUCTURE AND TRANSPORT PROPERTIES OF $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$

E.D. Pilshchikova, A.V. Obrubova

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
51 Lenin ave., Yekaterinburg, 620000, Russia
E-mail: PilshEv@mail.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

In this article through joint cationic and anionic doping brownmillerite $Ba_2In_2O_5$ compounds obtained from the homogeneity range $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ ($0 \leq x \leq 0.2$). It is established that structures are characterized by cubic symmetry (space group $Pm\bar{3}m$) by the method of the full-profile analysis of Rietveld. It is proved these phases are capable to high-temperature protonic conductivity. It was found that mixed anion effect comprising the growth of electrical conductivity at low concentrations of fluoride observed for the $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$.

Keywords: brownmillerite, cationic doping, anionic doping, mixed anion effect.



Евгения Дмитриевна
Пильщикова
Evgenia D. Pilshchikova

Сведения об авторе: магистрант УрФУ.
Область научных интересов: высокотемпературная протонная проводимость в сложных оксидах.
Публикации: 4 (тезисы).

Author information: undergraduate UrFU.
Main research interests: high-temperature proton conductivity in complex oxides.
Publications: 4.



Анастасия
Вячеславовна
Обрубова
Anastasia V. Obrubova

Сведения об авторе: магистрант УрФУ.
Область научных интересов: высокотемпературная протонная проводимость в сложных оксидах.
Публикации: 3 (тезисы).

Author information: undergraduate UrFU.
Main research interests: high-temperature proton conductivity in complex oxides.
Publications: 3.

Введение

Научно-технический прогресс привел к необходимости разработки методик синтеза новых неорганических соединений и создания материалов с различными свойствами на их основе. Среди соединений, для которых существует возможность целенаправленного изменения свойств за счет регулируемого изменения состава, особое место занимают фазы со структурой перовскита или производной от нее.

К структурно некомплектным по кислородной подрешетке фазам относят, в частности, сложные оксиды со структурой браунмиллерита $A_2B_2O_5[V_O^x]$. Вакансии кислорода в этой структуре упорядочены. Наиболее изучен и описан в литературе индид бария $Ba_2In_2O_5$, в сухой атмосфере проявляющий кислородно-ионную проводимость, во влажной – протонную [1]. Однако высоких значений проводимости для фаз типа $A_2B_2O_5$ достичь не удастся из-за эффектов упорядочения дефектов, потому существенный интерес вызывает возможность стабилизации разупорядоченной структуры до более низких температур, при которых происходит образование протонных носителей.

Одним из способов влияния на физико-химические свойства соединений, в том числе на возможность стабилизации той или иной структурной модификации, является замещение атомов исходной оксидной матрицы на атомы иного радиуса или валентности. Так, гетеровалентное допирование катионной подрешетки приводит к уменьшению числа вакантных позиций кислорода, что обуславливает возможность стабилизации разупорядоченной структуры [2]. Введение изовалентных заместителей с иными размерными характеристиками также может влиять на процессы упорядочения.

Новым перспективным методом является анионное замещение. Так, введение второго подвижного аниона (F^-) в кислородную подрешетку перовскитоподобных соединений приводит к активации кислородной подрешетки и увеличению подвижности как

кислорода, так и протонов, что делает фторзамещенные фазы перспективными объектами с точки зрения протонного переноса [3-5].

Целью настоящей работы явилось проведение совместного катионного и анионного допирования перовскитоподобных сложнооксидных систем и изучение их структуры и электротранспортных свойств.

Экспериментальная часть

Образцы $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ были получены методом твердофазного синтеза из $BaCO_3$, In_2O_3 , La_2O_3 , BaF_2 . Синтез проводили на воздухе при ступенчатом повышении температуры (900-1200 °С) и многократных перетираниях. Рентгенограммы были получены на дифрактометре Bruker Advance D8 в $CuK\alpha$ -излучении при напряжении на трубке 40 кВ и токе 40 мА. Съемка производилась в интервале $2\theta = 20^\circ - 80^\circ$ с шагом $0,05^\circ\theta$ и экспозицией 1 секунда на точку. Для измерения электрических характеристик образцы готовили в виде таблеток, спекание проводили при температуре 1300 °С в течение 24 часов, торцевые поверхности таблетированных образцов шлифовали на наждачной бумаге и покрывали палладиевой пастой, смешанной со спиртовым раствором канифоли. Вжигание электродов проводили на воздухе в течение 3 часов при 900 °С. Электрические свойства исследуемых фаз изучались в атмосферах различной влажности. Сухую атмосферу ($p_{H_2O} = 3,5 \cdot 10^{-5}$ атм) задавали циркуляцией воздуха, предварительно очищенного от CO_2 с помощью реактива «Аскарит» через порошкообразный оксид фосфора P_2O_5 . Влажную атмосферу ($p_{H_2O} = 2 \cdot 10^{-2}$ атм) получали пропуском воздуха через насыщенный раствор бромида калия KBr , предварительное удаление углекислого газа проводилось с использованием 30%-го раствора $NaOH$. Измерения проводили двухконтактным методом с использованием измерителя параметров импеданса Elinx Z-1000P в частотном интервале 1 Гц – 2 МГц при температурах 200-1000 °С. Из полученных годографов импеданса с помощью программного обеспечения Z-View рас-



считывали величину объемного сопротивления образцов. Удельную электропроводность рассчитывали по формуле $\sigma_{уд} = l/(RS)$, где l – толщина образца, см; S – площадь поверхности поперечного сечения, см²; R – объемное сопротивление образца, рассчитанное из данных электрохимического импеданса, Ом.

Результаты и обсуждение

Структурные особенности

Рентгенографическое исследование образцов $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ показало, что составы в интервале $0 \leq x \leq 0,2$ характеризуются кубической структурой (пространственная группа $Pm\bar{3}m$). В качестве примера обработки данных методом полнопрофильного анализа Ритвельда на рис. 1 представлена рентгенограмма образца $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$ ($x = 0$).

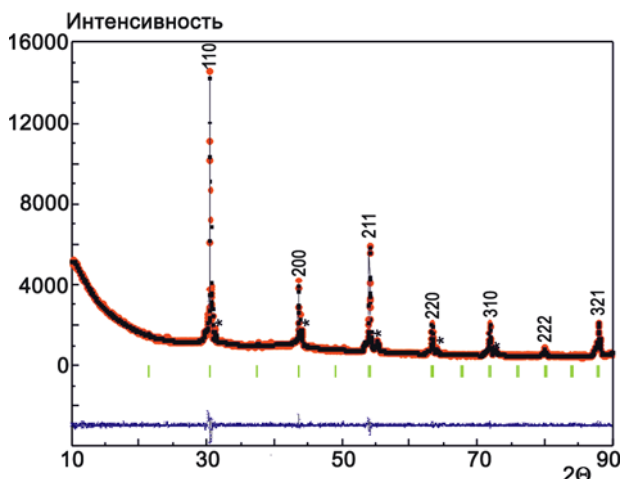


Рис. 1. Рентгенограмма образца $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$, показаны экспериментальные (точки), расчетные (линия), разностные (внизу) данные и угловые положения рефлексов (штрихи), примесная фаза (*)

Fig. 1. X-ray diffraction data for solid solution $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$, shows the experimental (points), calculated (line), difference (bottom) data and the angular positions of reflexes (strokes), the impurity phase (*)

Параметры решетки образцов
The lattice parameters of samples

Образец	Параметры решетки
$Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$	$a = b = c = 4,154(2) \text{ \AA}$
$Ba_{0,75}La_{1,2}In_2O_{5,5}F_{0,1}$	$a = b = c = 4,154(7) \text{ \AA}$
$Ba_{0,7}La_{1,2}In_2O_{5,4}F_{0,2}$	$a = b = c = 4,156(4) \text{ \AA}$

Как видно, на рентгенограмме присутствовали пики примесной фазы, содержание которой не превышало 3% и не влияло на исследуемые физико-химические свойства. Параметры решетки для

$Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ ($0 \leq x \leq 0,2$) приведены в таблице. Увеличение концентрации фтора приводило к небольшому росту параметров решетки, что может быть обусловлено совокупностью нескольких факторов. С одной стороны, замещение кислорода на фтор приводит к появлению в анионной подрешетке иона с меньшим радиусом ($r_{O^{2-}} = 1,40 \text{ \AA}$, $r_{F^-} = 1,33 \text{ \AA}$ [6]),

что в ряде случаев обуславливает снижение параметров решетки с ростом концентрации фтора [3-5]. С другой стороны, увеличение числа вакансий бария в катионной подрешетке также оказывает влияние на изменение параметров ячейки. Очевидно, экспериментально полученная закономерность является результатом совокупного воздействия данных факторов.

Электрические свойства

На рис. 2 представлены температурные зависимости электропроводности в сухой ($p_{H_2O} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ атм}$) и влажной ($p_{H_2O} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ атм}$) атмосферах.

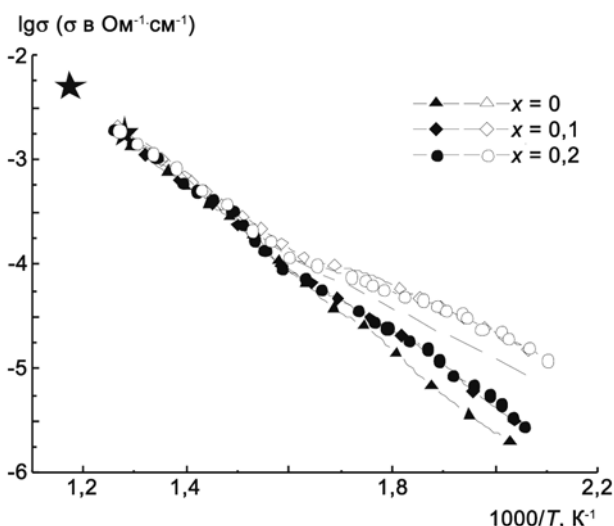


Рис. 2. Температурные зависимости общей электропроводности твердых растворов $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ ($0 \leq x \leq 0,2$) (закрытые значки – сухая атмосфера, открытые значки – влажная) в сравнении с данными для $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$ из литературы [2] (звездочка)

Fig. 2. Temperature dependences of the total conductivity for $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ ($0 \leq x \leq 0,2$) (closed icons – dry atmosphere, open icons – wet) compared with the data for $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$ from literature [2] (asterisk)

Как видно, экспериментально полученные значения электропроводности для $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$ хорошо согласуются с литературными данными [2].

В области низких температур ($t < 400 \text{ }^\circ\text{C}$) для всех исследуемых фаз наблюдался рост значений во влажной атмосфере относительно значений в сухой, что обусловлено появлением протонной составляющей проводимости.

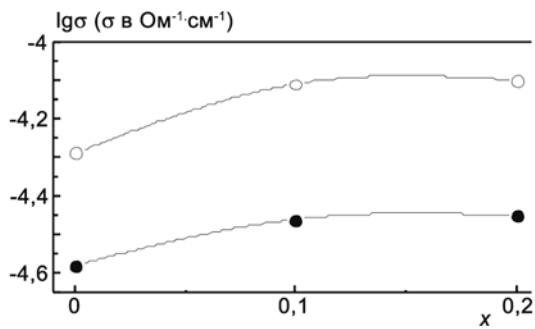


Рис. 3. Концентрационная зависимость общей проводимости твердых растворов $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ при 300 °C
Fig. 3. The concentration dependence of the total conductivity of solid solutions $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$ at 300 °C

На рис. 3 представлены концентрационные зависимости общей проводимости для твердых растворов $Ba_{0,8-0,5x}La_{1,2}In_2O_{5,6-x}F_x$. Как видно, при переходе от $Ba_{0,8}La_{1,2}In_2O_{5,6}$ образца к фторзамещенным составам наблюдалось увеличение электропроводности как в сухой, так и во влажной атмосфере. Данный экспериментальный факт может быть отнесен к проявлению полианионного эффекта, ранее описанного в литературе для фтордопированных браунмиллеритов [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта фундаментальных и исследовательских проектов в кооперации Уральского федерального университета и Российской Академии наук.

Список литературы

1. Kreuer K. Proton-conducting oxides // *Ann. Rev. Mat. Res.* 2003. V. 33. P. 333-359.
2. Kakinuma K. Oxide-ion conductivity of $(Ba_{1-x}La_x)_2In_2O_{5+x}$ system based on brownmillerite structure // *Solid State Ionics.* 2001. V. 140. P. 301-306.
3. Animitsa I., Tarasova N., Filinkova Ya. Electrical properties of the fluorine-doped $Ba_2In_2O_5$ // *Solid State Ionics.* 2012. V. 207. P. 29.
4. Tarasova N., Animitsa I. Effect of anion doping on mobility of ionic charge carriers in solid solutions based on $Ba_2In_2O_5$ // *Russian Journal of Electrochemistry.* 2013. V. 49. P. 698.
5. Tarasova N., Filinkova Ya., Animitsa I. Electric properties of oxyfluorides $Ba_2In_2O_{5-0,5x}F_x$ with brownmillerite structure // *Russian Journal of Electrochemistry.* 2013. V. 49. P. 45.
6. Shannon R. Ionic Radii // *Acta Crystallographica.* 1976. V. A32. P. 155-169.





ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ АРМАГЕДДОН?

В.И. Гуревич

Электрическая компании Израиля
31000, Хайфа п/я 10, Израиль
E-mail: vladimir.gurevich@gmx.net

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Проблема преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ) на электроэнергетические системы становится в последнее время все более актуальной в связи с двумя современными тенденциями: расширяющимся применением микроэлектроники и микропроцессорной техники в электроэнергетике – с одной стороны, и интенсивными разработками средств дистанционного поражения электронной аппаратуры – с другой. Наиболее мощным и разрушительным средством поражения электронной аппаратуры является электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ). История экспериментальных высотных ядерных взрывов насчитывает уже полвека. За это время были опубликованы многие десятки научных работ, детально описывающих это явление и меры защиты от него. С учетом этого можно было бы предположить, что проблема защиты от ЭМИ ЯВ давно решена и современные электроэнергетические системы хорошо защищены от этого явления. Исследование, проведенное автором, показывает, что на самом деле это не так, и за прошедшие десятилетия ни в одной стране мира не предпринято никаких практических мер по защите национальных инфраструктур от ЭМИ ЯВ и все ограничивается лишь написанием отчетов и рекомендаций. В статье анализируются причины такого положения дел, в частности, политические и военные аспекты этой проблемы.

Ключевые слова: электромагнитный импульс, ЭМИ, высотный ядерный взрыв, ЭМИ ЯВ, электроэнергетические системы, преднамеренные электромагнитные деструктивные воздействия, ПЭДВ.

ELECTROMAGNETIC ARMAGEDDON?

V.I. Gurevich

Israel Electric Corporation
POB 10, Haifa 31000, Israel
E-mail: vladimir.gurevich@gmx.net

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

The problem of Intentional Destructive Electromagnetic Impacts (IDEI) on power systems becomes recently more and more actual in connection with two modern trends: an extending application of microelectronics and microprocessor-based devices and systems in electric power industry - on the one hand, and intensive designs special equipment for distance destruction of electronic devices and systems - with another. The most powerful method for such destruction is the High-altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) as a result of high-altitude nuclear explosion. The history of experimental high-altitude nuclear explosions includes already half a century. During this time many tens the scientific articles and books in details presenting this phenomenon and measures of protection from it, have been published. In view of this fact, it would be possible to assume, that the problem of protection against HEMP for a long time is solved and modern power systems are well protected from this phenomenon. The research performed by the author, displays, that actually it not and for the last decades in one country of the world is not undertaken any practical measures on protection of national infrastructures against HEMP and all is restricted only to writing of reports, recommendations and guidelines. In the paper the reasons for such situation (in particular, political and military aspects of the problem) are analyzed.

Keywords: electromagnetic pulse, EMP, high altitude electromagnetic pulse, HEMP, power systems, intentional destructive electromagnetic impacts, IDEI.



Владимир Игоревич
Гуревич
Vladimir I. Gurevich

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ведущий инженер-специалист, начальник сектора Центральной электрической лаборатории Электрической компании Израиля.
Почетный профессор Харьковского национального техн. университета им. П.Василенко.
Образование: Харьковский национальный техн. университет им. П.Василенко (1978).
Область научных интересов: электротехника и силовая электроника.
Публикации: более 180 научных статей, 12 книг, более 120 патентов.

Information about the author: Ph.D., Senior specialist and Head of section of the Central Electric Laboratory at Israel Electric Corp.
 In 2006 he was Honorable Professor with the Kharkov Technical University.
Education: Kharkov Technical University, named after P.Vasilenko (1978).
Research area: electrical engineering and power electronics.
Publications: more than 180 professional papers and 12 books and holder of nearly 120 patents.

«...Наша уязвимость увеличивается ежедневно вместе с расширением нашего использования электроники и ростом нашей зависимости от нее в наших гражданских и в военных секторах»

Д-р Вильям Грэхем,
Председатель Комиссии Конгресса США по ЭМИ ЯВ



Введение

Применение специального оружия, способного разрушить систему электроснабжения и другие важнейшие элементы национальной инфраструктуры, не воздействуя напрямую на человека, является весьма заманчивым, поскольку может привести к коллапсу целой страны, притом что лиц, ответственных за принятие решения о применении такого оружия, никто не сможет осудить за массовое убийство гражданского населения, поскольку это оружие не имеет прямого воздействия на людей. Таким оружием являются системы, генерирующие сверхмощные электромагнитные поля, выводющие из строя электронную аппаратуру и электротехническое оборудование.

Проблема преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ) на электроэнергетические системы становится в последнее время все более актуальной в связи с двумя современными тенденциями: расширяющимся применением микроэлектроники и микропроцессорной техники в электроэнергетике – с одной стороны, и интенсивными разработками средств дистанционного поражения электронной аппаратуры – с другой [1]. Причем проблема эта касается не только такой сугубо гражданской отрасли, как электроэнергетика, но и военных, поскольку военные базы и полигоны получают электроэнергию и воду от гражданских систем и серьезные сбои в функционировании этих систем неминуемо скажутся на боеготовности армии со всеми ее системами вооружения, защищенными от ПЭДВ.

Краткий исторический экскурс

Разрушительное влияние удаленного ядерного взрыва на электронную аппаратуру было обнаружено при первых же испытаниях этого нового в то время вида оружия. Теоретическое обоснование феномена образования мощного электромагнитного импульса при ядерном взрыве (ЭМИ ЯВ) было впоследствии найдено в теоретических трудах лауреата Нобелевской премии в области физики Артура Комптона, выполненных им еще в 1922 г. Военные быстро оценили перспективы применения этого феномена в качестве оружия, поражающего инфраструктуру противника, в первую очередь системы электроснабжения. Первые прямые эксперименты по изучению ЭМИ ЯВ были проведены 9 июля 1962 г. Комиссией по атомной энергии и Агентством по ядерной безопасности Министерства обороны США (проект под шифром «Starfish Prime» – «Первая морская звезда»). Ракета с термоядерной боеголовкой мощностью 1,44 мегатонны была запущена с военного полигона США, расположенного на атолле Джонстон (Johnston Atoll) между Маршалловыми и Гавайскими островами в Тихом океане, на высоту около 450 км и там подорвана. Это испытание было лишь одним из пяти высотных ядерных взрывов, направленных на изучение ЭМИ ЯВ, проведенных США в 1962 г. в рамках более обширного проекта под шифром «Operation Fishbowl» («Аквариум»). При проведении этих испытаний были зафиксированы мощные электромагнитные импульсы, которые обладали большим поражающим действием на электронную

аппаратуру, линии связи и электроснабжения, радио- и радиолокационные станции и даже вывели из строя уличное освещение на Гавайях, на расстоянии около полутора тысяч километров от эпицентра взрыва [2].

В том же 1962 г. (22 октября, 28 октября и 1 ноября) в Советском Союзе в рамках так называемого «Проекта К» была произведена серия из трех высотных ядерных взрывов, каждый мощностью в 300 кт (КЗ-184; К4-187 и К5-195), направленных на изучение явления ЭМИ ЯВ. Ракеты с ядерными боеголовками запускались с ракетного полигона Капустин Яр в Астраханской области и подрывались на высотах 60-290 км над территорией военного полигона в Сары-Шаган, Карагандинской обл. в Казахстане (Закрытое административно-территориальное образование Приозерск). Работы по исследованию ЭМИ ЯВ и подготовке этих испытательных ядерных взрывов проводились в СССР Центральным физико-техническим институтом Министерства обороны (в/ч 51105, или ЦНИИ-12) в Сергиевом Посаде Москов-

ской обл. (ныне ФГУ «12 ЦНИИ МО РФ»). Во время одного из тестов (КЗ-184) были зафиксированы импульсные токи до 3400 А в проводах воздушных телефонных линий, которые обусловили появление импульсного напряжения с амплитудой до 28 кВ, срабатывание всех установленных в аппаратуре разрядников и перегорание всех предохранителей, что сопровождалось прекращением работы системы связи, зафиксировано повреждение систем радиосвязи на расстоянии 600 км от эпицентра взрыва, выход из строя радиолокатора, расположенного на расстоянии 1000 км, повреждение трансформаторов и генераторов на электростанциях, пробой изоляторов ЛЭП (рис. 1). Серьезные повреждения аппаратуры были зафиксированы и на космодроме Байконур. Причем речь идет об аппаратуре поколения 60-х годов, выполненной на электромеханических элементах и на радиолампах, на порядки более устойчивых к воздействию ПЭДВ, чем современная микроэлектронная и микропроцессорная техника.



Рис. 1. Иллюстрация повреждений оборудования, подвергнувшегося воздействию высотного ЭМИ ЯВ над Казахстаном в 1962 г. Впервые рисунок был представлен на англ. языке начальником ЦНИИ-12 генерал-майором, д-ром техн. наук, профессором В.М. Лоборевым на международной конференции EUROEM во Франции в 1994 г. [3]
Fig. 1. Illustration of equipment damages caused by high-altitude HEMP impact above Kazakhstan in 1962. For the first time the picture was presented in English during the EUROEM conference by the Head of Central R&D Institute-12, Major General, Prof. Dr. Mr. V.M. Loborev in France in 1994 [3]

Кроме того, и в американских, и в советских опытах использовались термоядерные заряды, электромагнитный импульс которых, как оказалось, в 3-5 раз слабее импульса, возникающего при детонации обычного ядерного заряда такой же мощности.

Первая открытая достоверная информация об ЭМИ ЯВ и методах защиты в электроэнергетике

Совершенно естественно, что в связи со сложностью, важностью и высокой стоимостью проведения испытательных ядерных взрывов, вся информация о

них была тщательно засекречена и что первыми обладателями такой информации были военные специалисты. Можно было бы предположить, что первой открытой информацией такого рода была информация, представленная во времена «перестройки» начальником Центрального физико-технического института Министерства обороны генерал-майором В.М. Лоборевым в его знаменитом докладе на конференции EUROEM во Франции в 1994 г. Но на самом деле это совсем не так. Оказывается, первые публикации в открытой печати подробных и достоверных сведений о параметрах ЭМИ ЯВ и о его



влиянии на инфраструктуру страны, в частности, на системы электроснабжения, относятся к концу 60-х – началу 70-х годов прошлого века, то есть все эти сведения находятся в открытом доступе уже 40-50 лет [4-23]. Причем в некоторых из этих публикаций (например, в [16, 18]) содержится подробное описание также и средств защиты электрооборудования от воздействия ЭМИ ЯВ. Как можно видеть, большинство этих работ опубликовано в США, поэтому было бы логично предположить, что за прошедшие полвека США добились непревзойденных успехов в области защиты важнейших составных частей своей национальной инфраструктуры от ЭМИ ЯВ. Тем более что в этом должна быть заинтересована и армия.

Реальное положение дел с защитой систем электроснабжения от ЭМИ ЯВ и других видов ПЭДВ

*«Вы можете дурачить всех людей некоторое время;
можете даже все время дурачить некоторых людей;
но вам никогда не удастся дурачить всех людей все время.»*
Авраам Линкольн

Что же реально происходит в США и в мире в деле защиты электроэнергетики и других важнейших систем, образующих инфраструктуру страны, от воздействия ПЭДВ? Наверное, очень многое, если судить по количеству государственных и частных структур, занимающихся этой проблемой и финансируемых из госбюджета страны, хотя бы в одних только США. Вот перечень лишь некоторых из них:

- Metatech Corp.;
- Department of Homeland Security (DHS);
- EMP Commission of Congress;
- North American Electric Reliability Corp. (NERC);
- Department of Energy;
- Department of Defense (DoD);
- Critical Infrastructure Partnership Advisory Council (CIPAC);
- Electric Infrastructure Security Council (EICS);
- Defense Science Board (DSB);
- US Strategic Command (USSTRATCOM);
- Defense Threat Reduction Agency (DTRA);
- Defense Logistics Agency (DLA);
- Air Force Weapons Laboratory;
- FBI;
- Sandia National Laboratories;
- Lawrence Livermore National Laboratory (LINL);
- Oak Ridge National Laboratory;
- Idaho National Laboratories;
- Los Alamos National Laboratories;
- Martin Marietta Energy Systems, Inc.;
- National Security Telecommunications Advisory Committee;
- Federal Emergency Management Agency (FEMA);
- National Academy of Science;
- Task Force on National and Homeland Security;

- EMPPrimus;
 - Neighborhood of Alternative Homes (NOAH);
 - EMPact America;
 - Federal Energy Regulatory Commission (FERC);
 - Electric Power Research Institute (EPRI);
 - NASA;
 - U.S. Northern Command (NORTHCOM);
 - SHIELD Act;
 - EMP Grid;
 - EMP Technology Holding;
 - Strategic National Risk Assessment (SNRA);
 - Walpole Fire Department.
- Международные организации с участием США:
- International Electrotechnical Commission (IEC), Technical Subcommittee 77C;
 - CIGRE, Working Group WG C4.206.

Уважаемый читатель, не кажется ли тебе несколько подозрительным активное участие такого большого количества организаций всего лишь в одной стране в теме, по которой за прошедшие десятилетия опубликовано огромное количество материалов и фактически не осталось уже ни одного «белого пятна», которое требовало бы дальнейших исследований?

Оказалось, что тема ПЭДВ и, в частности, ЭМР – не что иное, как прекрасный «долгоиграющий» инструмент для «распиливания» государственного бюджета. И, похоже, никто не заинтересован в том, чтобы процесс «распиливания» наконец завершился какими-то конкретными действиями по защите систем электроснабжения. В подтверждение этому приведем высказывание одного из бывших чиновников Министерства обороны США Эштона Картера (Dr. Ashton Carter): *«Армия, флот и Стратегическое командование продолжают думать над тем, чтобы подумать о проблеме»*. Более определенно на эту тему высказался исполнительный директор Организации по национальной безопасности (Task Force on National and Homeland Security) д-р Питер Винсент Прай (Peter Vincent Pry): *«Проблема не в технологиях. Мы знаем, как защититься от этого. Проблема не в деньгах, это стоит не так уж дорого. Проблема в политике. Как всегда, появляется политика, которая мешает делу»*.

В своей большой книге под названием «Неизвестный Апокалипсис» (рис. 2) д-р Прай сетует на то, что в некоторых других странах (Израиле, Англии, России) дело обстоит намного лучше, чем в США, и там уже приступили к реализации практических шагов по защите электрических систем. Попытаемся успокоить д-ра Прайа: он может не переживать за отставание США. На самом деле ситуация в этой области, например, в России намного хуже, чем в США, поскольку там специалисты в области электроэнергетики или вообще ничего не слышали об этой проблеме, или считают ее «страшилками Гуревича» (поскольку единственным автором, пишущим на эту тему в русскоязычных изданиях, является ав-



тор данной статьи). Не лучше обстоит дело и в других странах. В общем, становится понятным, почему на протяжении десятков лет нигде в мире не делается абсолютно ничего конкретного по защите электроэнергетики от ПЭДВ и все ограничивается лишь многостраничными отчетами об исследованиях, докладами, семинарами, конференциями и другими видами приятного времяпровождения в кругу коллег. Просто многочисленные «участники процесса» вовсе не заинтересованы в окончании многолетнего процесса исследований, а заинтересованы в поддержании этой темы «на плаву» и продолжении финансирования ее.

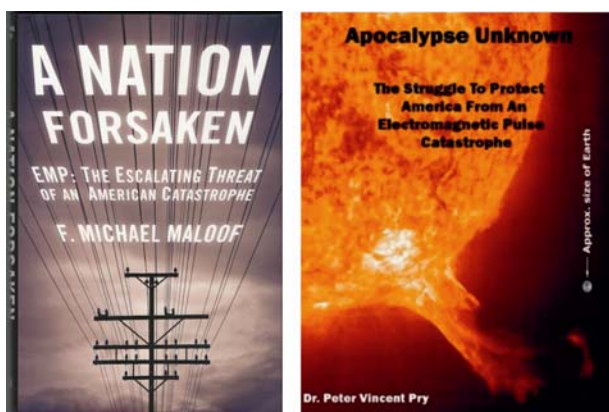


Рис. 2. Книга М.Малоофа «Нация, брошенная на произвол судьбы», посвященная описанию бюрократических и политических игр в США по проблеме ПЭДВ (слева), и книга П.В. Прайа «Неизвестный апокалипсис» (справа)
Fig. 2. The book by Mikhael Maloof "A Nation Forsaken", devoted to description of bureaucratic and political games regarding the IDEI problem in the USA (left) and the book by Peter V. Pry "Apocalypse Unknown" (right)

Этой проблеме посвящена целая книга бывшего аналитика Пентагона Михаила Малоофа (Michael Maloof): «Нация, брошенная на произвол судьбы» (рис. 2). О серьезных бюрократических препонах в этом деле пишет в своей книге «Apocalypse Unkown» («Неизвестный апокалипсис») также упомянутый выше Питер Винсент Прай.

Свою лепту в затягивание процесса реализации хорошо известных конкретных мер по защите систем электроснабжения от ПЭДВ вносят и представители могущественного военно-промышленного комплекса (ВПК). Они настаивают на том, что единственной эффективной защитой против ЭМИ ЯВ является национальная система противоракетной обороны (ПРО), в которую нужно вкладывать побольше бюджетных средств. Такая позиция представителей ВПК становится вполне понятной, если сравнить относительно небольшую стоимость средств защиты важнейших частей и систем инфраструктуры страны от ЭМИ ЯВ со стоимостью разработки и производства эффективного многоярусного противоракетного щита, защищающего всю страну. Ну а что касается других, не ядерных средств ПЭДВ [1], то поскольку сис-

темы ПРО от них не защищают, то следует сделать вид, что их вообще не существует, а информация о них, постоянно публикуемая в средствах массовой информации, не более чем блеф, предназначенный для запугивания домохозяек. Но, оказывается, все не так просто, и уже давно существуют ракетные системы, от которых ПРО защитить не способны, то есть не способны защитить национальную инфраструктуру от поражения ЭМИ ЯВ. Что же это за системы?

Ракетные системы малой и средней дальности – потенциальные источники ЭМИ ЯВ, против которых бессильны системы ПРО

Сегодня наблюдается тенденция снижения мощности ядерной БЧ ракет всех типов в связи с улучшением их точности. Так, например, если не очень точная Точка-У (9М79Б2) (рис. 3) с круговым вероятным отклонением (КВО) 250 м снабжалась ядерной БЧ мощностью до 200 кт (заряд типа АА-92), то значительно более точная и новая ракета Искандер (9М723), (рис. 3) с КВО до 30 м может снабжаться ядерной БЧ мощностью всего лишь 50 кт. Однако для создания мощного и эффективного ЭМИ мощностью в 50 кт недостаточно.



Рис. 3. Пусковые установки с тактической ракетой «Точка-У» (вверху) и оперативно-тактической «Искандер» (внизу)
Fig. 3. Missile launchers of a battle-field support rocket SS-21 "Scarab B" (Tochka-U) (above) and tactical ballistic missile system SS-26 "Stone" (Iskander-E) (below)

Широко разрекламированная как не имеющая аналогов российская система «Искандер» на поверку оказывается не такой уж уникальной. Очень схожи-



ми тактико-техническими данными, особенностями траектории и системы управления обладают израильские ракеты LORA (LOng Range Attack). При этом они обладают еще большей, чем «Искандер», точностью (КВО = 10 м), вдвое меньшей массой ракеты, большей массой боевой части, способной нести более мощный ядерный заряд, и имеют универсальную пусковую установку, которая может монтироваться на различных транспортных средствах, включая корабли. Пусковая установка системы LORA, выполненная в виде контейнера с четырьмя ракетами, который по своей форме очень напоминает контейнеры российской системы «Клуб-К» (Club-K), с таким же количеством ракет ЗМ-14КЭ, Х-35УЭ (рис. 4).

плекса крылатые, летящие на небольшой высоте 10-150 м и не предусмотрены для комплектации ядерными боеголовками, в то время как израильский контейнерный комплекс LORA снабжен оперативно-тактическими ракетами, поднимающимися на высоту до 45 км и способными доставлять ядерные заряды большой мощности на расстояние до 300 км.

Почему мы так подробно рассматриваем именно эти ракетные системы? Потому что именно такие, относительно небольшие ракеты, размещенные в стандартных морских контейнерах на кораблях вблизи береговой линии или прямо в портах (рис. 5) и способные доставлять ядерные заряды на расстояние в сотни километров и подниматься на высоту в десятки километров, являются источниками ЭМИ, неуязвимыми для любых систем ПРО, как существующих, так и перспективных благодаря возможности скрытного приближения к цели, исключительно малого полетного времени и изменяемой в полете траектории.



Рис. 4. Контейнерные пусковые установки ракетных комплексов Club-K (вверху) и LORA (внизу)
 Fig. 4. Container-based launching units of missile complexes Club-K (above) and LORA (below)

Club-K – российский контейнерный комплекс ракетного оружия, размещаемый в стандартном 20- или 40-футовом морском контейнере. Предназначен для поражения надводных и наземных целей. Комплексами могут оснащаться береговые линии, суда различных классов, железнодорожные и автомобильные платформы. Комплекс может быть применен с наземных стартовых позиций, морских, железнодорожных и автомобильных платформ. Могут применяться противокорабельные ракеты (ЗМ-54КЭ, ЗМ-54КЭ1, Х-35УЭ) и ракеты для поражения наземных целей (ЗМ-14КЭ, Х-35УЭ). Все ракеты этого ком-



Рис. 5. Контейнеры на кораблях и в портах, в которых могут находиться комплексы оперативно-тактических ракет с ядерными боеголовками, неуязвимыми для систем ПРО
 Fig. 5. Containers resting on ships and in ports where tactical ballistic nuclear warhead missiles can fit are invulnerable to MDS

Важность возможности скрытно приблизить тактические ракеты с ядерными боеголовками небольшого радиуса действия близко к цели, чтобы, с одной



International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

стороны, исключить возможность их поражения средствами ПРО, а с другой – вывести из-под действия ограничений международных договоров, специалисты понимали давно, и попытки создать такие системы начали предприниматься сразу же с появлением относительно небольших по размеру тактических ракет с ядерными боеголовками. Так, в 1961 г. в США на вооружение воздушно-десантных частей поступила ракетная система «Little John» (MGR-3) с неуправляемыми ракетами, способными нести ядерные боеголовки. Легкие пусковые установки этой системы транспортировались вертолетами CH-47 «Chinook» как в кабине, так и на внешней подвеске.

В Советском Союзе быстро оценили перспективность таких систем, и по Постановлению Совета министров СССР № 135-66с от 5.02.1962 г. были начаты работы по созданию тактического ракетного комплекса «Луна-МВ» (9К53) на базе ракет 9М21Б с ядерной и 9М21Б1 с термоядерной боевой частью и пусковой установкой 9П114, представляющей собой легкую самодвижущуюся платформу с карбюраторным двигателем М-407 мощностью 45 л. с. от автомобиля «Москвич». Впоследствии было разработано несколько модификаций таких ракетных систем, предусматривающих транспортировку грузовыми вертолетами Ми-6 или МИ-10. Предполагалось, что вертолет может доставить ракету с пусковой установкой в тыл противника. Далее при необходимости комплекс проделает еще какой-то путь на колесах, а затем внезапно нанесет ракетный удар из точки, где враг и не мог предположить наличие ракетной установки, что фактически превращает тактический комплекс в стратегический. Работы по комплексу «Луна-МВ» достигли стадии испытаний опытных образцов. Однако встретилось довольно много трудностей, в том числе большая «парусность» вертолета с подвешенной пусковой установкой, и, соответственно, большой его снос ветром, а также недостаточная дальность полета нагруженных вертолетов. В результате в 1965 г. работы по этому комплексу были прекращены.

Современный уровень технологий позволил вернуться к этой идее и успешно реализовать ее. Сегодня в обороте находятся сотни миллионов стандартных морских контейнеров по всему миру (рис. 5). И кто знает, какие из них настоящие, а какие начинены ракетами... Несмотря на то, что на сегодняшний день израильская LORA является фактически единственной полноценной контейнерной системой, способной скрытно приблизиться на контейнеровозе к побережью страны и поразить ее территорию электромагнитным импульсом, сам факт существования такой системы позволяет утверждать, что заверения представителей военно-промышленного комплекса в том, что надежно защитить от ЭМИ ЯВ могут только продвинутые системы ПРО и поэтому средства нужно вкладывать именно в эти системы, не соответствуют действительности и, по существу, являются обманом общественного мнения. Реальная ситуация

такова, что армия не в состоянии обеспечить достаточно надежную защиту систем электроснабжения городов и населенных пунктов от ПЭДВ, и поэтому позаботиться о такой защите заблаговременно должны сами энергетики.

Что же нужно для того, чтобы реально защитить страну от «электромагнитного Армагеддона»?

Поскольку в настоящее время все необходимые базовые исследования проблемы уже давно выполнены, а их результаты и практические рекомендации опубликованы в общедоступных источниках информации [24-34], а также в многочисленных стандартах International Electrotechnical Commission (IEC) [34-41], Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) [42], военных стандартах Министерства обороны США [44-49], то следует прекратить финансирование огромного количества организаций, эксплуатирующих эту проблему и использующих ее в качестве источника собственного существования, а освободившиеся средства направить на осуществление вполне конкретных действий по защите электроэнергетических систем от ПЭДВ [50]. В тех странах, в которых такая разветвленная сеть организаций, занимающихся этой проблемой, как в США, еще не создана, нельзя идти по пути США и начинать создавать подобные структуры, поскольку такой путь ведет в тупик. Единственной организацией, которая должна остаться и управлять процессом, должен быть, по нашему мнению, Национальный Координационный Центр по проблеме ПЭДВ, призванный проанализировать опубликованные по этой теме работы, составить конкретный план конкретных работ со сроками и ответственными за выполнение этих сроков организациями, выдать этим организациям конкретные технические задания по защите систем электроснабжения от ПЭДВ, а затем организовать и координировать эту работу. Результатом деятельности этого центра должны быть не отчеты и конференции (которые должны быть просто запрещены!), а реальные подстанции и электростанции, защищенные от ПЭДВ.

Список литературы (References)

1. Гуревич В.И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты. Проблемы и решения. М.: Инфра-Инженерия, 2014 (Gurevič V.I. Uāzvimosti mikroprocessornyh rele zašity. Problemy i rešeniā. M.: Infra-Inženeriā, 2014).
2. Operation Dominic, Fish Bowl Series, Debris Expansion Experiment. Air Force Weapons Laboratory. Project Officer's Report, Project 6.7, Report AD-A995 428, POR-2026 (WT-2026), 10 December 1965.
3. Loborev V.M. Up to date state of the NEMP problems and topical research directions, in Euro Electromagnetic Conf. (EUROEM), Bordeaux, France, June 1994, pp. 15-21.



4. Kompaneets A.S., Radio Emission From an Atomic Explosion // Soviet Physics JETP, December 1958.
5. Karzas W.J. and Latter R. Electromagnetic Radiation from a Nuclear Explosion in Space // Physical Review, Vol. 126 (6), pp. 1919-1926, 1962.
6. Karzas, W.J. and Latter R. EMP from High-Altitude Nuclear Explosions, Report No. RM-4194, Rand Corporation, March 1965.
7. Karzas, W.J., and Latter R. Detection of Electromagnetic Radiation from Nuclear Explosions in Space // Physical Review, Vol. 137, March 1965.
8. Inston H.H., Diddons R.A. Electromagnetic Pulse Research. ITT Research Institute Project T1029, Chicago, Illinois 60616, Final Report, September 1965.
9. DASA EMP (electronic pulse) Handbook, by United States Defense Atomic Support Agency. Information and Analysis Center, National government publication, Santa Barbara, Calif., 1968.
10. Electromagnetic Pulse Problems in Civilian Power and Communications, Summary of a seminar held at Oak Ridge National Laboratory, August 1969, sponsored by the U.S. Atomic Energy Commission and the Department of Defense, Office of Civil Defense.
11. EMP Threat and Protective Measures. Office of Civil Defense, TR-61, August, 1970.
12. Parks G.S., Dayaharsh T.I., Whitson A.L., A Survey of EMP Effects During Operation Fishbowl, Defense Atomic Support Agency (DASA), Report DASA-2415, 1970.
13. Nelson D.B. A Program to Counter the Effects of Nuclear Electromagnetic Pulse in Commercial Power Systems, Oak Ridge National Laboratory, Report ORNL-TM-3552, Part 1. 8, October 1972.
14. Marable J.H., Baird J.K., and Nelson D.B. Effects of Electromagnetic Pulse of a Power System, Oak Ridge National Laboratory, Report ORNL-4836, December 1972.
15. Sandia Laboratories, "Electromagnetic Pulse Handbook for Missiles and Aircraft in Flight", SC-M-71 0346, AFWL TR 73-68, EMP Interaction Note 1-1, September, 1972.
16. Ricketts L.W. Fundamentals of Nuclear Hardening of Electronic Equipment, Wiley & Sons, Inc., 1972.
17. James K. Baird and Nicholas J. Frigo. Effects of Electromagnetic Pulse (EMP) on the Supervisory Control Equipment of a Power System, Oak Ridge National Laboratory, Report ORNL-4899, October 1973.
18. Ricketts L.W., Bridges J.E., Miletta J. EMP Radiation and Protective Techniques, John Wiley and Sons, New York, 1976.
19. United States High-Altitude Test Experiences: A Review Emphasizing the Impact on the Environment, Report LA-6405, Los Alamos Scientific Laboratory. October 1976.
20. Glasstone S. and Dolan P.J. The Effects of Nuclear Weapons. U.S. Department of Defense, Washington, DC, 1977.
21. Longmire C.L. On the Electromagnetic Pulse Produced by Nuclear Explosions // IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC-20, No. 1, pp. 3-13, February 1978.
22. Sollfrey W. Analytic Theory of the Effects of Atmospheric Scattering on the Current and Ionization Produced by the Compton Electrons from High Altitude Nuclear Explosions, Rand Corp., R-1973-AF, 1977.
23. Butler C., et al. EMP Penetration Handbook for Apertures, Cable Shields, Connectors, Skin Panels, AFWL-TR-77-149, Air Force Weapons Laboratory (The Dikewood Corporation), December 1977.
24. HEMP Emergency Planning and Operating Procedures for Electric Power Systems, Oak Ridge National Laboratory, Report ORNL/Sub/91-SG105/1, 1991.
25. Impacts of a Nominal Nuclear Electromagnetic Pulse on Electric Power Systems, Oak Ridge National Laboratory, Report ORNL/Sub/83-43374, 1991.
26. HEMP-Induced Transients in Electric Power Substations. Oak Ridge National Laboratory, Report ORNL/Sub-88-SC863, February 1992.
27. Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack. Critical National Infrastructures, April 2008.
28. High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments. CRS Report for Congress, July 2008.
29. The Early-Time (E1) High-Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and Its Impact on the U.S. Power Grid, Report Meta-R-320, Metatech Corp., January 2010.
30. The Late-Time (E3) High-Altitude. Electromagnetic Pulse (HEMP) and Its Impact on the U.S. Power Grid, Report Meta-R-321, Metatech Corp., January 2010.
31. Intentional Electromagnetic Interference (IEMI) and Its Impact on the U.S. Power Grid, Report Meta-R-323, Metatech Corp., January 2010.
32. High-Frequency Protection Concepts for the Electric Power Grid, Report Meta-R-324, Metatech Corp., January 2010.
33. Protection of High Voltage Power Network Control Electronics Against Intentional Electromagnetic Interference (IEMI), Report CIGRE Working Group C4.206, November 2014.
34. IEC TR 61000-1-3 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-3: General – The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems.
35. IEC 61000-2-9 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 9: Description of HEMP environment – Radiated disturbance. Basic EMC publication.
36. IEC 61000-2-10 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-10: Environment – Description of HEMP environment – Conducted disturbance.
37. IEC 61000-2-11 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-11: Environment – Classification of HEMP environments.



38. IEC 61000-2-13 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-13: Environment – High-power electromagnetic (HPEM) environments – Radiated and conducted.
39. IEC/TR 61000-5-3 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-3: Installation and mitigation guidelines – HEMP protection concepts.
40. IEC/TS 61000-5-4 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 4: Immunity to HEMP – Specifications for protective devices against HEMP radiated disturbance. Basic EMC Publication.
41. IEC 61000-5-5 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 5: Specification of protective devices for HEMP conducted disturbance. Basic EMC Publication.
42. IEEE P1642 Recommended Practice for Protecting Public Accessible Computer Systems from Intentional EMI.
43. Topic SEC-2011.2.2-2 Protection of Critical Infrastructure (structures, platforms and networks) against Electromagnetic (High Power Microwave (HPM)) Attacks, European Commission Security Research Program, 2010.
44. MIL-STD-188-125-1. High-Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Ground-Based C⁴I Facilities Performing Critical Time-Urgent Missions, Department of Defense, 1994.
45. MIL-STD-461E. Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment, Department of Defense, 1993.
46. MIL-STD-464C. Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems, Department of Defense, 1997.
47. MIL-STD-2169B. High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Environment, Department of Defense, 1993.
48. MIL-Hdbk-423. Military Handbook: High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Fixed and Transportable Ground-Based C4I Facilities, Vol. 1: Fixed Facilities Department of Defense, 1993.
49. High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Testing, Test Operations Procedure 01-2-620, U. S. Army Test and Evaluation Command, 2011.
50. Гуревич В.И. Повышение устойчивости энергосистем к преднамеренным электромагнитным деструктивным воздействиям – актуальная задача современности. М.: Энергоэксперт, 2015 (Gurevič V.I. Povyšenie ustojčivosti ènergosistem k prednamerennym èlektromagnitnym destruktivnym vozdejstviâm – aktual'naâ zadača sovremennosti. М.: Ènergoèkspert, 2015).

Транслитерация по ISO 9:1995





**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ
И ЭКОЛОГИЧНЫХ АМФИБИЙНЫХ СУДОВ
НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ
ДЛЯ АРКТИКИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

С.Н. Чувашев, Н.М. Якимов, Е.С. Чувашева, С.Д. Попов, С.А. Попов

МАТИ – Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского
121552 Москва, ул. Оршанская, д. 3
E-mail: snchuv@mail.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Для энергетически и экологически эффективного решения транспортной проблемы российского Севера перспективны амфибийные суда на воздушной подушке (АСВП), но известные АСВП для этого ограниченно годны. В интересах разработки новых АСВП создан программный комплекс, реализующий комплексные математические модели ряда АСВП с разными масштабами и конструктивными решениями, учитывающие динамику движения по водной и твердой горизонтальной и наклонной поверхностям с различными неровностями и крупными препятствиями (торосы), различные типы движителей (контактные колесные, аэродинамические винты, гребные колеса), гибких ограждений (классические и состоящие из гибких конусов), нагнетатели, двигатели, и др. Для уточнения рабочих характеристик ряда подсистем проведены подробные 3D вычисления. Показаны преимущества инновационных технических решений по АСВП для российского Севера.

Ключевые слова: математическое моделирование, амфибийное судно на воздушной подушке, Арктика, гребное колесо, коническое гибкое ограждение, контактные колёса.

**COMPUTER SIMULATION OF ENERGY SAVING AND ENVIRONMENTALLY
FRIENDLY AMPHIBIOUS HOVERCRAFTS FOR ARCTICS AND FAR EAST**

S.N. Chuvashov, N.M. Yakimov, E.S. Chuvashova, S.D. Popov, S.A. Popov

МАТИ – Russian State University of Aviation Technology
3 Orshanskaya str., Moscow, 121552, Russia
E-mail: snchuv@mail.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

Amphibious hovercrafts (AH) are shown to be promising as an energy and environmentally efficient solution of the transport problems of the Russian north, but the known designs are not fit for it. A new software package has been developed for support of R&D of new AH designs, which implements mathematical models of AH, that take into account the dynamics of AH movement on water and solid horizontal and inclined surfaces with different roughness and large obstacles (ridges), various types of propulsors (contact wheels, aerodynamic propellers, paddle wheels), skirts (classical and consisting of flexible cones), blowers, motors, etc. Detailed 3D calculations have been carried out. The advantages of new, nontraditional designs of AH for the Russian North are shown.

Keywords: computer simulation, amphibious hovercraft, Arctics, paddle wheel, conic skirt, contact wheels.



Сергей Николаевич
Чувашев
Sergey N. Chuvashov

Сведения об авторе: канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана, теплофизика и молекулярная физика); д-р физ.-мат. наук (МГУ им. Ломоносова, физика и химия плазмы). Профессор МАТИ им. К.Э. Циолковского, кафедра «Проектирование вычислительных комплексов».

Образование: МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра Э8 «Плазменные энергетические установки» (1979).

Область научных интересов: плазмодинамика, оптика плазмы, плазмохимия, диагностика плазмы, механика жидкости и газа, радиофизика, электродинамика, пучки частиц – применительно к авиационной и ракетной технике, энергетическим установкам, амфибийному транспорту.

Публикации: более 170.

Information about the author: PhD (BMSTU, 1984) in thermal and molecular physics, Doctor of Science (Moscow State University, 1998) in physics and chemistry of plasma. Full professor of the Moscow State Aviation Technological University (chair of design of computer systems).

Education: Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), chair of plasma installations (1979).

Research area: dynamics, optics, chemistry, and diagnostics of plasmas; liquid and gas dynamics, radiation physics, electrodynamics, particle beams, etc. as applied to energy machines, aerospace, amphibious hovercrafts.

Publications: more than 170.



Елена Сергеевна
Чувашева
Elena S. Chuvashova

Сведения об авторе: ст. преподаватель на кафедре «Проектирование вычислительных комплексов» МАТИ-РГТУ им. Циолковского.

Образование: МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет (2008).

Область научных интересов: аналитическая работа, программная реализация, физическая и математическая постановка задач; комплексные модели высокоскоростных летательных аппаратов, моделирование облака аэродисперсных помех для радиолокации, моделирование движительно-рулевого комплекса амфибийного судна на воздушной подушке.

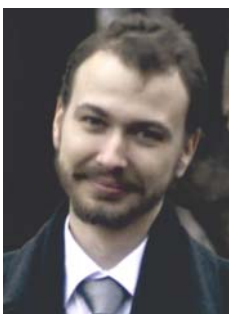
Публикации: более 20.

Information about the author: art. lecturer at the department "Designing of computer complexes" МАТИ.

Education: Moscow State University (MSU), Department of physics, 2008.

Research area: analysis, programing, physical and mathematical posing of problems; integral models of high speed vehicles; modeling of chaff clouds, and of propulsion units for an amphibian hovercraft.

Publications: more than 20.



Николай Михайлович
Якимов
Nikolay M. Yakimov

Сведения об авторе: ассистент на кафедре «Проектирование вычислительных комплексов» МАТИ-РГТУ им. Циолковского.

Образование: физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (2008).

Область научных интересов: аналитическая работа, математическое моделирование, разработка программных комплексов, предметно-ориентированные машинные языки; гидро-газодинамика, химическая кинетика, электромагнитные волны, комплексные модели; газотурбинные двигатели, облака аэродисперсных помех для радиолокации, суда на воздушной подушке.

Публикации: более 10.

Information about the author: teaching assistant at the Moscow State Aviation Technological University (chair of design of computer systems).

Education: Moscow State University, department of physics (2008).

Research area: analysis, computer simulation, development of software suites, domain-specific computer languages; hydro- and aerodynamics, chemical kinetics, electromagnetic waves, integral models; gas turbine engines, chaff clouds, hovercrafts.

Publications: more than 10.



Сергей Алексеевич
Попов
Sergey A. Popov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, советник в КБ Точмаш им. А.Э. Нудельмана, член Экспертного совета председателя коллегии Военно-промышленной комиссии РФ.

Образование: Казанское высшее военно-инженерное училище (1978) и Военно-инженерная академия им. В.В. Куйбышева (1994).

Область научных интересов: проектирование эксперимента, аналитические и концептуальные исследования по применению технических средств; транспортное машиностроение, военное дело, аэрокосмические системы и аппараты.

Information about the author: PhD in technical sciences, an adviser of the director of the Nudelman precision engineering design bureau (KB Tochmash), and a member of the Expert council of the president of the Military industrial commission of the Russian Federation.

Education: Kazan higher military engineering school and the V.V. Kuibyshev military engineering academy.

Research area: design of the experiment, analytical and conceptual research on the application of technical means; transportation engineering, military, aerospace systems and vehicles.



Сергей Дмитриевич
Попов
Sergey D. Popov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, профессор Международной кафедры ЮНЕСКО. Главный конструктор научно-производственного центра «Специальное машиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Образование: МВТУ имени Н.Э. Баумана по кафедре «Колесные машины» конструкторско-механического факультета (1973).

Область научных интересов: общие проблемы транспортного комплекса, теория движения транспортных средств, механика эластичного колесного движителя, конструирование, теория и расчет амфибийных транспортных средств с гибридными опорно-ходовыми комплексами, проблемы международной научно-образовательной деятельности.

Публикации: 102, 10 изобретений, патентов на промышленные образцы и полезную модель. Соавтор монографии по колесным транспортным средствам особо большой грузоподъемности.

Information about the author: PhD in technical sciences, associate professor of the BMSTU chair "Wheel cars", chief constructor of the BMSTU Scientific industrial center "Special machine building", full professor of the UNESCO International chair. He has been a head of a number of R&D projects.

Education: Bauman Moscow State Technical University (BMSTU) (1973).

Research area: general problems of transport, theory of movement of elastic wheels, development and theory of amphibious hovercrafts with hybrid basic and running complexes, problems of international scientific and educational activity.

Publications: 102 scientific works, including a monograph on heavy duty wheel cars.

Введение

О проблеме транспортных перевозок в Арктике и на Дальнем Востоке

В Северной и Азиатской части России, особенно в ее арктической зоне, крупные железнодорожные и автомобильные магистрали имеются только в южных регионах и ориентированы в направлении «восток-запад». Транспортные перевозки в меридиональных направлениях крайне затруднены. Особенно остро эти затруднения проявляются в зимний период, что вызывает необходимость организации т.н. «северного завоза».

Природно-климатические и экономические особенности арктических регионов РФ определяют особый подход к формированию транспортной системы Арктики.

Среди основных влияющих факторов:

– низкая плотность населения (до 0,3 чел./км²), большие расстояния между малыми населенными пунктами, что определяет относительно небольшие пассажиропотоки.

– преимущественно очаговая деятельность при освоении сырьевых месторождений;

– суровые климатические условия (годовой ход температур наружного воздуха в отдельных регионах достигает 100°), короткое лето, полярная ночь;

– наличие вечной мерзлоты, значительного количества болот, рек, озер;

– экологическая уязвимость северных экосистем;

– повышенный уровень цен на все виды топлива, оборудование и товары в результате разового завоза из центра страны и хранения межсезонных запасов;

– более высокая (в 7-10 раз) стоимость создания и эксплуатации традиционной транспортной инфраструктуры;

– слабое развитие наземных транспортных коммуникаций.

Освоение минерально-сырьевых и природных ресурсов Арктики, Сибири и Дальнего Востока настоятельно требует создания адекватной транспортной системы.

Для большинства осваиваемых месторождений характерен типовой жизненный цикл «разведка – освоение – эксплуатация – свертывание» длительностью от нескольких лет до нескольких десятков лет. Как правило, добывающие компании не заинтересованы в развитии капитальных транспортных сетей и предпочитают использовать экологически неблагоприятные, малоэффективные и дорогие в эксплуатации гусеничные транспортные средства (ТС), а также вертолеты, предъявляющие минимальные требования к транспортной инфраструктуре. В результате резко увеличивается стоимость добычи сырья, легко уязвимые тундровые и таежные экологические системы получают непосильную перегрузку.

Продолжается интенсивная деградация местных воздушных перевозок, что, помимо отрицательных экономических последствий, имеет значительные негативные социальные результаты. Ухудшается связь населенных пунктов с административными центрами, снижается качество транспортного обслуживания населения, становятся недоступными медицинские услуги и т.д. Свертывание местных авиационных перевозок является одним из факторов, способствующих оттоку населения с территорий, и без того крайне редко населенных.

Недостаточные пропускные возможности речного транспорта, отсутствие сети железных дорог и высокая стоимость авиационных перевозок (рентабельны на расстояниях более 500 км) привели к тому, что на долю автомобильного транспорта приходится около 70% грузовых и пассажирских перевозок, из которых почти 60% осуществляется по грунтовым дорогам и автозимникам. Однако в весенне-осенний период оттаявшая тундра, переувлажненные грунты и заболоченная местность становятся практически непроходимыми для автомобильного транспорта всех видов. В это время применяется гусеничная техника, осуществляющая перевозки на направлениях с небольшими или непостоянными по времени грузопотоками (доставка грузов и персонала на буровые, эксплуатация коммуникаций, аварийно-восстановительные и поисково-спасательные работы, перевозка медицинских работников, изыскательских партий и т.п.).

Особенностью севера является наличие многолетнемерзлых грунтов практически на всей территории. Эти грунты содержат 60-90% подземных льдов в верхнем 20-30-метровом слое. Протаивание льдов под действием естественных и антропогенных факторов приводит к образованию термокарстовых озер, бугров, провалов и передвижению почв.

Одним из самых распространенных антропогенных воздействий на природу российского севера является нарушение ТС растительного покрова в летний период. По некоторым данным, под воздействием традиционных внедорожных ТС происходит не менее 70% всех антропогенных нарушений почвенно-растительного покрова тундровых биогеоценозов. Несущая способность переувлажненной тундры в [1] оценивалась в 10–15 кПа, что значительно меньше давления гусеничных (40-50 кПа) и особенно колесных транспортных средств (200-300 кПа). За несколько суток колея превращается в ручей, который спустя 2-3 года становится термокарстово-эрозионным оврагом. Естественное восстановление разрушенного почвенно-растительного покрова происходит в течение десятков, а возможно, и сотен лет. В настоящее время площадь поврежденного покрова российской тундры составляет около 16%. По имеющимся оценкам, затраты на рекультивацию 1 га поврежденного оленьего пастбища составляют 30-40 тыс. руб. в ценах 1990 г. Только в Ямало-Ненецком автономном округе в результате применения транспортной техники, не адаптированной к условиям тундры, утрачено более 1 млн 200 га пастбищ домашних оленей, а экономический ущерб природе оценивается в 60 млрд руб. в ценах 1990 г.

Быстрый и эффективный прорыв в совершенствовании транспортного обслуживания Арктики, Сибири и Дальнего Востока может быть достигнут за счет дополнения существующей транспортной системы амфибийными средствами на воздушной подушке (АСВП) [2].

Главным качеством АСВП, особо важным в природных условиях Арктики, Сибири и Дальнего Востока, следует считать минимальную зависимость от условий базирования и эксплуатации при минимальном воздействии на окружающую среду, сравнительно высокой скорости движения и приемлемой экономичности и безопасности.

Специфические качества АСВП позволяют им выполнять особую роль в транспортной системе северных регионов России, являясь единственным круглогодично доступным видом транспорта. АСВП практически альтернативны для пассажирских перевозок в Арктике, а также для оперативного транспортного обеспечения работ по разведке и добыче полезных ископаемых, реализации ряда государственных функций, в первую очередь в области оказания экстренной помощи, борьбы с чрезвычайными ситуациями.

АСВП, имеющие массу 5-50 т, коммерческую нагрузку 1-20 т, пассажироместимость 10-150 человек и крейсерскую скорость до 150 км/ч, могут активно использоваться для решения транспортных задач на реках (преимущества АСВП в этих условиях общеизвестны). Важно, что АСВП могут эксплуатироваться круглогодично, включая межсезонные периоды ледостава и ледохода. Амфибийность позволяет АСВП выходить на пологий берег и преодолевать большие расстояния по слабо пересеченной местно-



сти. По имеющимся данным, при частых (каждые 20-50 км) остановках по маршруту следования экономические показатели АСВП могут существенно превосходить показатели самолетов и вертолетов.

Анализ условий эксплуатации позволил сформировать основные требования к наиболее массовым мобильным машинам для приморских районов:

- грузоподъемность базовой машины – не менее 10 т (предпочтительна приспособленность к размещению стандартного контейнера ISO, а также возможность сквозной погрузки транспортных средств на грузовую платформу с помощью откидных аппарелей);

- способность двигаться по всем видам подстилающих поверхностей со скоростью не менее 40-45 км/ч;

- габаритные размеры, обеспечивающие беспрепятственное движение по рекам низших технических категорий;

- способность уверенно и устойчиво передвигаться над неровными подстилающими поверхностями (с высотой или глубиной неровностей до 1,6-1,8 м, причем коротких или близких по длине к длине аппарата) или над водными поверхностями (высотой волны до 1,8 м);

- способность создавать такой уровень воздействия на подстилающую поверхность, который исключает ее невосстановимые повреждения;

- способность преодолевать затяжные подъемы крутизной до 15 град., а также устойчиво двигаться по склонам крутизной до 10 град.;

- способность к сохранению управляемости и курсовой устойчивости при ветре со скоростью до 10-15 м/с под всеми курсовыми углами.

Анализ характерных свойств традиционных АСВП показал, что они не полностью подходят для транспортных систем российского севера.

Движение традиционных АСВП обеспечивается, как правило, с помощью аэродинамического винта. Он позволяет развивать сравнительно высокие скорости (до 100 км/ч) над ровными и пологими опорными поверхностями, в т.ч. над водой, ледяной или снежной равниной. Однако энергетическая эффективность такого движителя (отношение работы силы тяги и мощности двигателя), достаточно высокая для самолетов, для относительно тихоходных АСВП невелика, особенно резко снижается она при движении с малыми скоростями. АСВП с воздушным движителем неустойчиво: оно не имеет траекторной управляемости, необходимой для движения по суше, извилистым узким рекам и в иных случаях стесненной обстановки. Такие АСВП имеют крайне ограниченные возможности движения по заданной траектории даже на сравнительно небольших пологих уклонах (более 5 град). В полном объеме эти трудности можно преодолеть в амфибийном транспортном средстве с гибридным опорно-ходовым комплексом (с частичной разгрузкой контактного движителя при помощи воздушной подушки) [3–10].

При движении по воде или заболоченной местности колесные движители малопригодны; предпочтительными представляются гребные колеса. Наши исследования показали принципиальную возможность получения высоких значений энергетической эффективности гребных колес не только при малых скоростях (порядка 10 км/ч), но и до 40-45 км/ч.

Воздушная подушка (ВП) (повышенное давление воздуха, поддерживающее аппарат) создается под днищем АСВП в объеме, ограниченном гибким ограждением (ГО), с помощью вентиляторов-нагнетателей, приводимых в движение двигательной установкой. Гибкое ограждение классического типа расположено по периметру днища. Часто имеются внутренние перегородки, разделяющие объем воздушной подушки на 3-4 части, что повышает устойчивость АСВП. Такая конструкция ГО, правда, сильно затрудняет ремонт указанных перегородок в полевых условиях, т.к. при неработающих нагнетателях АСВП днищем опирается о землю.

При эксплуатации АСВП на местности потеря подвижности, как правило, происходит из-за снижения давления в ВП в результате потерь воздуха через зазоры между ГО и подстилающей поверхностью. В АСВП с комбинированными двухъярусными ГО, наиболее приспособленными для амфибийного использования, компенсировать падение давления отчасти удается принудительным снижением давления в гибких ресиверах. При этом существенно увеличивается сопротивление движению АСВП в результате трения ГО о грунт, увеличивается износ ГО и возрастает риск его повреждения.

Наличие воздушного зазора по всему периметру и ГО малой жесткости, характерное для большинства АСВП классического типа, приводит к неустойчивому равновесному состоянию АСВП и возникновению продольно-угловых и поперечно-угловых колебаний при движении АСВП.

В значительной степени эти недостатки ГО традиционного типа преодолеваются при применении ГО, составленной из отдельных параллельно работающих конических элементов.

Т.о., решение вышеописанной транспортной проблемы российского севера с учетом как энергетических, так и экологических требований может быть достигнуто при разработке инновационных АСВП, применяющих целый комплекс новых технических решений.

Новизна и сложность задач разработки таких АСВП предопределили необходимость применения технологии комплексных математических моделей, описывающих в различных условиях применения взаимодействующие подсистемы, в которых рабочие процессы традиционно относятся к различным областям знаний [11, 12]. Такие комплексные математические модели имеют модульную структуру, позволяющую проводить не только интерполяцию и экстраполяцию известных конструкций на нужные масштабы, но также сравнение альтернативных тра-



диционных и инновационных технических решений для узлов и агрегатов с точки зрения критериев применения аппаратов в целом.

Созданные в данной работе комплексные математические модели позволяют исследовать в сравнении как традиционные, так и инновационные конструкции АСВП при различных условиях эксплуатации, в т.ч. характерных для Севера и Дальнего Востока, включая аварийные ситуации.

Комплексная математическая модель СВП

Гибкое ограждение классического типа

Математическая модель гибкого ограждения классического типа (КТ) основана на балансовых и полуэмпирических соотношениях.

ГО содержит набор (несколько десятков) вертикальных элементов, независимо меняющих форму и угол наклона. Для каждого такого элемента рассчитывается истечение воздуха через щель между ГО и неровной поверхностью. В случае податливости поверхности под ГО (вода, болото) вносятся эмпирические поправочные коэффициенты [13]. Объем ГО физически разделен на большие секции (обычно 3-4), давление считается одинаковым по объему секции.

Истечение через щель считается пропорциональным площади зазора под элементом и квадратному корню удвоенного избыточного давления в подушке, отнесенного к плотности воздуха. Также вводится эмпирический поправочный коэффициент, рассчитываемый в общем случае как $\mu_i = E(\theta, \tau/h, \tau/b)\mu_0(\theta)$, где E – коэффициент, связанный с податливостью подстилающей поверхности и геометрией навесных элементов; μ_0 – коэффициент расхода воздуха для ГО в виде сплошной полосы над твердым экраном; θ – угол наклона навесных элементов или ГО к горизонту; τ – ширина щели под ГО; b – ширина навесных элементов; h – глубина впадины под ГО, образованной податливой поверхностью. Для жесткого экрана $E(\theta, \tau/h, \tau/b) = 1$.

Подъемная сила воздушной подушки считается как произведение избыточного давления в секции на площадь секции в горизонтальной плоскости. Расчет производится для каждой секции отдельно, затем результирующие векторы сил и моментов сил складываются для получения результирующего крутящего момента и подъемной силы.

В объеме под ГО изменение давления рассчитывается решением следующего дифференциального уравнения для каждой секции [14]:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{c^2}{V \left(G_c - \sum_{i=0}^{N-1} Q_i \rho_a \right)},$$

где c – скорость звука в воздухе; P – давление в секции подушки; V – объем секции; G_c – массовый расход на выходе нагнетателя; Q_i – объемный расход в i -м элементе (всего N элементов); ρ_a – плотность воз-

духа. В рассматриваемом варианте подушка снабжена четырьмя нагнетателями, по одному на каждую секцию.

Расход нагнетателя связан с давлениями на выходе из нагнетателя и в объеме подушки и геометрией объема подушки [14] следующим дифференциальным уравнением: $\partial G_c / \partial t = A(p_c - P)/L$, где A – характерная ширина потока воздуха; L – характерная длина потока воздуха; p_c – давление на выходе из нагнетателя.

Конический элемент гибкого ограждения

Нам не известны работы по теории конического элемента ГО. Анализ условий работы такого ГО показал большую сложность многомерной параметризации результатов вычислений, т.е. расчет динамики геометрии ГО должен проводиться одновременно с расчетом всего АСВП. Более того, анализ известных из литературы методов расчета гибких оболочек показал их непригодность для применения в составе комплексной математической модели – закрытость кодов, невозможность в одном методе учесть сопротивление изгибу и сдвигу, конечное растяжение, возможные жесткие элементы, растяжки, сложность задания геометрии ГО, большое время счета и др. Это заставило разработать оригинальную численную модель ГО и интегрировать ее в комплексную модель АСВП.

Нерастяжимую мнущуюся поверхность представим в виде регулярной сетки, близкой к прямоугольной. В каждом ее узле сосредоточена определенная масса (в общем случае массы узлов могут различаться). Узлы соединены между собой невесомыми пружинами (ребрами). Искомая коническая поверхность имеет $N_z + 1$ слоев, каждый из которых состоит из N_ϕ узлов. Положение и скорость (i, j) -го узла определяется векторами $\mathbf{x}_{i,j}$ и $\mathbf{v}_{i,j}$.

Динамика каждого узла оболочки во времени определяется уравнениями движения Ньютона. В данной модели на каждый узел, представляемый материальной точкой, действуют силы тяжести, растяжения/сжатия, сопротивления изгибу, трения, давления и реакции опоры.

Сила тяжести F_g определяется как $F_g = \rho g h S$, где ρ – плотность материала; S – площадь ячейки; h – толщина оболочки; g – ускорение свободного падения.

Сила растяжения/сжатия $F_t = \sum_j^j k_t (1 - L_j / \mathbf{d}_j) \mathbf{d}_j$, где суммирование ведется по всем смежным ячейкам (в том числе диагональным), k_t – коэффициент упругости (для диагональных ячеек коэффициент упругости считается равным $0,3k_t$); \mathbf{d}_j – вектор, соединяющий текущую ячейку с j -й ячейкой; L_j – равновесная длина связи.

Сила реакции опоры $F_r = k_r l^2 \mathbf{n}$, где k_r – коэффициент жесткости взаимодействия; l – глубина проминания подстилающей поверхности; \mathbf{n} – единичный вектор нормали к поверхности.

Сила трения о воздух $F_{fr}^{air} = -k_{fr}^{air} v$, где k_{fr}^{air} – коэффициент торможения о воздух, v – скорость узла относительно воздуха.

Сила трения о подстилающую поверхность $F_{fr} = -k_{fr} F_r \tau$, где k_{fr} – коэффициент трения о землю; τ – единичный вектор в направлении проекции скорости на подстилающую поверхность: $\tau = \frac{v - (v\mathbf{n})\mathbf{n}}{|v - (v\mathbf{n})\mathbf{n}|}$, v – скорость ячейки относительно подстилающей поверхности.

Сила давления $F = PS\mathbf{n}$, где \mathbf{n} – единичный вектор внешней нормали к поверхности оболочки; P – избыточное давление под оболочкой.

Сила сопротивления изгибу на каждом узле вычисляется для вертикального и горизонтального направлений. Изгибающий момент вычисляется по формуле $M = (C - C_0)EJ$, где C – задаваемая координатами узлов шаблона кривизна поверхности в данной точке (в горизонтальном или вертикальном направлении); C_0 – равновесные значения кривизны, при которых силы не возникают; E – модуль Юнга, например, для резины $E \approx 10^7$ Па; J – момент инерции сечения в соответствующем направлении. Для плоского сечения $J = Lh^3/12$, где h – толщина гибкой оболочки; L – средняя длина двух противоположных ребер (в горизонтальном или вертикальном направлении), исходящих из данного узла.

В случае сетки, близкой к равномерной,

$$|C| = 1/R; R = \alpha/2 \sin \alpha; a = 2L \sin(\alpha/2);$$

$$\cos \alpha = (\mathbf{L}_1 \cdot \mathbf{L}_2) / L_1 L_2; L = (L_1 + L_2) / 2,$$

где R – радиус кривизны поверхности; α – угол между двумя противоположными ребрами; $\mathbf{L}_{1,2}$ – векторы противоположных ребер.

Силы для узлов в конце $\mathbf{L}_{1,2}$ рассчитываются как $F_{1,2} = -(M/L_{1,2})\mathbf{n}_{1,2}$, а в среднем узле сила вычисляется исходя из третьего закона Ньютона: $F = -(F_1 + F_2)$, где $\mathbf{n}_{1,2}$ – единичные векторы расчетных нормалей к огибающей окружности радиуса R .

$$\mathbf{n}_{1,2} = \frac{\mathbf{L}_{1,2} \times (\mathbf{L}_{2,1} \times \mathbf{L}_{1,2})}{|\mathbf{L}_{1,2} \times (\mathbf{L}_{2,1} \times \mathbf{L}_{1,2})|}.$$

Для решения полученной системы дифференциальных уравнений используется метод ИДА [15].

Описанная методика и программа тестировались путем проверки выполнения локальных и интегральных балансовых соотношений для конического элемента ГО и его частей.

Характерные результаты вычислений представлены на рис. 1. При наезде на высокой скорости ГО сминается не так, как при низкой скорости из-за большего влияния инерционности, при этом, в частности, возникают колебания оболочки, по-другому изменяется характерная величина зазора, при сходе с препятствия возникают значительные растягивающие

напряжения, особенно при наличии на нем выступов с малым радиусом кривизны. Это может приводить к кратковременной потере давления в воздушной подушке, возникновению разрывов оболочки и пр.

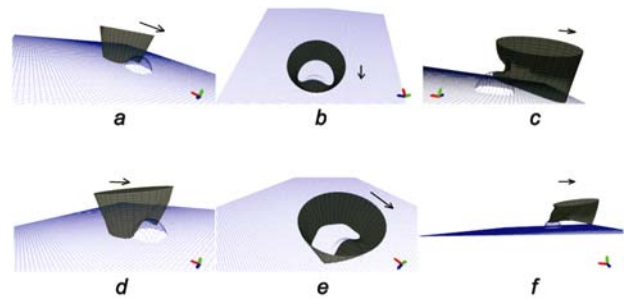


Рис. 1. Наезд гибкого ограждения на полусферическое препятствие высотой 1 м со скоростью 5 км/ч (а-с) и 45 км/ч (d-f): а – наезд, вид справа; б – наезд, вид сверху; с – сход с препятствия, вид справа; d – наезд, вид сбоку-спереди-справа; е – наезд, вид сверху-спереди-справа; f – сход с препятствия, вид справа

Fig. 1. Flexible fencing passing over hemispherical obstacle with height of 1 m at a speed of 5 km/h (a-c) and 45 km/h (d-f): a – impact, right side view; b – impact, top view; c – descent, right side view; d – impact, front-right side view; e – impact, top-front-right view; f – descent, right side view

Сопротивление движению

Сопротивление движению судна на воздушной подушке определяется как сумма следующих аэродинамических и гидродинамических эффектов [16].

Импульсное сопротивление связано с ускорением поступающего в нагнетатель воздуха до скорости движения судна. Оно пропорционально массовому расходу через нагнетатели и скорости набегающего на судно воздушного потока.

Профильное сопротивление – это сопротивление, обусловленное аэродинамическим сопротивлением корпуса, и рассчитывается по стандартным формулам для турбулентного обтекания исходя из формы корпуса [17].

Сопротивление струй вызвано истечением воздуха из-под воздушной подушки с учетом закона сохранения импульса: $R_{str} = \rho_a \sum_{i=0}^{N-1} \frac{Q_i^2}{\tau_i L_i} \mathbf{n}_i$, где ρ_a – плотность воздуха; Q_i – объемный расход воздуха из i -го элемента; τ_i – ширина зазора под элементом; L_i – длина нижней кромки данного элемента; \mathbf{n}_i – нормаль к огибающей ГО в середине элемента.

Волновое сопротивление связано с работой на образование впадины в воде в пространстве под воздушной подушкой: $R_{wave} = \kappa_w^1 G_L M g / \alpha_{\Pi}$; $\alpha_{\Pi} = S/LB$; $G_L = P_{avg} / \rho_w g L$, где α_{Π} – коэффициент заполнения площади подушки; G_L – продольный коэффициент загрузки; P_{avg} – среднее давление в подушке; ρ_w – плотность воды; g – ускорение свободного падения; L – длина подушки; B – ширина подушки; S – площадь подушки; M – масса судна; κ_w^1 – эмпирический коэффициент, задаваемый графически [18].

Волновое сопротивление связано с работой на образование впадины в воде в пространстве под воздушной подушкой: $R_{wave} = \kappa_w^1 G_L M g / \alpha_{\Pi}$; $\alpha_{\Pi} = S/LB$; $G_L = P_{avg} / \rho_w g L$, где α_{Π} – коэффициент заполнения площади подушки; G_L – продольный коэффициент загрузки; P_{avg} – среднее давление в подушке; ρ_w – плотность воды; g – ускорение свободного падения; L – длина подушки; B – ширина подушки; S – площадь подушки; M – масса судна; κ_w^1 – эмпирический коэффициент, задаваемый графически [18].

Другие составляющие гидродинамического сопротивления (от брызг, касания ГО воды и др.) принято обозначать как остаточное сопротивление R_{res} [19]:

$$R_{res} = \frac{c_{ГО} L}{(\tau/L)^{0,34}} \sqrt{S} \frac{\rho_w v^2}{2} + \left[\frac{5,09}{(G_L \rho_w g)^{0,259}} - 1 \right] R_{wave},$$

где v – скорость судна; τ – средняя величина зазора; $c_{ГО} = 15,4 \cdot 10^{-6}$.

Нагнетатели

В основе описания рабочих процессов в аксиальном нагнетателе лежит полуэмпирический подход, описанный в [20–24].

Полуэмпирические соотношения этого приближения основаны на обработке большого массива экспериментальных данных, они в исследованных расчетных режимах даже дают более точные результаты, чем подробные 3D вычисления (погрешности которых связаны с неточностью описания турбулентных течений, технической сложностью разрешения пограничных слоев, численными эффектами и пр.). Однако область применимости таких поправок не охватывает многие нерасчетные режимы. Попытки экстраполяции полуэмпирических соотношений в нерасчетные режимы приводит к большим ошибкам и даже к физически бессмысленным результатам. В результате вблизи расчетных режимов лучший результат дают полуэмпирические поправки, а в нерасчетных режимах лучшие результаты получаются, если эти поправки не учитываются вообще. При этом поправки, полученные ранее на основе вычислений в трехмерных постановках для сильно нагруженных лопаточных машин, оказываются непригодными для нагнетателей АСВП, в которых повышение давления составляет малую долю начального давления.

Поэтому при разработке данной модификации математической модели необходимо было как можно точнее из основных принципов описывать рабочие процессы, не выходя за рамки неплохо обоснованного канального приближения. Применено теоретическое описание газодинамических процессов на основе балансовых соотношений [25–27], отражающих сохранение массы, импульса и энергии. Требования описания многих режимов не позволяют использовать упрощающие предположения, с успехом применяющиеся при проектировании [21, 22].

Здесь и далее скорости в лабораторных координатах обозначены c ; скорости во вращающихся координатах, связанных с рабочим колесом, – w ; скорость вращения колеса в рассматриваемом месте колеса – u ; скорость звука – a или v_s ; индексом u или θ обозначены проекции скоростей на направление азимутального вращательного движения в данном месте колеса; индексом a – проекции скоростей на направление оси симметрии; индексом r – радиальные составляющие скоростей. Индексом 1 отмечены параметры на входе в подвижные лопатки; 2 – на выходе

из подвижных рабочих лопаток; 3 – в выходном патрубке нагнетателя (после успокоения потока).

Рассмотрим описание физической и математической постановки для модуля, предназначенного для расчета процессов в нагнетателе.

Полагалось, что на входе в нагнетатель известны давление p_1 , температура газа T_1 и массовый расход G . Скорость потока на входе параллельна оси вращения колеса. По известным давлению и температуре на входе в подвижные лопатки (состояние 1) находятся значения остальных параметров: плотности, скорости потока, скорости звука: $\rho_1 = m_{mol} p_1 / k_B T_1$; $c_{1a} = G / \rho_1 F_0$; $c_{1t} = c_{1a}$; $c_{1\theta} = 0$; $v_{s1} = \sqrt{k k_B T_1 / m_{mol}}$; $M_1 = c_{1t} / v_{s1}$, где F_0 – площадь сечения каналов на входе в лопатки, перпендикулярного оси вращения.

По найденным характеристикам потока, набегающего на рабочее колесо, определяются модуль и направление относительной скорости w_1 , число Маха набегающего потока во вращающихся координатах рабочего колеса M_{w1} , угол входа потока в каналы рабочего колеса β_{11} , температура торможения T_{w1}^* :

$$u = \omega r_0 w_{1\theta} = c_{1\theta} - u w_{1a} = c_{1a}; \beta_{11} = \arctan(w_{1a} / w_{1\theta}); \\ w_1 = \sqrt{w_{1a}^2 + w_{1\theta}^2}; M_{w1} = w_{1t} / v_{s1}; T_{w1}^* = T_1 + w_1^2 / 2C_p,$$

где ω – угловая скорость, C_p – удельная теплоемкость газа.

Находится эффективное критическое сечение канала и по нему – число Маха на выходе и остальные параметры в сечении «2» как в координатах колеса, так и в лабораторных координатах. При этом возникает необходимость решения трансцендентного уравнения:

$$F_{21} = F_0 \sin \beta_{11}; \\ F_{2cr} = \frac{F_{21} M_{w1} (k+1)^{(k+1)/(2(k-1))}}{[2 + M_{w1}^2 (k-1)]^{(k+1)/(2(k-1))}}.$$

Оно решалось численно, результаты аппроксимировались и применялись при дальнейших расчетах.

$$M_{w2} = M' F_2 / F_{2cr}; c_{cr} = \sqrt{(w_1^2 (k-1) + 2v_{s1}^2) / (k+1)};$$

$$T_{cr} = m_{mol} c_{cr}^2 / k k_B; T_2 = T_{cr} \frac{2 + (k-1)}{2 + (k-1) M_{w2}^2};$$

$$a_2 = k k_B T_2 / m_{mol}; w_2 = M_{w2} a_2;$$

$$w_{2a} = w_2 \sin \alpha_2; w_{2\theta} = w_2 \cos \alpha_2;$$

$$\rho_2 = G / (w_{2a} F); p_2 = \rho_2 / (m_{mol} k_B T_2);$$

$$c_{2a} = w_{2a} c_{2\theta} = w_{2\theta} - u c_2 = \sqrt{c_{2a}^2 + c_{2\theta}^2};$$

$$M_2 = c_2 / a_2,$$

где k_B – постоянная Больцмана, m_{mol} – масса молекулы газа, индекс cr относится к параметрам в эффективном критическом сечении.

По найденным параметрам в сечении «2» находится давление торможения в предположении, что восстанавливается осевая составляющая скорости, а азимутальная диссипирует: $p_{zi} = p_2 + \rho_2 c_{2a}^2 / 2$.

Потери на входе в подвижные лопадки учитываются с помощью фактора, равного по определению $Y = (p_{in}^* - p_{out}^*) / (p_{out}^* - p_{out})$, где p_{in}^* , p_{out}^* – полное давление на входе и выходе, p_{out} – статическое давление на выходе лопаток.

Значение Y_p находится из соотношения

$$Y_p = \mu \chi \left[Y_{Pr} + (\alpha_{bin} / \alpha_{bout})^2 (Y_{Pi} - Y_{Pr}) \right] (5t/C)^{\alpha_{bin} / \alpha_{bout}} + Y_s,$$

где значения Y_{Pr} и Y_{Pi} снимаются с графиков [28] в зависимости от угла лопатки на выходе α_{bout} и от отношения шага между лопатками s к длине лопатки C , здесь α_{bin} – угол лопатки на входе потока; t – толщина лопатки, обычно составляющая $t = (0,15-0,25)C$.

Влияние вязкости учитывается фактором χ , который зависит от числа Рейнольдса:

$$\begin{aligned} \text{при } Re < 2 \cdot 10^5 & \quad \chi = (0,5 Re \cdot 10^{-5})^{-0,4}; \\ \text{при } 2 \cdot 10^5 \leq Re \leq 10^6 & \quad \chi = 1; \\ \text{при } Re > 10^6 & \quad \chi = (Re \cdot 10^{-6})^{-0,2} \end{aligned}$$

Фактор μ применяется для учета вторичных вихрей:

$$\begin{aligned} \mu &= 1 - Z_{TE} / h; \\ Z_{TE} &= \left(\frac{0,1 F_0^{0,79}}{C_R^{0,5} (h/C)^{0,55}} + 32,7 (\delta^* / h) \right) h, \end{aligned}$$

где h – ширина лопатки в радиальном направлении; δ^* – толщина погранслоя, она составляет $(0,008-0,06)h$; фактор

$$\begin{aligned} F_0 &= (2s/C_x) \cos^2 \alpha_m \cdot [\tan \alpha_{in} + \tan \alpha_{bout}]; \\ \alpha_m &= (\alpha_{bin} + \alpha_{bout}) / 2, \end{aligned}$$

где α_{in} – угол входа потока; C_x – длина проекции лопатки на ось.

Учет вклада вторичных потерь:

при x'' от 0 до 0,3

$$Y_s = Y_{s0} \left[\exp(0,9x'') + 13x''^2 + 400x''^4 \right];$$

при x'' от -0,4 до 0

$$Y_s = Y_{s0} \exp(0,9x'');$$

$$x'' = \frac{\alpha_{in} - \alpha_{bin}}{\pi - (\alpha_{bin} - \alpha_{bout})} \left[\frac{\cos \alpha_{bin}}{\cos \alpha_{bout}} \right]^{-1,5} (d_m / C)^{-0,3}.$$

Учет потерь из-за нерасчетного угла входа проводится с помощью полуэмпирического соотношения [29] для связанного с этим изменения $\Delta \phi_p^2$ квад-

рата отношения $\phi = c_2 / c_{2\tau}$ ($c_{2\tau}$ – скорость без учета этого вида потерь):

при $x \geq 0$

$$\begin{aligned} \Delta \phi_p^2 &= 3,711 \cdot 10^{-7} x^8 - 5,318 \cdot 10^{-6} x^7 + 1,106 \cdot 10^{-5} x^6 + \\ &+ 9,017 \cdot 10^{-5} x^5 - 1,542 \cdot 10^{-4} x^4 - 2,506 \cdot 10^{-4} x^3 + \\ &+ 1,327 \cdot 10^{-3} x^2 - 6,149 \cdot 10^{-5} x \end{aligned}$$

при $x \leq 0$

$$\Delta \phi_p^2 = 1,358 \cdot 10^{-4} x - 8,72 \cdot 10^{-4} x;$$

$$x = (d_{in} / s)^{-0,05} \left[\arccos \left(\frac{C_x}{C} \right) + \alpha_{bin} \right]^{-0,2} \left[\frac{\cos \alpha_{bin}}{\cos \alpha_{bout}} \right]^{-1,4} (\alpha_{in} - \alpha_{in}^*),$$

где $\alpha_{in}^* \approx \alpha_{bin}$ – расчетный угол входа потока; d_{in} – диаметр закругления лопатки на входе.

Винтовые движители

Методика расчета фактически разработана на основе классической теории винта [30–39]. Эта теория часто дает более надежные данные, чем математическое моделирование (в т.ч. в трехмерных постановках на основе методов низкого порядка точности при числе расчетных ячеек порядка миллиона), поэтому она не теряет актуальности до сих пор [40].

Для определения возмущения воздушной среды под действием винта необходимо рассчитать дополнительную скорость потока, производимую вихревым следом (индуктивную скорость). Она имеет три составляющие – тангенциальную, осевую и радиальную; при построении вихревого следа обычно пренебрегают радиальной составляющей. Для учета того, что течение сильно неоднородно в радиальном направлении, течение разбивается на элементы, ограниченные соосными цилиндрическими поверхностями.

Тангенциальная $u_1(\Gamma)$ и осевая $v_1(\Gamma)$ составляющие индуктивной скорости в плоскости винта представляют собой зависимости от циркуляции:

$$u_1(\Gamma) = k\Gamma / 4\pi r;$$

$$v_1(\Gamma) = -\frac{V}{2} + \sqrt{\frac{V^2}{4} + u_1(\omega r - u_1) + 2 \int_r^R \frac{u_1^2}{r^3} dr}.$$

Затем находится скорость набегающего потока

$$W_1(\Gamma) = \sqrt{[\omega r - u_1(\Gamma)]^2 + [V + v_1(\Gamma)]^2}$$

и рассчитывается циркуляция

$$\Gamma = \frac{1}{2} b C_y W_1(\Gamma).$$

Полученное уравнение решается методом бисекции относительно Γ . Расчет начинается с концевых сечений винта. Здесь k – число лопастей; r – текущий радиус; Γ – циркуляция на данном радиусе; V – ско-



рость осевой обдувки винта; ω – угловая скорость вращения винта; R – наибольшее значение радиуса винта; b – длина хорды лопасти. Интеграл под корнем в выражении для v_1 соответствует центробежным силам. Ими, при наличии кольцевой насадки вокруг винта, можно пренебречь, т.к. она ограничивает движение в радиальном направлении. По этой же причине не учитываются концевые потери.

За винтом осевая и тангенциальная составляющие скорости: $u_2 = 2u_1$; $v_2 = 2v_1$.

Для области $r > R$ индуктивная скорость полагается равной нулю.

Аэродинамические коэффициенты C_y , C_x определяются профилем винта. Они известны для ряда профилей из подробных экспериментальных данных [41, 42]. Эти величины находятся с помощью линейной интерполяции и экстраполяции по табличным данным для профиля. Если полагать плотность воздуха постоянной в окрестностях винта и равной ρ , подъемная сила, действующая на элемент лопасти и направленная перпендикулярно скорости набегающего потока, может быть найдена, как $dR_1 = \rho \Gamma W_1 dr$, а сила профильного сопротивления, направленная вдоль скорости набегающего потока, как $dR_p = (C_x/C_y)dR_1$.

Сила тяги dT_1 и сила сопротивления dQ_1 для элемента лопасти могут быть найдены как проекции суммарной силы $dR_1 + dR_p$ на ось вращения и плоскость вращения соответственно.

Мощность dL , необходимая для вращения элемента лопасти, лежащего на окружности радиуса r , может быть определена из момента силы сопротивления $dM_{Q_1} = -dQ_1 r$: $dL = dM_{Q_1} \omega$.

Для получения суммарных сил и моментов, действующих на лопасть, и мощности, необходимой для вращения лопасти, производится интегрирование по радиусу.

Нередко винты АСВП располагаются частично в зоне аэродинамической тени от корпуса. Основное воздействие от этого на рабочие процессы связано с тем, что скорость воздуха на входе V не постоянна по площади винта, а зависит от вертикальной и поперечной координат. Распределение скорости $V(x, y)$ в первом приближении можно рассчитать отдельно по обтеканию корпуса без учета влияния винтов. Тогда взаимодействие лопасти винта и набегающего потока в данный момент зависит от углового положения лопасти. Для незатененных участков расчет полностью аналогичен приведенному выше, а для затененных – проводится с переменной локальной скоростью $V(x, y)$, при этом получаются различные значения углов потока относительно лопаток, сил, моментов, выходных скоростей и пр. в зависимости от углового положения лопасти.

В качестве начального приближения можно задать $V(x, y)$ в виде ступенчатой функции. Тогда можно просчитать по представленной выше методике обтекание лопатки при скоростях, соответствующих значениям скорости на уровнях «ступенек». При за-

дании аэродинамической тени с помощью N уровней скорости расчет проводится, соответственно, N раз. Эти результаты используются в соответствующих участках заметаемого винтом круга при интегрировании по этому кругу сил, моментов, определении выходных скоростей и пр. В качестве начального варианта выбран двухуровневый вариант.

Описанная методика позволяет рассчитать в базовом приближении все основные характеристики движителя – тягу, приложенную к АСВП, момент сопротивления на валу движителя – в зависимости от управляющих воздействий (поворот лопаток движителя, частота вращения вала движителя) и внешних условий (скорость ветра, скорость АСВП, плотность воздуха).

Рулевой комплекс

При применении движителей на основе контактных или гребных колес для поворота можно применять различные скорости их вращения с одной и другой стороны от АСВП. В классических конструкциях АСВП для руления нередко применяются поворотные винтовые движители, тогда учет руления сводится к изменению скорости набегающего воздуха и повороту результирующего момента и силы тяги.

Часто, однако, в классических конструкциях АСВП за винтом находятся рули, представляющие собой вертикально расположенные крыловидные аэродинамические формы, строго говоря – цилиндры с направляющими – аэродинамическими профилями. Для этого случая разработана описываемая ниже математическая модель.

Для расчета сил и моментов используется следующая система координат: ось OZ направлена по оси винта, ось OY – параллельно прямым образующим рулей, ось OX – так, чтобы система координат была правой. Центр O находится на оси вращения винта.

Рули находятся в переменном по сечению закрученном потоке воздуха, ускоренного маршевым винтом. Для проведения вычислений каждый из рулей разбивается на элементы горизонтальными плоскостями, причем разные элементы разных рулей находятся в разных условиях обтекания (т.к. скорость и направление потока от винта неоднородны по сечению потока).

Поперечная сила, действующая на элемент руля, аналогичная подъемной силе крыла, равна

$$dR_1 = \frac{1}{2} C_v \rho v^2 b_v dy, \text{ где } C_v - \text{аэродинамический коэффициент}$$

подъемной силы для профиля руля; b_v – длина хорды руля; v – локальная скорость набегающего на руль потока.

При нахождении скорости учитывается, что индуктивная скорость в вихревом следе вдвое больше, чем в плоскости вихревого диска.

При определении C_v учитывается локальный угол атаки, зависящий от направления локальной скорости воздуха, ускоренного винтом, и от угла поворота

рулей; для этого для каждого элемента руля решает соответствующая стереометрическая задача.

Поперечная сила направлена перпендикулярно скорости потока и используется для управления направлением движения судна.

При взаимодействии рулей с потоком воздуха возникает паразитная сила сопротивления, направленная вдоль потока и по действию аналогичная уменьшению интегральной тяги. Формула для силы профильного сопротивления dR_p находится по той же формуле с использованием другого аэродинамического коэффициента для профиля руля, аналогичного C_x для винта. Она направлена против скорости набегающего потока.

Аэродинамические коэффициенты в принципе определяются так же, как и для винта.

Моменты сил определяются по векторным формулам $dM_{R1} = r \times dR_1$; $dM_{Rp} = r \times dR_p$.

Для получения суммарных сил и моментов, действующих на решетку рулей, производится интегрирование по всем рулям, реализованное в виде суммирования по элементам рулей.

Описанная методика позволяет рассчитать в базовом приближении все основные характеристики движителя и рулей – тягу и управляющий момент, приложенные к АСВП, момент сопротивления на валу движителя – в зависимости от управляющих воздействий (поворот лопаток движителя, поворот рулей, частоты вращения вала движителя) и внешних условий (скорость ветра, скорость АСВП, плотность воздуха).

Движители на основе гребных колес

Гребные колеса в течение долгого времени применялись редко из-за их малой эффективности при повышенных скоростях; однако в наших работах на основе вычислительных экспериментов показано, как получить высокий тяговый КПД η также при высоких скоростях ($\eta = 45-50\%$ при скорости судна 10-45 км/ч).

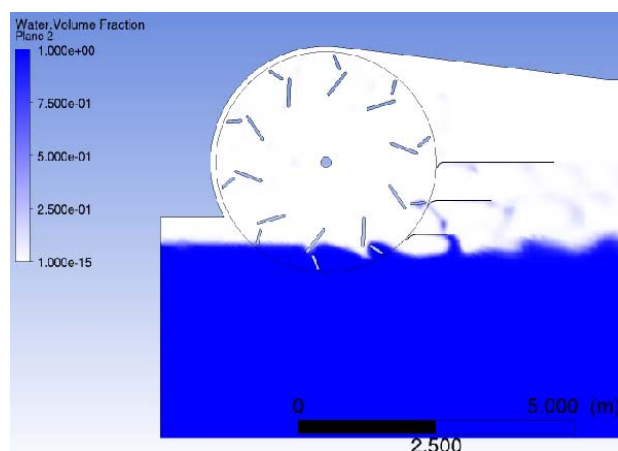


Рис. 2. Гребное колесо для высоких скоростей.

Цветом показана объемная доля воды

Fig. 2. Paddlewheel for high velocities.

Color intensity corresponds to volume fraction of water

Модель гребного колеса (рис. 2) строится на основе наших подробных нестационарных гидроаэродинамических расчетов методом конечных элементов с помощью программ ANSYS CFX, применялась полученная там новая форма лопаток и кожуха. По результатам массовых вычислений определялись массивы поправочных коэффициентов в следующую аналитическую модель.

Приблизительно тормозящий момент на валу колеса можно вычислить как

$$M_i = -(R\omega - v)(\rho\delta Lv)R; \quad \phi = \arcsin \frac{R - \Delta H}{R};$$

$$\delta = \frac{2[R \cos \phi + (R - \Delta H)\phi] - (R - \Delta H)\pi}{\pi - 2\phi},$$

где ϕ – угол между поверхностью воды и радиусом в точке входа лопатки в воду; v – скорость центра колеса относительно поверхности воды в плоскости колеса; R – радиус; ω – угловая скорость вращения; ΔH – глубина погружения; L – ширина колеса; δ – средняя по времени глубина погружения лопатки под невозмущенную воду.

Фактический тормозящий момент определяется из данных расчета по МКЭ исходя из соотношений $M_r = \mu_r M_i$; $\mu_r = M_r / M_{if}$, где M_r – момент, полученный по МКЭ; M_{if} – идеальный момент, рассчитанный для тех же параметров, что и M_f .

$$\text{Тогда сила в направлении движения } F_x = \frac{\eta M_r \omega}{v},$$

где η – КПД колеса, определенный по МКЭ.

Вертикальная составляющая силы колесного движителя определялась из соотношения $F_y = F_x \frac{F_{yf}}{F_{xf}}$, где

$F_{x,yf}$ – компоненты x, y силы, полученные по МКЭ.

$M_f, \eta, F_{x,yf}$ – функции скорости вращения колеса ω , глубины погружения ΔH и скорости движения судна v . Значения этих функций, по порядку величины близких к 1, определяются интерполяцией результатов, полученных по расчету МКЭ.

Эффективность движителя η определялась как усредненное по периоду между входом лопаток в воду отношение мощности, связанной с силой от колеса F , к механической мощности на валу:

$$\eta = \frac{Fv}{|M\omega|}, \quad \text{где } M \text{ – вращательный момент на валу;}$$

ω – угловая скорость вращения колеса.

Сила F вычислялась как интеграл горизонтальных проекций сил давления и поверхностного трения по всей площади поверхности колеса и обтекателя.

Двигатели и динамика

Расчеты двигателей проводились исходя из энергетических соображений и литературных сведений о КПД [43]. Мощность двигателя полагается пропорциональной КПД, расходу углеводородного горюче-



го и его теплотворной способности [44]. Характерные значения КПД задаются графически. Вращение ротора рассчитывается исходя из уравнений динамики для вращения твердого тела вокруг неподвижной оси [45]: $P = \epsilon m' \eta(\omega)$; $M = P/\omega$; $d\omega/dt = M/J$, где P – мгновенная мощность двигателя; ϵ – теплотворная способность горючего; m' – массовый расход горючего; $\eta(\omega)$ – мгновенный КПД двигателя; ω – угловая скорость вращения ротора; M – крутящий момент двигателя; J – приведенный момент инерции системы относительно оси вращения.

Динамика корпуса определяется системой уравнений [46]:

$$v_i = P_i/M; \quad \omega_i = \sum_j I_{ij}^{-1} L_j; \quad dx_i/dt = v_i;$$

$$dq_0/dt = -\frac{1}{2} \sum_i \omega_i q_i;$$

$$dq_1/dt = \frac{1}{2} (\omega_1 q_0 - \omega_2 q_3 + \omega_3 q_2);$$

$$dq_2/dt = \frac{1}{2} (\omega_1 q_3 + \omega_2 q_0 - \omega_3 q_1);$$

$$dq_3/dt = \frac{1}{2} (-\omega_1 q_2 + \omega_2 q_1 + \omega_3 q_0);$$

$$dP_i/dt = F_i; \quad dL_i/dt = T_i; \quad I^{-1} = RI_{orf}^{-1}R^T;$$

$$R =$$

$$= \begin{pmatrix} q_0^2 + q_1^2 - q_2^2 - q_3^2 & 2q_1q_2 - 2q_0q_3 & 2q_1q_3 + 2q_0q_2 \\ 2q_1q_2 + 2q_0q_3 & q_0^2 - q_1^2 + q_2^2 - q_3^2 & 2q_2q_3 - 2q_0q_1 \\ 2q_1q_3 - 2q_0q_2 & 2q_2q_3 + 2q_0q_1 & q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2 \end{pmatrix},$$

где R – матрица вращения; I_{orf} – момент инерции корпуса в системе координат, связанной с ним; I – момент инерции корпуса в ЛСК; v – скорость; x – координаты центра масс в ЛСК; P – импульс; M – масса судна; L – момент импульса; q – кватернион вращения; ω – угловая скорость вращения; F – сумма сил, действующих на корпус; T – сумма моментов, действующих на корпус; $i, j = 1, 2, 3$ – индексы компонент векторов.

Методика расчета комплекса

При помощи вспомогательного программного обеспечения [47] полученные системы уравнений для каждой из отдельных моделей из раздела переписываются в общих терминах и упорядочиваются для вычислений. Шаг по времени для дифференциальных уравнений рассчитывается с Ньютоновским решателем для плотных матриц и шагом по времени по формуле обратного дифференцирования [48].

Математическая модель АСВП классического типа с таким количеством взаимосвязанных рабочих и сопутствующих процессов разработана, по-видимому, впервые. Для описанных инновационных АСВП вычисления ранее не проводились.

Надежность общей комплексной модели АСВП обоснована тем, что алгоритм вспомогательного программного обеспечения обеспечивает полную адекватность алгоритмов программных блоков комплексной модели соответствующим отдельным моделям. В отдельных моделях применены отработанные соотношения, прошедшие согласование с экспериментами, а также проведено сопоставление характеристик реального АСВП классического типа [13] с соответствующей комплексной моделью.

Результаты вычислительных экспериментов

Расчеты по вышеописанной комплексной математической модели АСВП применялись для исследования различных типов АСВП; ниже приведены результаты вычислений для примеров:

– Легкого АСВП классического типа (АСВП КТ) массой 18 тонн (освоенный диапазон параметров АСВП – для верификации математической модели).

– Тяжелого АСВП КТ массой 200 тонн (для математического обеспечения при разработке нового АСВП в рамках НИР «Амфибия»).

– Инновационного АСВП с контактными колесными движителями, гребными колесами и ГО из отдельных конусов.

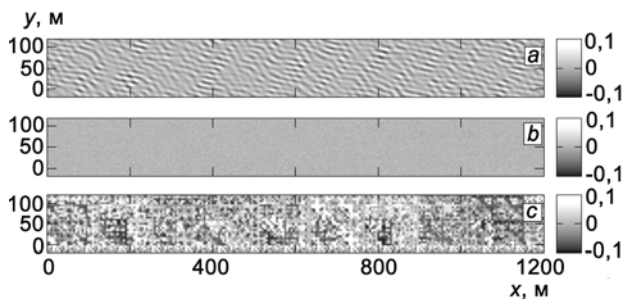


Рис. 3. Форма поверхности:
 а – волнующейся воды в начальный момент времени;
 б – с мелкими неоднородностями;
 с – с крупными неоднородностями
Fig. 3. Surface height map: a – wavy water at initial time;
 b – with small bumps; c – with large bumps

Рассматривались варианты с различными сценариями движения (разгон, маневрирование, прямолинейное движение по пересеченной местности), видом подстилающей поверхности (глубокая вода, твердая поверхность), ее формой (ровная горизонтальная и наклонная, волнистая, мелкие и относительно крупные хаотические неоднородности, рис. 3), рассматривалось преодоление крупных препятствий различной формы (что важно для применения АСВП в условиях Арктики, где приходится учитывать наличие торосов).

Волны на глубокой воде моделируются в соответствии с [49]. В приводимых далее примерах рассматривались волны для случая скорости ветра 2,7 м/с на высоте 10 м над уровнем моря. Неровности твердой поверхности задавались с помощью генератора слу-

чайных чисел с максимальным перепадом между вершинами и впадинами 20 см и характерным размером по горизонтали 1 м и 5 м (малоразмерные и крупные неровности).

Легкое АСВП КТ

Приведенные ниже результаты расчетов соответствуют следующему варианту конструкции.

Гибкое ограждение имеет прямоугольную форму и состоит из 60 элементов. Ширина ГО 8,2 м, длина 19 м, высота 1,7 м. Угол наклона навесных элементов $\theta = 45^\circ$. Ширина навесных элементов – 30 см. В воздушном тракте за нагнетателями характерная поперечная площадь сечения принималась равной 1 м^2 , а характерная длина пути – 10 м.

АСВП КТ снабжено двумя винтовыми воздушными четырехлопастными движителями с радиусом 3 м. Длина хорды лопасти винта 0,2 м, радиус кока 0,35 м, угол крутки $\varphi(r) = (0,15R/r + \pi/10)$ рад. Каждый винт имеет по три лопасти рулей с длиной хорды 0,3 м. В данном примере выбран профиль лопаток СибНИА С-11.

Рассматривались варианты с аэродинамическим коэффициентом лобового сопротивления в продольном и поперечном направлениях $C_x = 0,35$ и $C_y = 0,7$.

Режим работы двигателя для нагнетателей подбирался исходя из стабильной штатной работы воздушной подушки. Для всех вариантов подстилающей поверхности парение стабильно при расходе горючего на работу компрессоров около 72 кг/ч. Средняя ширина зазора составляет 13 см при парении над водой и 10 см при парении над твердой поверхностью.

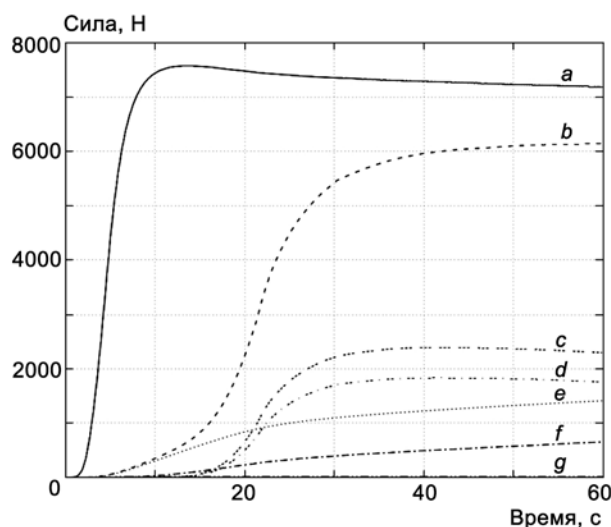


Рис. 4. Сила тяги и сопротивления легкого АСВП КТ при разгоне по ровной водной поверхности: *a* – сила тяги; *b-g* – сопротивления: *b* – суммарное; *c* – импульсное; *d* – профильное; *e* – струйное; *f* – волновое; *g* – остаточное
Fig. 4. Traction force and resistances of light AHCT accelerating on calm water surface: *a* – traction force; *b-g* – resistances: *b* – total; *c* – impulse; *d* – profile; *e* – streams; *f* – wave; *g* – residual

При разгоне задавалось нарастание расхода горючего на работу движителей первые 10 секунд до 90% максимального значения, и далее плавный выход на максимум 54 кг/с в течение 20 секунд. При этом движители выходят на квазистационарный режим с задержкой 7-10 с. Сила тяги проходит через максимум из-за особенностей взаимодействия винта с набегающим потоком. В начале разгона (3-5 с) наблюдаются колебания АСВП в вертикальном направлении и соответствующие колебательные изменения зазоров гибкого ограждения, связанные с отличием значений стартовых параметров от равновесных. С ростом скорости импульсное и профильное сопротивления возрастают, а остаточные, волновое и струйное – проходят через максимум, но суммарное сопротивление возрастает монотонно (рис. 4). За 60 секунд судно разгоняется до скорости 34,5 км/ч (рис. 5, *a*). Квазистационарная скорость при данном расходе топлива составляет 45 км/ч.

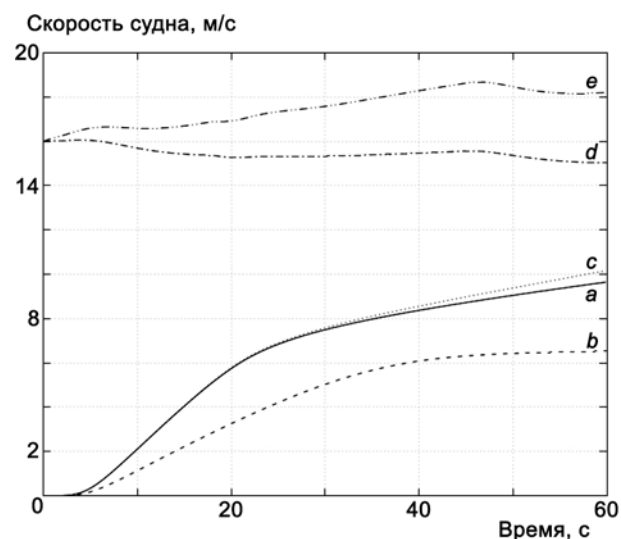


Рис. 5. Скорость легкого АСВП КТ: *a-c* – при разгоне по ровной водной поверхности: *a* – в стандартном варианте; *b* – при пониженном расходе топлива; *c* – с пониженным аэродинамическим сопротивлением; *d, e* – при маневрировании на ровной поверхности: *d* – водной; *e* – твердой
Fig. 5. Light AHCT velocity: *a-c* – acceleration on calm water: *a* – standard version; *b* – lowered fuel consumption; *c* – lowered aerodynamic resistance; *d, e* – maneuvering: *d* – calm water surface; *e* – solid surface

При понижении максимального расхода топлива до 27 кг/ч АСВП не преодолевает максимум волнового и остаточного сопротивления, что приводит к стабилизации скорости на уровне 24 км/ч (рис. 5, *b*).

При пониженном коэффициенте аэродинамического сопротивления предсказуемо снижаются составляющие профильного сопротивления (рис. 6). Однако поскольку последнее составляет относительно небольшую часть общего сопротивления, это практически не сказывается на скоростных характеристиках АСВП (рис. 5, *c*).

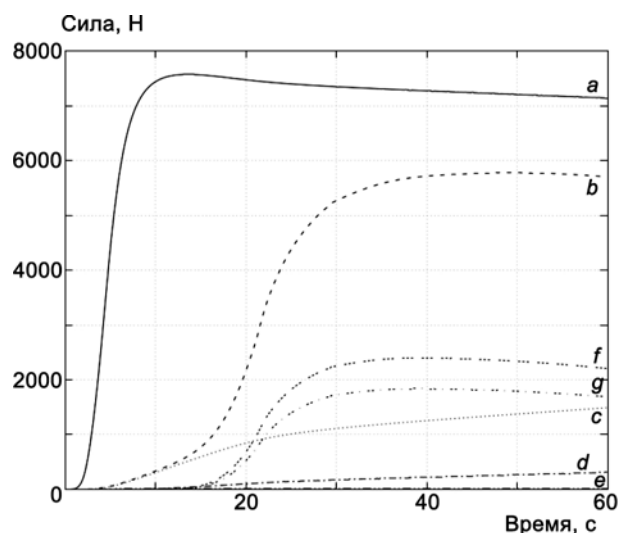


Рис. 6. Сила тяги и сопротивления легкого АСВП КТ при разгоне по ровной водной поверхности для пониженного коэффициента аэродинамического сопротивления: *a* – сила тяги; *b-g* – сопротивления: *b* – суммарное; *c* – импульсное; *d* – профильное; *e* – струйное; *f* – волновое; *g* – остаточное

Fig. 6. Traction force and resistances of light AHCT accelerating on calm water surface with lowered aerodynamic resistance: *a* – traction force; *b-g* – resistances: *b* – total; *c* – impulse; *d* – profile; *e* – streams; *f* – wave; *g* – residual

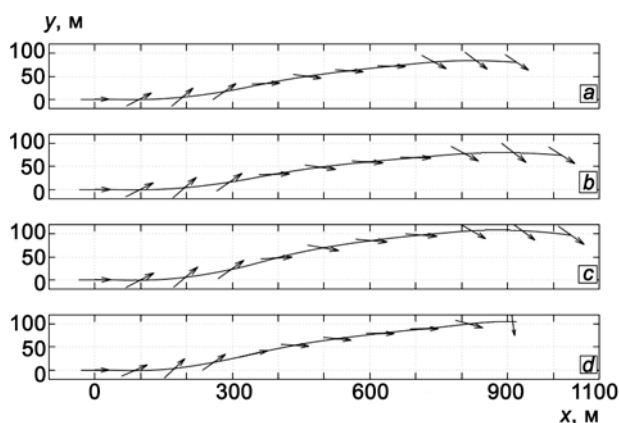


Рис. 7. Траектории движения легкого АСВП КТ при маневрировании. Стрелками обозначена ориентация судна: *a* – на гладкой воде; *b* – на волнующейся воде; *c* – на твердой поверхности с мелкими неоднородностями; *d* – на твердой поверхности с крупными неоднородностями

При маневрировании на различных подстилающих поверхностях расход горючего двигателем движителя фиксируется на уровне 54 кг/ч. Рули управляются ПИД-регулятором, оперирующим углом рыскания судна с параметрами $P = 1,2$; $I = 0,1$; $D = 3,6$.

Типичные траектории движения приведены на рис. 7.

Сила тяги движительно-рулевого комплекса при повороте рулей уменьшается за счет роста сопротивления рулевых поверхностей (рис. 8, *a*). Отрицатель-

ную роль играет также изменение направления набегающего на винт потока. В результате, при маневрировании во время движения АСВП «бокком», скорость снижается, а при выравнивании относительно курса – снова растет (рис. 5, *d, e*).

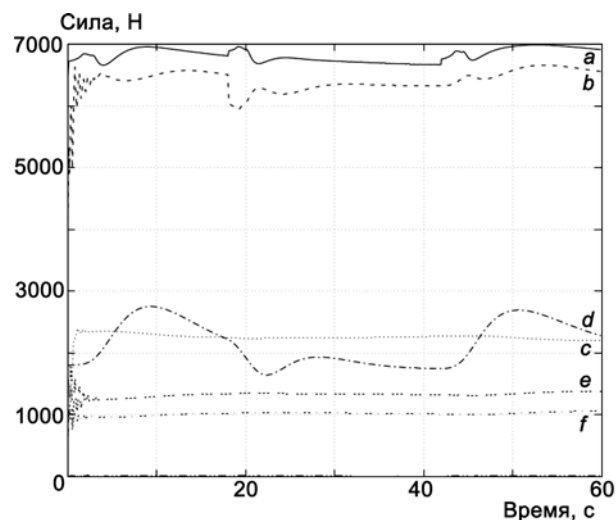


Рис. 8. Сила тяги и сопротивления легкого АСВП КТ при маневрировании на ровной водной поверхности: *a* – сила тяги; *b-g* – сопротивления: *b* – суммарное; *c* – импульсное; *d* – профильное; *e* – струйное; *f* – волновое; *g* – остаточное

Fig. 8. Traction force and resistances of light AHCT when maneuvering on calm water: *a* – traction force; *b-g* – resistances: *b* – total; *c* – impulse; *d* – profile; *e* – stream; *f* – wave; *g* – residual

В моменты резкого изменения положения рулей возникают возмущения многих характеристик подсистем АСВП. Наблюдается нестационарный крен АСВП, изменение тангажа, зазоров под элементами ГО, расходов и давления в секциях, резкие изменения модуля силы профильного сопротивления, возмущения прочих компонент сопротивления и др. (рис. 8).

Маневрирование на твердой ровной поверхности отличается от маневрирования на ровной водной поверхности отсутствием волнового и остаточного компонент сопротивления. В результате при маневрировании судно разгоняется до 66 км/ч (рис. 5, *e*).

При маневрировании над неровной поверхностью происходит модуляция расхода через элементы гибкого ограждения в соответствии с локальной мгновенной формой подстилающей поверхности. Как следствие, возникают осцилляции расхода через нагнетатели, давления в секциях, возникают вертикальные колебания центра тяжести корпуса, осциллируют крен и тангаж (рис. 9, *a, b*). Частота колебаний связана в основном с размером неоднородностей поверхности. В силу инерционности системы амплитуда колебаний зависимых характеристик понижается с повышением частоты. Автоматическое управление положением рулей подавляет колебания по курсу, как следствие, по углу рыскания частота колебаний значительно ниже (рис. 9, *c*).

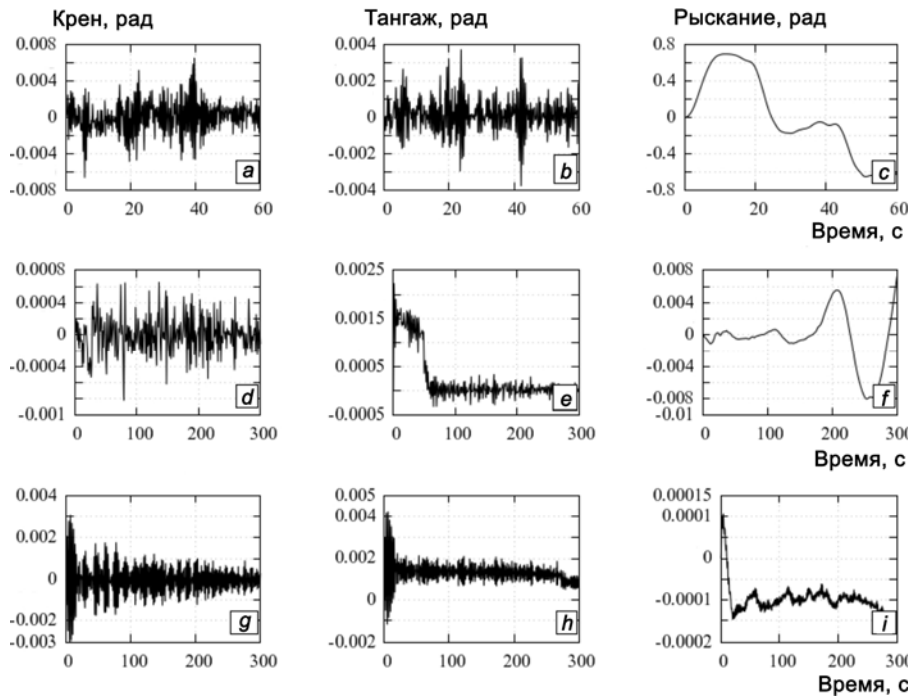


Рис. 9. Крен, тангаж, рыскание судна: *a-c* – легкого АСВП КТ при маневрировании над твердой поверхностью с мелкими неоднородностями; *d-f* – тяжелого АСВП КТ при разгоне над твердой поверхностью с мелкими неоднородностями; *g-i* – тяжелого АСВП КТ при разгоне над волнистой водной поверхностью при поперечном ветре

Fig. 9. Craftroll, pitch, and yaw: *a-c* – light АНСТ when maneuvering on solid surface with small bumps; *d-f* – heavy АНСТ accelerating on solid surface with small bumps; *g-i* – heavy АНСТ accelerating on wavy water with cross wind

Тяжелое АСВП КТ

В этом примере гибкое ограждение имеет прямоугольную форму и состоит из 200 элементов. Ширина ГО 15 м, длина 35 м, высота навесных элементов 1 м. Угол наклона навесных элементов $\theta = 45^\circ$. Ширина навесных элементов – 50 см.

АСВП снабжено четырьмя винтовыми воздушными четырехлопастными движителями с радиусом 1,5 м, расположенными по углам корпуса. Длина хорды лопасти винта 0,5 м, радиус кока 0,35 м, угол крутки $\varphi(r) = 0,08R/r$ рад. Поворот осуществляется поворотом движителей вокруг вертикальной оси.

Аэродинамический коэффициент лобового сопротивления $C_x = 0,4$, аэродинамический коэффициент поперечного сопротивления $C_y = 0,5$.

Для всех вариантов подстилающей поверхности, кроме твердой поверхности с крупными неоднородностями, парение стабильно при расходе горючего на работу компрессоров 324 кг/ч.

Средняя ширина зазора при парении над ровной поверхностью 3,5 см, над ровной водной поверхностью – 7,7 см.

Ниже приведены результаты расчетов разгона на волнующейся воде для различных направлений ветра (встречный и поперечный).

При разгоне по ровной твердой поверхности судно достигает крейсерской скорости 72 км/ч за 60 секунд (рис. 10, *a*). Расход топлива на работу движителей на крейсерской скорости – 72 кг/ч.

Разгон по твердой поверхности с мелкими неоднородностями в целом аналогичен (рис. 10, *c*), за исключением наличия высокочастотных колебаний различных параметров (в т.ч. вертикальных вибраций), связанных с неровностью поверхности (рис. 9, *d, e*).

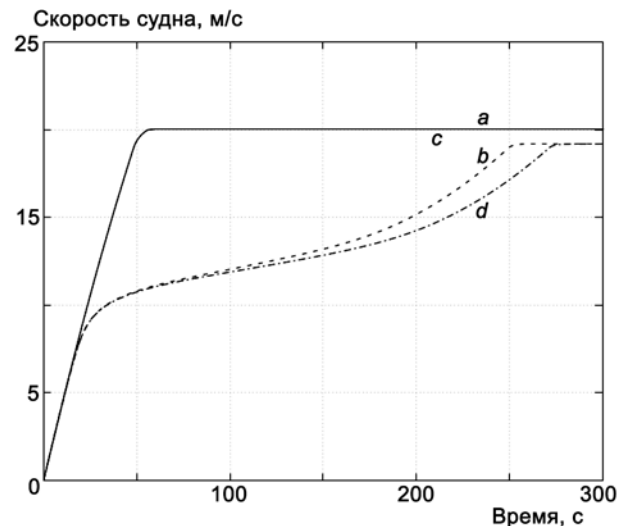


Рис. 10. Скорость тяжелого АСВП КТ при разгоне: *a, b* – по ровной поверхности; *a* – твердой; *b* – водной; *c* – по твердой с мелкими неоднородностями (сливается с *a*); *d* – по волнистой водной при боковом ветре

Fig. 10. Heavy АНСТ velocity during acceleration: *a, b* – on flat surface; *a* – solid; *b* – water; *c* – on solid surface with small bumps (merges with *a*); *d* – on wavy water with cross wind

При разгоне по ровной водной поверхности за 60 секунд судно достигает половины крейсерской скорости и далее постепенно разгоняется до крейсерской в течение 3-4 минут (рис. 10, *b*). При этом вклад гидродинамических компонент сопротивления в суммарное оказывается решающим (рис. 11). Расход топлива в процессе разгона в среднем составляет 612 кг/ч. Расход топлива на крейсерской скорости – 382 кг/ч.



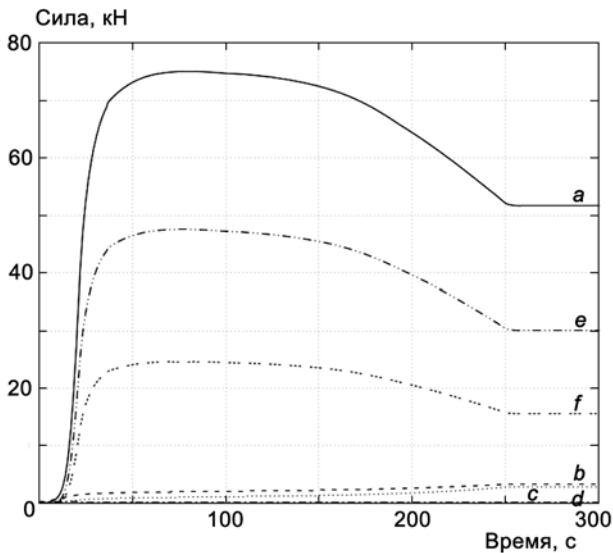


Рис. 11. Сопротивления при разгоне тяжелого АСВП КТ по ровной водной поверхности:
a – суммарное; *b* – импульсное; *c* – профильное;
d – струйное; *e* – волновое; *f* – остаточное

Fig. 11. Resistances during heavy AHCT acceleration on calm water: *a* – total; *b* – impulse; *c* – profile; *d* – stream; *e* – wave; *f* – residual

Примечательно, что в данном примере суммарное сопротивление проходит через максимум при скоростях около 40 км/ч, т.е. для повышения топливной эффективности двигаться АСВП по воде следует либо с малыми скоростями – до 36 км/ч, либо быстрее 54 км/ч.

При разгоне на волнующейся воде возникают колебания характеристик, связанные с неровностью поверхности. Это приводит к значительной тряске (рис. 9, *g*, *h*), однако в остальном слабо влияет на поведение судна (рис. 9 и 10, *d*). При поперечном ветре возникает дрейф, связанный со вкладом профильного сопротивления ветру (поперечная скорость достигает 3,6 км/ч). При встречном ветре возрастает вклад профильной и импульсной компонент сопротивления, и преодоление пика сопротивления оказывается затруднено. В результате разгон до крейсерской скорости занимает 16 минут, а расход топлива на крейсерской скорости возрастает до 418 кг/ч.

Рассматривались сценарии маневрирования над гладкими водной и твердой поверхностями, над поверхностью с крупными неоднородностями и над волнующейся водой при попутном ветре 2,5 м/с. Траектория движения для всех подстилающих поверхностей приблизительно одинакова. Типичный образец приведен на рис. 12.

Видно, насколько АСВП инерционно: поворот происходит на расстоянии порядка 5 км, при поворотах скорость судна снижается мало, для выполнения поворота АСВП долгое время должно двигаться под углом к курсу порядка 45°. При маневрировании над твердой поверхностью скорость судна варьируется в диапазоне от 70 до 73 км/ч, а над водой – от 68 до 69 км/ч.

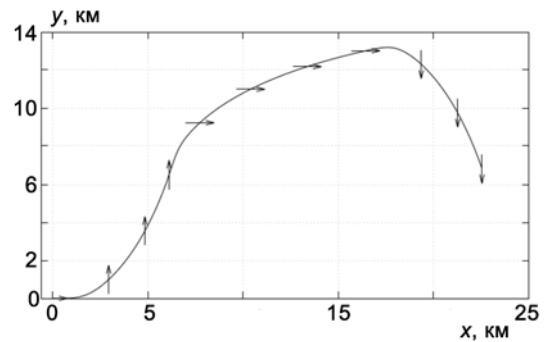


Рис. 12. Траектория движения тяжелого АСВП КТ при маневрировании на ровной твердой поверхности. Стрелками обозначена ориентация судна

Fig. 12. Heavy AHCT trajectory when maneuvering on flat solid surface. Arrows show craft orientation

В ряде случаев при более резких поворотах моделировалась аварийная ситуация – переворот АСВП.

Инновационное АСВП для российского севера

В соответствии с приведенным выше анализом перспективна разработка АСВП инновационной конструкции, содержащего частично разгруженные колесные контактные движители для движения по твердой поверхности, конические элементы ГО для формирования воздушной подушки и гребные колеса новой конструкции для движения по воде и болотистой местности.

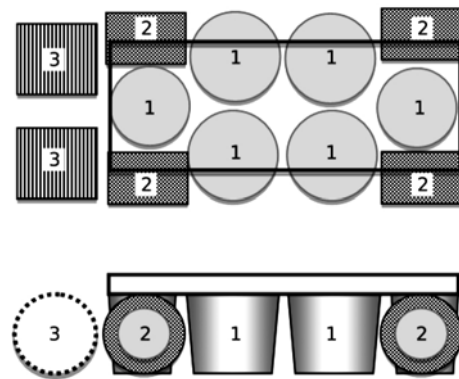


Рис. 13. Пример схемы ходовой части инновационного АСВП: 1 – конические элементы ГО; 2 – контактные колесные движители; 3 – гребные колеса
Fig. 13. Example scheme of innovative AH chassis: 1 – conical flexible fences; 2 – contact wheels; 3 – paddle wheels

На рис. 13-17 для такого инновационного АСВП представлены некоторые результаты вычислений по комплексной модели. Масса АСВП 50200 кг, аэродинамические коэффициенты по осям *x* и *y* – 0,4 и 0,5. Основные характеристики ходовой части: ширина и диаметр гребных колес 4 м, момент инерции 0,0146 кг·м². Для обычных колес диаметр 4 м. Момент инерции 7200 кг·м². Коэффициент реакции поверхности 10⁷ Н/м. Коэффициент трения поверхно-



сти 1. Коэффициент вязкого трения вращения в колесах 1 с^{-1} . Коэффициент амортизации $2500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$. Коэффициент жесткости пружины амортизатора $250000 \text{ Н}/\text{м}$. Масса колеса 2000 кг . Коэффициент передачи с двигателя колеса на само колесо 25. Диаметр нижнего торца большого конического элемента ГО $6,04 \text{ м}$, малого – $4,2 \text{ м}$.

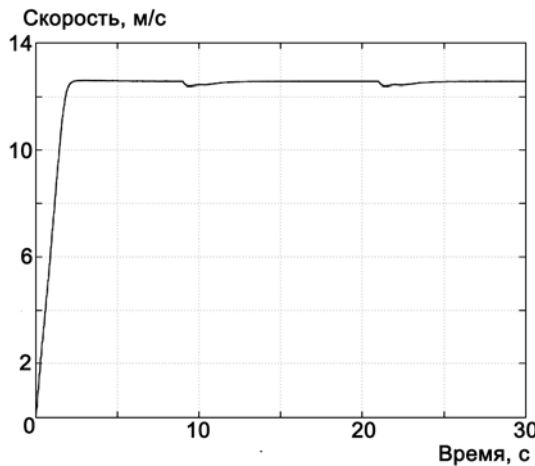


Рис. 14. Скорость инновационного АСВП при маневрировании на твердой поверхности
Fig. 14. Innovative AH velocity when maneuvering on solid surface

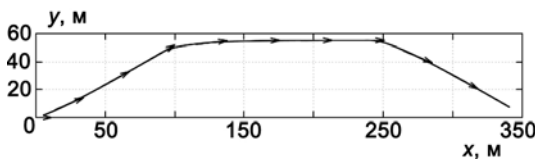


Рис. 15. Траектория движения инновационного АСВП при маневрировании на твердой поверхности
Fig. 15. Innovative AH trajectory when maneuvering on solid surface

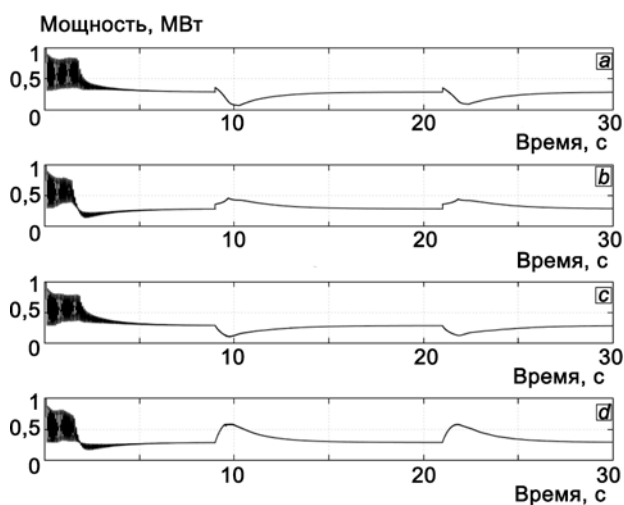


Рис. 16. Мощность на валах колес: а – переднего правого; b – переднего левого; с – заднего правого; d – заднего левого
Fig. 16. Power on wheel axis:
a – front right; b – front left; c – rear right; d – rear left

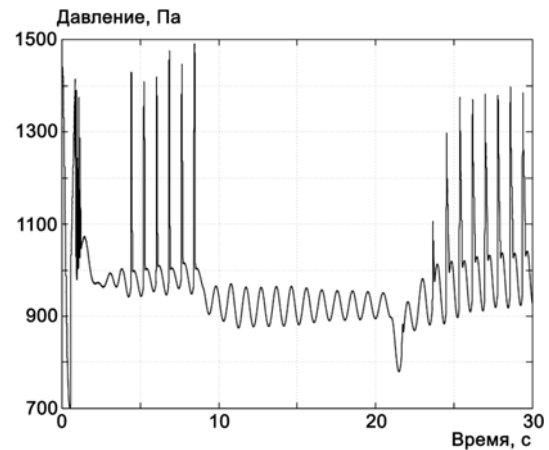


Рис. 17. Давление в переднем правом элементе ГО
Fig. 17. Pressure in front right fence cone

На твердой поверхности при скорости $45\text{--}47 \text{ км}/\text{ч}$ поворот происходит на расстоянии порядка 20 м , как у автомобиля. Бертоновские конусы создают 120 кН подъемной силы, колесные контактные движители – 360 кН , при этом избыточное давление в ГО составляет порядка 1 кПа , т.е. 1% от атмосферного. САУ задвижки существенно сокращает колебания ГО и АСВП в целом, вертикальные колебания амплитудой 5 мм , частотой 1 Гц . Расход горючего двигателей колесных контактных движителей составляет $230,4 \text{ кг}/\text{ч}$.

Хорошая управляемость такого АСВП продемонстрирована также на других траекториях и формах твердых поверхностей, в т.ч. гладких с уклонами, с малоразмерными и крупными неоднородностями.

Расчеты показали, что при необходимости (например, при движении по летней тундре) давление легко может быть повышено, по крайней мере, в 3 раза, при этом давление на грунт ниже допустимого с экологической точки зрения, а остаточная сила на разгруженные колеса остается достаточной для движения АСВП, правда, с несколько меньшей скоростью.

Моделировался наезд АСВП на крупномасштабное препятствие (аналоги торосов, валуна, берегового уступа и др.). Очевидно, локальные зазоры резко увеличиваются, и поддерживающее давление в соответствующих элементах воздушной подушки спадает. Однако во многих случаях АСВП проходит препятствия высотой порядка метра из-за автоматического перераспределения поддерживающих сил от колесных движителей (сжатие пружинных элементов) и от не контактирующих с препятствием автономных конических элементов гибкого ограждения (уменьшение зазоров и рост давления в элементах воздушной подушки).

Некоторые результаты расчетов движения АСВП по воде показаны на рис. 18 для примера разгона по гладкой воде от средних скоростей к высоким.



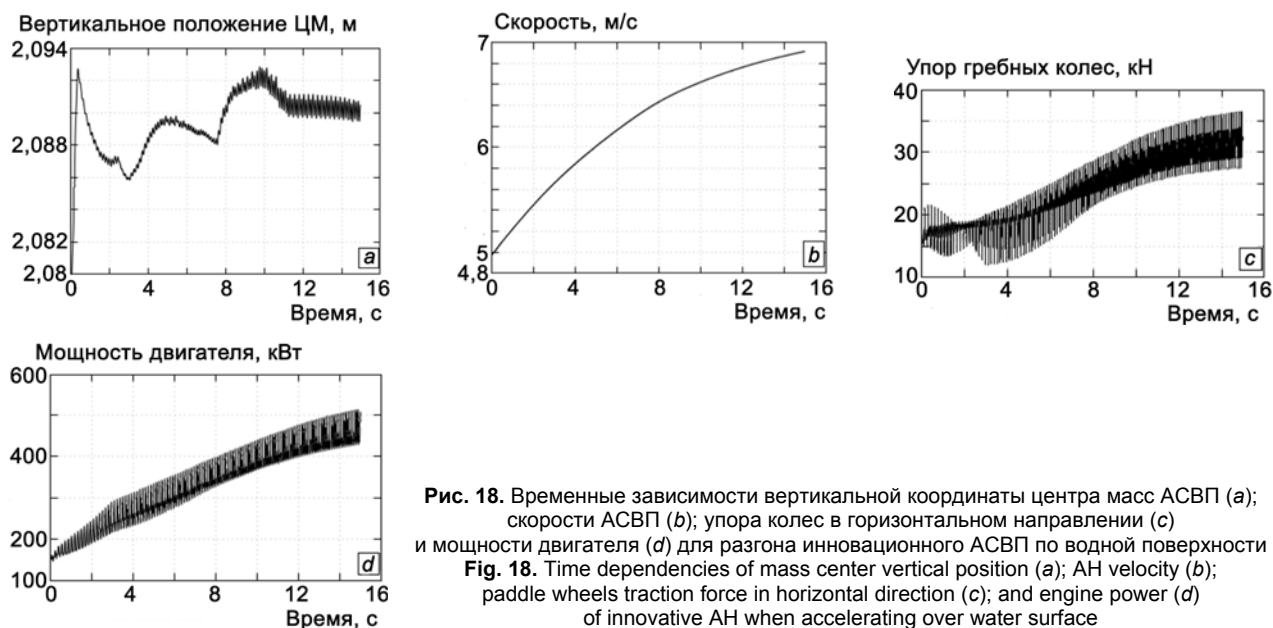


Рис. 18. Временные зависимости вертикальной координаты центра масс АСВП (а); скорости АСВП (b); упора колес в горизонтальном направлении (с) и мощности двигателя (d) для разгона инновационного АСВП по водной поверхности
Fig. 18. Time dependencies of mass center vertical position (a); AH velocity (b); paddle wheels traction force in horizontal direction (c); and engine power (d) of innovative AH when accelerating over water surface

Видно, что АСВП разгоняется за несколько секунд, средний упор гребных колес плавно растет с увеличением скорости и связанных с этим сопротивлений, при этом КПД примерно постоянен (около 50%). Несмотря на значительные выбросы во временных зависимостях сил при гребках, центр масс вибрирует незначительно.

Таким образом, описанная инновационная конструкция АСВП обеспечивает энергетически эффективное движение как по твердой, так и по водной поверхности и позволяет преодолевать крупные препятствия. По указанным характеристикам, существенным для транспортных средств российского севера, она намного превосходит АСВП классического типа, при этом также выполняются жесткие экологические требования.

Заключение

Из анализа природных, экологических и социально-экономических условий применения транспортных средств на Крайнем Севере следует перспективность разработки амфибийных судов на воздушной подушке (АСВП). Разработан математический аппарат для концептуального проектирования как АСВП классического типа, так и АСВП, содержащих инновационные технические решения: гибкое ограждение, состоящее из отдельных конусов, колесные контактные движители и новые, высокоэффективные гребные колеса с высоким тяговым КПД как на малых, так и на высоких скоростях (до 45 км/ч). Для условий севера показана целесообразность разработки инновационного АСВП.

Список литературы

1. Чеботаев А.А., Мельник А.Д. Безвредные транспортные средства для Севера. Сб. материалов Всесоюзной научно-практической конф. 23–26 октября 1990 г. «Научно-технический прогресс и перспективы развития новых специализированных видов транспорта». М.: ВНИИПК техоргнефтегазстроа, 1990. Т. 2. С. 115-125.

References

1. Šebotaev A.A., Mel'nik A.D. Bezvrednye transportnye sredstva dlâ Severa. Sb. materialov Vsesoûznoj naučno-praktičeskoj konf. 23–26 oktâbrâ 1990 g. «Naučno-tehničeskij progress i perspektivy razvitiâ novyh specializirovannyh vidov transporta». M.: VNIIPK tehorgneftegazstroâ, 1990. T. 2. S. 115-125.

2. Попов С.Д. Фундаментальные проблемы развития внутреннего транспорта малонаселенных регионов России и пути ее решения на основе развития высококомобильных автомобильных транспортных комплексов (на примере Архангельской области). Сб. статей по итогам Межд. научно-практической конференции «Экономика, проектный менеджмент, образование, юриспруденция, экология, медицина, социология, философия, филология, психология, техника, математика: состояние и перспективы развития». СПб: КультИнформПресс, 2013. С. 110-117.

3. Попов С.Д., Чувашев С.Н. Проектирование и комплексное математическое моделирование судна на воздушной подушке для регионов Севера, Сибири и Арктического континентального шельфа // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 3 (15). С. 9.

4. Belousov B.N. Heavy-duty wheeled vehicles: Design, theory, calculations. Heavy-duty wheeled vehicles, Warrendale, Pennsylvania, USA: SAE International, 2014, 553 p.

5. Попов С.Д. Некоторые проблемы создания амфибийных транспортных систем, предназначенных для решения транспортных задач и освоения труднодоступных регионов Севера и Сибири, а также на Арктическом шельфе. Материалы за 9-а межд. научно-практична конференция Achievement of high school, София «Бял ГРАД-Ъ» ООД, 2013, Т. 45, С. 104.

6. Попов С.Д., Чувашев С.Н. Разработка технологии выбора несущего комплекса для транспортных средств на воздушной подушке (ТСВП), предназначенных для эксплуатации на Севере и в Сибири. Сб. статей Межд. научно-практ. конференции «Инновационное развитие современной науки» / ред. А.А. Сукиасян, Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. Т. 3. С. 287-295.

7. Попов С.Д., Чувашев С.Н. Разработка технологии математического моделирования некоторых опасных ситуаций при эксплуатации ТСВП, предназначенных для эксплуатации на Севере и в Сибири. Сб. статей Межд. научно-практ. конференции «Инновационное развитие современной науки» / ред. А.А. Сукиасян, Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. Т. 3. С. 300-306/366.

8. Попов С.Д., Чувашев С.Н. Разработка технологии выбора движительных комплексов повышенной эффективности для ТСВП, предназначенных для эксплуатации на Севере и в Сибири. Сб. статей Межд. научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки» / ред. А.А. Сукиасян, Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. Т. 3. С. 296-230/366.

9. Попов С.Д., Долотов К.В., Овсянников Б.В. Отработка технологий исследований составных частей и моделей ТСВП, предназначенных для эксплуатации на Севере и в Сибири. Сб. статей Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки» / ред. А.А. Сукиасян, Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. Т. 3. С. 281-286/366.

2. Popov S.D. Fundamental'nye problemy razvitiâ vnutrennego transporta malonaselennyh regionov Rossii i puti ee rešeniâ na osnove razvitiâ vysokomobil'nyh avtomobil'nyh transportnyh kompleksov (na primere Arhangel'skoj oblasti). Sb. statej po itogam Mežd. naučno-praktičeskoj konferencii «Ėkonomika, proektnyj menedžment, obrazovanie, ũrisprudenciâ, ėkologiâ, medicina, sociologiâ, filosofiâ, filologiâ, psihologiâ, tehnika, matematika: sostoânie i perspektivy razvitiâ». SPb: Kul'tInformPress, 2013. S. 110-117.

3. Popov S.D., Čuvašev S.N. Proektirovanie i kompleksnoe matematičeskoe modelirovanie sudna na vozdušnoj poduške dlâ regionov Severa, Sibiri i Arktičeskogo kontinental'nogo šel'fa // Inženernyj žurnal: nauka i innovacii. 2013. № 3 (15). S. 9.

4. Belousov B.N. Heavy-duty wheeled vehicles: Design, theory, calculations. Heavy-duty wheeled vehicles, Warrendale, Pennsylvania, USA: SAE International, 2014, 553 p.

5. Popov S.D. Nekotorye problemy sozdaniâ amfibijnyh transportnyh sistem, prednaznačennyh dlâ rešeniâ transportnyh zadač i osvoeniâ trudnodostupnyh regionov Severa i Sibiri, a takže na Arktičeskom šel'fe. Materiali za 9-a meždunarodna naučno-praktična konferenciâ Achievement of high school, Sofiâ «Bâl GRAD-Y» OOD, 2013, T. 45, S. 104.

6. Popov S.D., Čuvašev S.N. Razrabotka tehnologii vybora nesušego kompleksa dlâ transportnyh sredstv na vozdušnoj poduške (TSVP), prednaznačennyh dlâ ėkspluatácii na Severe i v Sibiri. Sb. statej Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki» / red. A.A. Sukiasân, Ufa: RIC BašGU, 2014. T. 3. S. 287-295.

7. Popov S.D., Čuvašev S.N. Razrabotka tehnologii matematičeskogo modelirovaniâ nekotoryh opasnyh situacij pri ėkspluatácii TSVP, prednaznačennyh dlâ ėkspluatácii na Severe i v Sibiri. Sb. statej Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki» / red. A.A. Sukiasân, Ufa: RIC BašGU, 2014. T. 3. S. 300-306/366.

8. Popov S.D., Čuvašev S.N. Razrabotka tehnologii vybora dvižitel'nyh kompleksov povyšenoj ėfektivnosti dlâ TSVP, prednaznačennyh dlâ ėkspluatácii na Severe i v Sibiri. Sb. statej Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki» / red. A.A. Sukiasân, Ufa: RIC BašGU, 2014. T. 3. S. 296-230/366.

9. Popov S.D., Dolotov K.V., Ovsânnikov B.V. Otrabotka tehnologij issledovanij sostavnyh častej i modelej TSVP, prednaznačennyh dlâ ėkspluatácii na Severe i v Sibiri. Sb. statej Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki» / red. A.A. Sukiasân, Ufa: RIC BašGU, 2014. T. 3. S. 281-286/366.



10. Попов С.Д., Дубин А.Е. Амфибийные транспортные средства с гибридным опорно-ходовым комплексом // Русский инженер-транспортник (авиация, автомобили, спецтехника). 2014. С. 36-37.

11. Чувашева Е.С., Чувашев С.Н., Зорина И.Г. Комплексная математическая модель для концептуального проектирования высокоскоростных летательных аппаратов // Информационные технологии. 2012. № 11(195). С. 10-14.

12. Чувашева Е.С., Чувашев С.Н. Выбор рациональных характеристик высокоскоростных летательных аппаратов разных масштабов на основе комплексной математической модели // Информационные технологии. 2013. № 8. С. 12-16.

13. Демешко Г.Ф. Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке. Книга 2. СПб.: Судостроение. 1992.

14. Gravdahl J.T., Egeland O., Vatland S.O. Drive torque actuation in active surge control of centrifugal compressors // Automatica. 2002. Vol. 38, № 11. P. 1881-1893.

15. Hindmarsh A. The PVODE and IDA algorithms, Technical Report UCRL-ID-141558, LLNL, 2000.

16. Демешко Г.Ф. Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке Книга 1. СПб.: Судостроение, 1992.

17. Прохоров А.М. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983.

18. Справочник по теории корабля. Т. 3. Управление водоизмещающих судов. / ред. Я.И. Войткунский. Л.: Судостроение, 1985.

19. Mantle P.J. Air cushion craft development, first revision, David W Taylor Naval Ship Research and Development Center Bethesda MD, 1980.

20. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Высшая школа, 1972.

21. Турбины тепловых и атомных электрических станций / ред. А.Г. Костюк, В.В. Фролов. М.: МЭИ, 2001.

22. Boyce M.P. Gas turbine engineering handbook, Amsterdam; Boston: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2012, 956 p.

23. Moroz L., Govorushchenko Y., Pagur P. et al. A uniform approach to conceptual design of axial turbine/compressor flow path. Future of gas turbine technology, 3rd International conference 11-12 October 2006.

24. Kikstra J.F., Verkooijen A.H.M. Dynamic modeling of a cogenerating nuclear gas turbine plant - Part i: Modeling and validation // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2002. Vol. 124. Dynamic modeling of a cogenerating nuclear gas turbine plant - Part i, № 3. P. 725-733.

25. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Т. 1. М.: Физматгиз, 1991.

26. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Т. 2. М.: Физматгиз, 1991.

27. Черный Г.Г. Газовая динамика, М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.

10. Popov S.D., Dubin A.E. Amfibijnyje transportnye sredstva s gibridnym oporno-hodovym kompleksom // Russkij inžener-transportnik (aviaciâ, avtomobili, spectehnika). 2014. S. 36-37.

11. Čuvaševa E.S., Čuvašev S.N., Zorina I.G. Kompleksnaâ matematičeskaâ model' dlâ konceptual'nogo proektirovaniâ vysokoskorostnyh letatel'nyh apparatov // Informacionnye tehnologii. 2012. № 11(195). S. 10-14.

12. Čuvaševa E.S., Čuvašev S.N. Vybor racional'nyh harakteristik vysokoskorostnyh letatel'nyh apparatov raznyh masštabov na osnove kompleksnoj matematičeskoj modeli // Informacionnye tehnologii. 2013. № 8. S. 12-16.

13. Demeško G.F. Proektirovanie sudov. Amfibijnye suda na vozdušnoj poduške. Kniga 2. SPb.: Sudostroenie. 1992.

14. Gravdahl J.T., Egeland O., Vatland S.O. Drive torque actuation in active surge control of centrifugal compressors // Automatica. 2002. Vol. 38, № 11. P. 1881-1893.

15. Hindmarsh A. The PVODE and IDA algorithms, Technical Report UCRL-ID-141558, LLNL, 2000.

16. Demeško G.F. Proektirovanie sudov. Amfibijnye suda na vozdušnoj poduške Kniga 1. SPb.: Sudostroenie, 1992.

17. Prohorov A.M. Fizičeskij ènciklopedičeskij slovar'. M.: Sovetskaâ ènciklopediâ, 1983.

18. Spravočnik po teorii korablâ. T. 3. Upravlâemost' vodoizmešaûših sudov. / red. Â.I. Vojtkunskij. L.: Sudostroenie, 1985.

19. Mantle P.J. Air cushion craft development, first revision, David W Taylor Naval Ship Research and Development Center Bethesda MD, 1980.

20. Šerstûk A.N. Nasosy, ventilatory, kompressory. M.: Vyssšâ škola, 1972.

21. Turbiny teplovyh i atomnyh èlektričeskijh stancij / red. A.G. Kostûk, V.V. Frolov. M.: MÈI, 2001.

22. Boyce M.P. Gas turbine engineering handbook, Amsterdam; Boston: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2012, 956 p.

23. Moroz L., Govorushchenko Y., Pagur P. et al. A uniform approach to conceptual design of axial turbine/compressor flow path. Future of gas turbine technology, 3rd International conference 11-12 October 2006.

24. Kikstra J.F., Verkooijen A.H.M. Dynamic modeling of a cogenerating nuclear gas turbine plant - Part i: Modeling and validation // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2002. Vol. 124. Dynamic modeling of a cogenerating nuclear gas turbine plant - Part i, № 3. P. 725-733.

25. Abramovič G.N. Prikladnaâ gazovaâ dinamika. T. 1. M.: Fizmatgiz, 1991.

26. Abramovič G.N. Prikladnaâ gazovaâ dinamika. T. 2. M.: Fizmatgiz, 1991.

27. Černyj G.G. Gazovaâ dinamika, M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1988.



28. Ainley D., Mathieson G., Ministry of Supply A.R.C. An examination of the flow and pressure losses in blade rows of axial-flow turbines: ARC technical report, H.M. Stationery Office, 1951.

29. Benner M.W., Sjolander S.A., Moustapha S.H. Influence of leading-edge geometry on profile losses in turbines at off-design incidence: Experimental results and an improved correlation // Journal of Turbomachinery, 1997, Vol. 119, Influence of leading-edge geometry on profile losses in turbines at off-design incidence, № 2. P. 193-200.

30. Александров В.Л. Воздушные винты. М.: Оборонгиз, 1951.

31. Кравец А.С. Характеристики воздушных винтов. М.: Оборонгиз, 1941.

32. Ветчинкин В.П., Поляков Н.Н. Теория и расчет воздушного гребного винта. М.: Оборонгиз, 1940.

33. Шайдаков В.И., Маслов А.Д. Аэродинамическое проектирование лопастей воздушного винта. М.: МАИ, 1995.

34. Шайдаков В.И. Аэродинамический расчет вертолета. М.: МАИ, 1988.

35. Юрьев Б.Н. Аэродинамический расчет вертолета. М.: Оборонгиз, 1956.

36. Sparenberg J.A. Hydrodynamic propulsion and its optimization: Analytic theory: Fluid mechanics and its applications. Vol. 27. Hydrodynamic propulsion and its optimization, Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995, 368 p.

37. Larrabee E.E. The screw propeller // Scientific American. 1980. Vol. 243. P. 134.

38. Hughes M.J. Analysis of multi-component ducted propulsors in unsteady flow: PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1993.

39. Ardito Marretta R., Davi G., Lombardi G. et al. Hybrid numerical technique for evaluating wing aerodynamic loading with propeller interference // Computers & Fluids. 1999. Vol. 28, № 8. P. 923-950.

40. Molland A.F. The maritime engineering reference book a guide to ship design, construction and operation, Amsterdam; Boston; London: Butterworth-Heinemann, 2008.

41. Остославский И.В., Халезов Д.В. Характеристики винтовых профилей типа Кларк-У // Технические заметки ЦАГИ. 1937. № 154.

42. Кашафутдинов С.Т., Лушин В.Н. Атлас аэродинамических характеристик крыловых профилей, Новосибирск: СибНИА, 1994.

43. Denery T. Multi-domain modeling of the dynamics of a hovercraft for controller development // AIAA modeling and simulation technologies conference and exhibit: Guidance, navigation, and control and co-located conferences, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2005.

44. Прохоров А.М. Физическая энциклопедия. Т. 5, М.: Большая Российская энциклопедия, 1998.

28. Ainley D., Mathieson G., Ministry of Supply A.R.C. An examination of the flow and pressure losses in blade rows of axial-flow turbines: ARC technical report, H.M. Stationery Office, 1951.

29. Benner M.W., Sjolander S.A., Moustapha S.H. Influence of leading-edge geometry on profile losses in turbines at off-design incidence: Experimental results and an improved correlation // Journal of Turbomachinery, 1997, Vol. 119, Influence of leading-edge geometry on profile losses in turbines at off-design incidence, № 2. P. 193-200.

30. Aleksandrov V.L. Vozdušnye vinty. M.: Oborongiz, 1951.

31. Kravec A.S. Harakteristiki vozdušnyh vintov. M.: Oborongiz, 1941.

32. Vetčinkin V.P., Polákov N.N. Teoriâ i rasčet vozdušnogo grebnogo vinta. M.: Oborongiz, 1940.

33. Šajdakov V.I., Maslov A.D. Aërodinamičeskoe proektirovanie lopastej vozdušnogo vinta. M.: MAI, 1995.

34. Šajdakov V.I. Aërodinamičeskij rasčet vertoleta. M.: MAI, 1988.

35. Ūr'ev B.N. Aërodinamičeskij rasčet vertoleta. M.: Oborongiz, 1956.

36. Sparenberg J.A. Hydrodynamic propulsion and its optimization: Analytic theory: Fluid mechanics and its applications. Vol. 27. Hydrodynamic propulsion and its optimization, Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995, 368 p.

37. Larrabee E.E. The screw propeller // Scientific American. 1980. Vol. 243. P. 134.

38. Hughes M.J. Analysis of multi-component ducted propulsors in unsteady flow: PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1993.

39. Ardito Marretta R., Davi G., Lombardi G. et al. Hybrid numerical technique for evaluating wing aerodynamic loading with propeller interference // Computers & Fluids. 1999. Vol. 28, № 8. P. 923-950.

40. Molland A.F. The maritime engineering reference book a guide to ship design, construction and operation, Amsterdam; Boston; London: Butterworth-Heinemann, 2008.

41. Ostoslavskij I.V., Halezov D.V. Harakteristiki vintovyh profilej tipa Klark-U // Tehničeskie zametki CAGI. 1937. № 154.

42. Kašafutdinov S.T., Lušin V.N. Atlas aërodinamičeskikh harakteristik krylovyh profilej, Novosibirsk: SibNIA, 1994.

43. Denery T. Multi-domain modeling of the dynamics of a hovercraft for controller development // AIAA modeling and simulation technologies conference and exhibit: Guidance, navigation, and control and co-located conferences, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2005.

44. Prohorov A.M. Fizičeskaâ ènciklopediâ. T. 5, M.: Bol'saâ Rossijskaâ ènciklopediâ, 1998.



45. Кошкин Н.И. Механика. Динамика вращательного движения / Элементарная физика: Справочник. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. С. 32.

46. Witkin A. Physically based modeling: Principles and practice – constrained dynamics // COMPUTER GRAPHICS. 1997. Physically based modeling. P. 11-21.

47. Якимов Н.М., Чувашев С.Н. Программное средство для комплексного математического моделирования сложных технических объектов // Информационные технологии. 2014. № 11. С. 23-30.

48. Cohen S.D., Hindmarsh A.C. CVODE, a stiff/nonstiff ODE solver in c // Computers in physics. 1996. Vol. 10, № 2. P. 138-143.

49. Pierson W.J., Moskowitz L. A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S.A. Kitaigorodskii // Journal of Geophysical Research. 1964. Vol. 69, № 24. P. 5181-5190.

45. Koškin N.I. Mehanika. Dinamika vrašatel'nogo dviženâ / Èlementarnaâ fizika: Spravočnik. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1991. S. 32.

46. Witkin A. Physically based modeling: Principles and practice – constrained dynamics // COMPUTER GRAPHICS. 1997. Physically based modeling. P. 11-21.

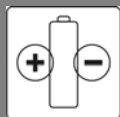
47. Ākimov N.M., Čuvašev S.N. Programmnoe sredstvo dlâ kompleksnogo matematičeskogo modelirovaniâ složnyh tehničeskih ob"ektov // Informacionnye tehnologii. 2014. № 11. S. 23-30.

48. Cohen S.D., Hindmarsh A.C. CVODE, a stiff/nonstiff ODE solver in c // Computers in physics. 1996. Vol. 10, № 2. P. 138-143.

49. Pierson W.J., Moskowitz L. A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S.A. Kitaigorodskii // Journal of Geophysical Research. 1964. Vol. 69, № 24. P. 5181-5190.

Транслитерация по ISO 9:1995



**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК
ПОЛИАНИЛИН-П-ТОЛУОЛСУЛЬФОКИСЛОТА
В ЛИТИЕВОМ АПРОТОННОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ***Л.И. Ткаченко, Г.В. Николаева, Н.Н. Дремова, О.Н. Ефимов*Институт проблем химической физики РАН
142432 Московская область, Черноголовка, пр. Акад. Семенова, д. 1
Тел.: +7(49652) 2-11-57, e-mail: efimov@icp.ac.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Предложен способ получения электродного материала на основе полианилина (ПАни), допированного п-толуолсульфокислотой (ПТСК) – **ПАни-(ПТСК)_{0,5}** – смешением растворов эмералдин основания (ЭО) и ПТСК в муравьиной кислоте в отношении 1 моль ПТСК на 2 мономерных звена в полимерной цепи полианилина. Электрохимические свойства пленки ПАни-ПТСК, политой на Ni подложку, исследованы методами циклической вольтамперометрии (ЦВА) и снятия зарядно-разрядных кривых в 1 М LiClO₄ в пропиленкарбонате. Было показано, что введение допанта ПТСК приводит к быстрому достижению стационарного состояния ЦВА и значительно увеличивает емкость ПАни-ПТСК электрода в апротонном литиевом электролите. При увеличении тока заряда-разряда от 1 А/г до 10 А/г емкость меняется незначительно от 260 Ф/г до 244 Ф/г соответственно. Влияние п-толуолсульфокислоты в ПАни как допанта, введенного на стадии формирования полимерной матрицы, на морфологию, кристалличность и проводимость ПАни-(ПТСК)_{0,5} было исследовано методами ИК спектроскопии, рентгеноструктурного анализа, сканирующей электронной микроскопии.

Ключевые слова: проводящий полимер, полианилин, ароматические анионы, литиевый апротонный электролит, емкость.

**ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF P-TOLUENESULPHONIC
ACID-DOPED POLYANILINE FILMS IN Li APROTIC ELECTROLYTE***L.I. Tkachenko, G.V. Nikolaeva, N.N. Dremova, O.N. Efimov*Institute of Problems of Chemical Physics RAS
1 Acad. Semenov ave., Chernogolovka, Moscow reg., 142432, Russia
Tel./fax: +7(49652) 2-11-57, e-mail: efimov@icp.ac.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

The method for preparation of the electrode material based on polyaniline (PAni) doped by p-toluenesulfonic acid (PTSA) has been developed. **PAni-(PTSA)_{0,5}** was prepared by mixing solutions of emeraldine base (EB) and PTSA in formic acid at a 1 mol of PTSA to 2 monomer units ratio in the polyaniline chain. Electrochemical properties of the PAni-PTSA film casted onto a Ni support have been studied using cyclic voltammetry (CVA) and charge-discharge curves in 1M LiClO₄ in propylene carbonate. It has been shown that the insertion of PTSA provides quickly attained steady state of CVA and enhances noticeably capacity of the PAni-PTSA electrode in aprotic Li electrolyte. If charge-discharge current is increased from 1 A/g to 10 A/g, capacity changes insignificantly from 260 F/g to 244 F/g, respectively. The effect of PTSA embedded in PAni as dopant at a stage of the formation of a polymer matrix on morphology, crystallinity, and conductivity of PAni-(PTSA)_{0,5} was studied by IR spectroscopy, X-ray analysis, and scanning electron microscopy.

Keywords: conducting polymer, polyaniline, para-toluenesulphonic acid, Li aprotic electrolyte, capacitance.





Людмила Ивановна
Ткаченко
Ljudmila I. Tkachenko

Сведения об авторе: канд. хим. наук, научный сотрудник ИПХФ РАН.
Образование: МГУ им. Ломоносова, химический факультет (1974).
Область научных интересов: синтез и электрохимия проводящих полимеров (полиацетилен, полианилин). Синтез композитных материалов на основе проводящих полимеров и наноуглеродных материалов (нанотрубки, оксид графена и восстановленный оксид графена).
Публикации: 45.

Information about the author: PhD, senior researcher, IPCP RAS.
Education: Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry (1974).
Research area: syntheses and electrochemistry of conducting polymers (polyacetylene, polyaniline). Synthesis of composites of conducting polymers with nanocarbon materials (carbon nanotubes, graphene oxide and reduced graphene oxide).
Publications: 45.



Олег Николаевич
Ефимов
Oleg N. Efimov

Сведения об авторе: канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник ИПХФ РАН.
Образование: РХТУ им. Менделеева, инженерный физико-химический факультет.
Область научных интересов: композиты проводящих полимеров с наноуглеродными материалами, электродные материалы и электролиты для литиевых аккумуляторов, суперконденсаторов, сенсоров, электрохромных устройств; электрокатализ.
Публикации: 150.

Information about the author: PhD, leading researcher, IPCP RAS.
Education: D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Faculty of Physical Chemical Engineering.
Research area: composites of conducting polymers with nanocarbon materials; electrode materials for lithium batteries, supercapacitors, electrochemical sensors, electrochromic devices; electrocatalysis.
Publications: 150.

Введение

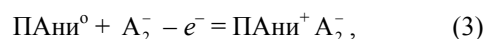
Среди проводящих полимеров ПАни продолжает привлекать очень большое внимание исследователей благодаря простому синтезу из доступных соединений, стабильности на воздухе, контролируемой электрической проводимости при обратимом электрохимическом и протонном допировании [1], электрохимическим и электрохромным свойствам, полезным для создания источников тока (аккумуляторов, суперконденсаторов), «умных стекол» и электрохимических сенсоров [2, 3]. Во всех этих применениях первостепенную важность имеют подвижность ионов внутри ПАни пленок и ионообменные процессы между полимерными пленками и электролитом. Подвижность анионов в полимерной матрице зависит как от плотности упаковки цепей полимера, так и от взаимодействия между цепями проводящего полимера и анионами. Редокс-емкость также зависит от уровня допирования и обратимости электрохимических превращений при циклировании.

В последние 10 лет увеличивается интерес к электродным материалам для суперконденсаторов и аккумуляторов. Значительное улучшение электрохимических свойств ПАни было достигнуто введением в ПАни высокопроводящих наноуглеродных структур: углеродных нанотрубок, оксида графена и восстановленного оксида графена [4-8]. ПАни вносит вклад как в увеличение двойнослойной емкости, так и в псевдоемкость таких композитных материалов

(фарадеевские редокс-реакции). Другим перспективным направлением является наноструктурирование полимерной матрицы ПАни введением на стадии ее формирования объемных анионов [9], например ароматических сульфонатов, с последующим редопированием – ионообменным процессом, в котором исходные анионы замещаются менее объемными анионами из электролита. Обмен анионами может происходить двумя путями: первый – как самообмен, который может быть описан упрощенным уравнением



И второй – электрохимическое восстановление полимера, способствующее выходу анионов из пленки, за которым следует электрохимическое реокисление в растворе, содержащем другой анион:



где ПАни – недопированный (восстановленный или нейтральный) полимер.

До сих пор *in situ* полимеризация – один из наиболее важных методов, используемый для введения допанта в ПАни. Органические и неорганические кислотные допанты, такие как HCl, H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄, HClO₄, уксусная, муравьиная, камфоросульфоновая, *p*-толуолсульфоновая кислоты, могут быть использованы в методе получения наноструктуриро-

ванного полимера. Принято, что структура допанта в определяющей степени воздействует на молекулярную структуру, морфологию и физические свойства проводящих ПАни полимеров. Эффект допанта на морфологию допированного ПАни исследован достаточно широко. В работе [10] показано, что ПАни, полученный полимеризацией анилина с большим допант-анионом, таким как бензолсульфоновая кислота, обладает более открытой структурой полимерной матрицы, которая ускоряет ионный обмен на внутренних катион-радикальных местах ПАни, что ведет к большой ионообменной емкости с анионами Cl^- , NO_3^- , ClO_4^- . Полипиррольные пленки, допированные ароматическими сульфонатами, имеют относительно высокую проводимость и высокую степень допирования [11], но из-за низкой подвижности этих анионов в полимерных пленках редокс-емкость в водных растворах натриевых солей ароматических сульфонов с анионами, аналогичными анионам в пленках, невысока. Циклические вольтамперограммы свидетельствуют, что подвижность анионов в пленке подавлена и изменение окислительного состояния пленки при редокс-реакции компенсируется катионами из электролита (*n*-тип допирования). Но в следующей работе [12] исследователям удалось сочетать полезные свойства полипиррольных пленок, полученных в присутствии ароматических сульфонов, с более высокой подвижностью малых неорганических анионов при ионном обмене в процессе редопирования. Было установлено, что анионы Cl^- , NO_3^- , ClO_4^- в водных средах относительно легко замещают существенную часть сульфонатных анионов в пленке и редокс-емкость редопированных пленок значительно выше (в 2 раза) емкости пленки перед ионным обменом. Это может быть обусловлено так называемой «морфологической памятью», которая означает сохранение исходного строения полимерной матрицы, формирующейся в процессе полимеризации *in situ*. При редопировании малые анионы занимают большие свободные объемы после выхода исходного допанта и имеют более высокую подвижность и обеспечивают более высокую емкость.

Морфологические формы ПАни, полученного при проведении синтеза полианилина в присутствии ароматических сульфонов, весьма разнообразны. Например, Као и др. [13, 14] получили волокнистый полианилин в присутствии додецилбензолсульфоновой кислоты как допанта. В работах [15-17] показано, что свойства полианилиновых нанотрубок (130-250 нм в диаметре), включая морфологию (полые или сплошные), размер и проводимость, можно контролировать за счет самосборки в процессе химической полимеризации. При проведении реакции без перемешивания реакционной смеси полианилиновые трубки соединяются и образуют дендритные структуры. В последние годы полимерные нанотрубки и нановолокна особенно привлекают внимание исследователей из-за их уникальных свойств и возможности использования в наноэлектронных устройствах.

Большинство работ по синтезу и исследованию электрохимического поведения ПАни, допированного ароматическими сульфонатами (включая полимерные [18]), было выполнено в водной среде. Однако большой интерес представляет использование этих электродных материалов в органических электролитах для создания суперконденсаторов и литий-ионных аккумуляторов с более высоким напряжением (до 3 В и более по сравнению с 1-1,2 В в водных средах).

В нашей работе мы предлагаем метод получения пленочного электродного материала на основе ПАни, допированного *p*-толуолсульфокислотой (ПТСК) – ПАни-(ПТСК)_{0,5} смешением растворов ПАни основания и ПТСК в муравьиной кислоте в отношении 1 моль ПТСК на 2 мономерных звена в полимерной цепи полианилина. Электрохимические свойства пленки ПАни-(ПТСК)_{0,5}, политой на Ni подложку, исследовали методами циклической вольтамперометрии и зарядно-разрядных кривых в 1 М LiClO₄ в пропиленкарбонате. Влияние *p*-толуолсульфокислоты в ПАни как допанта, введенного на стадии формирования пленки полимера, на морфологию, кристалличность, проводимость пленки ПАни было исследовано методами ИК спектроскопии, рентгеноструктурного анализа, сканирующей электронной микроскопии.

Экспериментальная часть

Синтез ПАни

ПАни был получен методом окислительной полимеризации анилина [19]. К рассчитанному для синтеза количеству анилина в 1 М соляной кислоте, охлажденному до 0–3 °С, по каплям при интенсивном перемешивании добавлялся раствор персульфата аммония в воде из расчета на 1 моль анилина 1 моль окислителя. После добавления раствора персульфата аммония смесь перемешивалась при постоянном охлаждении еще несколько часов. Основным продуктом полимеризации была эмералдин-соль (ЭС). Осадок был отфильтрован, промыт многократно дистиллированной водой до бесцветного фильтрата (удаление побочных продуктов синтеза, сульфата аммония, а также небольших количеств олигомеров анилина). Выход полимера составлял 95–98 вес. %.

ЭО получали обработкой синтезированной ЭС 3% водным раствором аммиака для нейтрализации соляной кислоты, связанной с полимером. Осадок отфильтровали, промыли водой и сушили в течение нескольких дней в эксикаторе при вакуумировании. Порошок ПАни основания использовали как исходный материал для приготовления проводящих пленок.

Приготовление раствора ПАни в муравьиной кислоте

Для приготовления 1,5 мас.% раствора 0,3 г ЭО растворяли в 20 мл муравьиной кислоты. Раствор



фильтровали и фильтрат центрифугировали при 5000 об/мин. Центрифугат отделяли от осадка и хранили в колбах с притертыми пробками.

Приготовление раствора ПАни, допированного ПТСК, в муравьиной кислоте

Раствор ПТСК в муравьиной кислоте вводили в раствор ПАни основания, также приготовленный в муравьиной кислоте, в отношении 1 моль ПТСК на 2 мономерных звена в полимерной цепи полианилина. При этом не наблюдалось фазового разделения и пленки ПАни-(ПТСК)_{0,5}, нанесенные на Ni подложки методом полива, после высушивания были однородны. Элементный состав пленок ПАни-(ПТСК)_{0,5}: С% – 62,1; Н% – 4,72; N% – 10,78; S% – 4,73.

Приготовление электродов и исследование электрохимических характеристик

ЦВА и кривые гальваностатического заряда-разряда снимали в герметичной трехэлектродной ячейке в атмосфере аргона. Рабочими электродами были пленка ПАни ($S = 0,5 \times 20$ мм), нанесенная поливом из раствора ПАни-основания в муравьиной кислоте на предварительно подготовленную и взвешенную полосу Ni фольги, которая служила токоотводом (электрод № 1 ПАни/Ni), и пленка ПАни-(ПТСК)_{0,5} ($S = 0,5 \times 20$ мм) из раствора ПАни-основания и ПТСК в муравьиной кислоте (электрод № 2 ПАни-(ПТСК)_{0,5}/Ni). Изготовленные таким образом электроды сушили в течение 10 часов при 70 °С до постоянного веса. Массы электроактивных ПАни пленок, нанесенных на полоски Ni фольги, составляли 0,07 мг (электрод № 1) и 0,13 мг (электрод № 2).

Вспомогательным электродом была Pt пластина (1 см²). Все потенциалы, приведенные в тексте, даны относительно хлорсеребряного электрода сравнения. Зарядно-разрядные кривые снимали на компьютеризированном потенциостате IPC-Compact P-8 (ООО «Элинс», Россия). В качестве электролита использовали 1 М раствор LiClO₄ в пропиленкарбонате. Без-

водный перхлорат LiClO₄ (Aldrich) сушили в вакууме при 120 °С в течение 3 суток для удаления следов воды. Пропиленкарбонат сушили над молекулярными ситами, перегоняли под пониженным давлением и приготовленный электролит 1 М раствор LiClO₄ в пропиленкарбонате хранили под аргоном.

Удельная емкость исследуемых электродов рассчитывалась по формуле $C_m = I\Delta t/\Delta V$, где I – разрядная плотность тока, рассчитанная из массы ПАни, A/g ; Δt – время разряда, с; ΔV – область потенциалов, в которой происходит разряд, В [20].

ИК спектры ПАни основания (порошок), пленок ПАни-(ПТСК)_{0,5}/Ni перед опусканием в апротонный литиевый электролит и после циклирования в электрохимической ячейке в 1 М растворе LiClO₄ в пропиленкарбонате измеряли с помощью Фурье-спектрометра Perkin Elmer Spectrum 100 с приставкой UATR в диапазоне 4000-675 см⁻¹.

Микрофотографии исследуемых образцов получали с помощью сканирующего электронного микроскопа Zeiss LEO SUPRA 25.

Рентгеновский анализ порошкообразных образцов полианилина проводился на дифрактометре ДРОН АДП-2 на CuK_α-излучении.

Обсуждение результатов

На рис. 1 представлены дифрактограммы для синтезированных порошков ПАни. Порошки ПАни и ПАни-(ПТСК)_{0,5} получены из растворов в муравьиной кислоте после ее удаления в течение 10 часов при 70 °С. Порошок ПАни основания (рис. 1, а) характеризуется аморфным гало с максимумом при $2\theta = 20^\circ$. На дифрактограммах порошков ПАни (рис. 1, b) и ПАни-ПТСК (рис. 1, c) кроме аморфного гало при $2\theta = 20$ появляются новые пики с максимумом при $2\theta = 25$, свидетельствующие о том, что допирование индуцирует островковое упорядочение в образцах (аморфные порошки с кристаллическими включениями [21]).

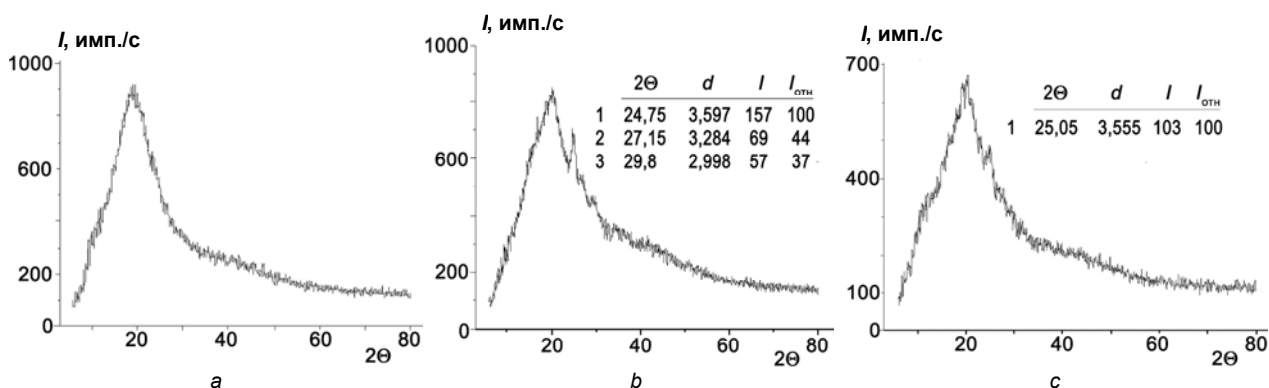


Рис. 1. Дифрактограммы порошков ПАни основания (а); ПАни из раствора в муравьиной кислоте после удаления кислоты (b); ПАни-(ПТСК)_{0,5} из раствора в муравьиной кислоте после удаления муравьиной кислоты (с)
Fig. 1. Diffractograms for PA尼 base powders (a); PA尼 from solution in formic acid after the removal of acid (b); PA尼-(PTSA)_{0,5} from solution in formic acid after the removal of acid (c)

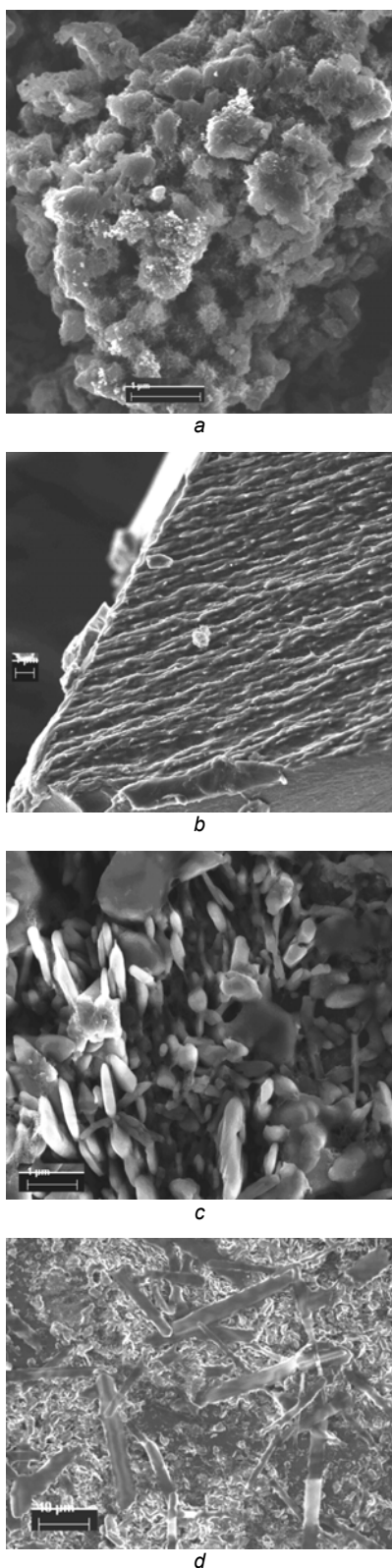


Рис. 2. Микрофотографии порошков ПАни основания (а); ПАни из раствора в муравьиной кислоте после удаления кислоты (b); ПАни-(ПТСК)_{0,5} из раствора в муравьиной кислоте после удаления муравьиной кислоты (с, d)
Fig. 2. Micrographs of PANi base powders (a); PANi from solution in formic acid after the removal of acid (b); PANi-(PTSA)_{0,5} from solution in formic acid after the removal of formic acid (c, d)

Для того чтобы подтвердить присутствие микрокристаллических участков в полианилине, допированном ПТСК в муравьиной кислоте, морфологию образцов исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии.

На рис. 2 представлены микрофотографии порошков ПАни основания (а), ПАни из раствора в муравьиной кислоте после удаления кислоты (b), ПАни-ПТСК из раствора в муравьиной кислоте после удаления муравьиной кислоты (с). Для ПАни основания (рис. 2, а) частицы выглядят очень компактными. Размер глобул ~0,5 мкм. Однако в ПАни-(ПТСК)_{0,5} стержнеобразные частицы с размерами ~0,2×0,8 мкм видны очень отчетливо. При разрешении 10 мкм (рис. 2, d) удивительно обнаружение крупных элементов, похожих на трубки. Как было отмечено выше [15-17], полианилиновые нанотрубки (130-250 нм в диаметре) формируются в процессе химической полимеризации путем самосборки в присутствии ароматических сульфоновых кислот как допантов. Отличие предлагаемого нами способа получения полианилина, допированного ПТСК, заключается в смешении растворов эмералдина основания и ПТСК в муравьиной кислоте с последующим ее испарением.

Одним из наиболее информативных методов исследования молекулярной структуры ПАни и ПАни-(ПТСК)_{0,5} является метод ИК спектроскопии. На рис. 3 представлены ИК спектры порошка ПАни основания и пленки ПАни-(ПТСК)_{0,5} до и после исследования ее в режимах заряда-разряда 1 М LiClO₄ в пропиленкарбонате.

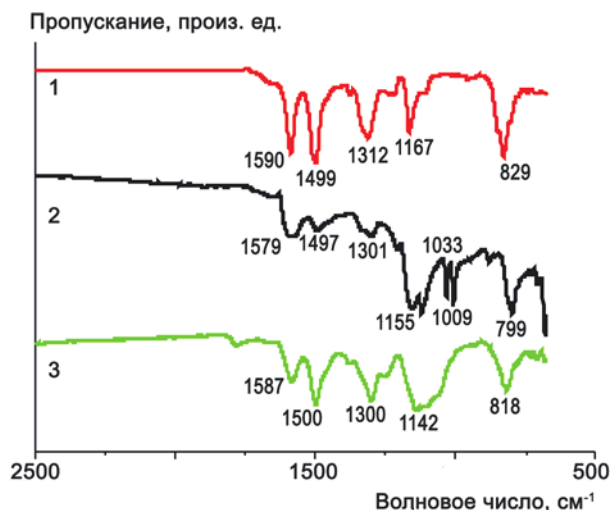


Рис. 3. ИК спектры порошков ПАни основания (1); пленки ПАни-(ПТСК)_{0,5}, политой на Ni подложку из раствора в муравьиной кислоте, после удаления муравьиной кислоты (2) и пленки ПАни-(ПТСК)_{0,5} после работы в электрохимической ячейке в режимах циклирования и съема зарядно-разрядных кривых в 1 М растворе LiClO₄ в пропиленкарбонате (3)
Fig. 3. IR spectra of PANi base powders (1); PANi-(PTSA)_{0,5} film casted onto Ni support from solution in formic acid after the removal of formic acid (2); PANi-(PTSA)_{0,5} film after cycling in an electrochemical cell and measurement of charge-discharge characteristics in 1 M LiClO₄ in propylene carbonate (3)

Для ПАни основания (спектр 1) характерен набор полос поглощения (пп), которые соответствуют: (а) 1579 см^{-1} и 1498 см^{-1} – деформационным колебаниям связи С-С хиноидного и бензоидного колец; (б) 1308 см^{-1} – связи С-N вторичного ароматического амина; (в) 1167 см^{-1} – деформационным плоскостным колебаниям С-Н группы [22]. На ИК спектре пленки ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ /Ni (рис. 3, кривая 2) пп при 1167 см^{-1} отсутствует и появляется полоса поглощения при 1155 см^{-1} , которую относят к вибрационным колебаниям протонированной иминогруппы [23]. Такая полоса возникает в результате допирования цепочки ПАНИ [24]. Допирование ПАни в присутствии ПТСК приводит к увеличению интенсивности пп, обусловленной хиноидной структурой (рис. 3, кривая 2). Свидетельством проводимости пленки ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ является наклон кривой ИК спектра в длинноволновой области. Характерные пики поглощения пара-толуолсульфонатных анионов при 1122 , 1033 , 1009 см^{-1} , соответствующие деформационным колебаниям SO_3 групп [25], также присутствуют в спектре пленки ПАни-ПТСК. Проводимости пленок с площадью 4 см^2 и толщиной 2 мкм , полученных методом полива на стекле из растворов ПАни основания и ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ в муравьиной кислоте, были измерены двухконтактным методом, и был найден резкий рост проводимости для ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$, $\sigma = 0,023\text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$, по сравнению с недопированным ПАни, $\sigma = 2,9 \cdot 10^{-7}\text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$. Цвет пленок после сушки был разный. Пленка из ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ – зеленая (проводящая форма ЭС), а пленка из ПАни – синяя. На ИК спектре пленки ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ после работы в электрохимической ячейке в режимах ЦВА и гальваностатического заряда-разряда при разных токах в 1 М растворе LiClO_4 в пропиленкарбонате (кривая 3) заметно отсутствие пп SO_3 групп, что может указывать на редопирование в результате замены паратолуолсульфонатных анионов в полимерной матрице на перхлоратные анионы (пп 1095 см^{-1} , обусловленная Cl-O).

Исследование электрохимических свойств ПАни пленок в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате

Хорошо известны редокс-превращения полианилина, происходящие между недопированным (изолятор) лейкоэмералдином (ЛЭ) и эмералдин солью (проводящая зеленая форма, содержащая половину окисленных атомов азота). В апротонных средах существует второй редокс-переход, связанный с окислением эмералдин соли до непроводящей формы – пернигранилина через интермедиат – окисленную синюю форму, где более половины атомов азота находится в окисленном состоянии [26, 27, 3]. Окислительно-восстановительные превращения, наблюдаемые на ЦВА, соответствуют переходам этих форм.

На ЦВА электрода № 1 (ПАни пленка на Ni фольге) в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате, представленной на рис. 4 (3 и 6 циклы), присутствуют два анодных (Li^+ и ClO_4^- допирование) и два катодных пика

(Li^+ и ClO_4^- дедопирование) в области потенциалов $-0,4 - +1,1\text{ В}$ [26, 27]. Первый анодный пик с максимумом $+0,1\text{ В}$ характеризует переход из ЛЭ в ЭС, и второй пик ($+0,90\text{ В}$) – переход из ЭС в пернигранилин через промежуточную форму. Катодный пик при $0,8\text{ В}$ соответствует превращению пернигранилиновой формы в эмералдиновую солевую форму, и второй катодный пик при $0,04\text{ В}$ характеризует переход ЭС в ЛЭ [28].

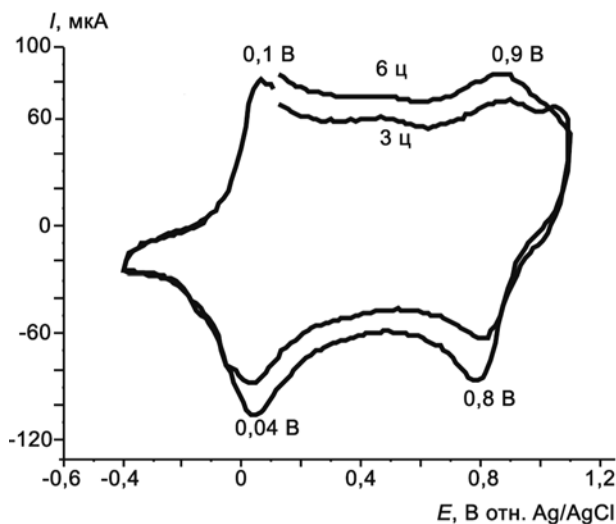


Рис. 4. ЦВА электрода № 1 ПАни/Ni в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате (сразу же после сборки ячейки), скорость развертки потенциала 50 мВ/с
 Fig. 4. CVA for electrode № 1: of PANi/Ni in 1 М LiClO_4 in propylene carbonate (immediately after cell assembling) at 50 мВ/с potential scan rate

Процессы окисления и восстановления в широком диапазоне электродных потенциалов $-0,4 - +1,1\text{ В}$ показывают хорошую обратимость в отличие от поведения ПАни в водных средах, где пернигранилин необратимо гидролизует. Длительное циклирование в потенциодинамическом режиме приводит к существенным изменениям в ЦВА. Анодные и катодные токи растут от цикла к циклу вначале интенсивно, затем медленнее, но постоянно. После выдерживания электрода в течение ночи в электролите при разомкнутой цепи электродные токи первого цикла на ЦВА на следующий день увеличились более чем в два раза. На рис. 5 представлены разрядные кривые электрода № 1 (ПАни пленка на Ni фольге) после 3 суток работы ячейки (циклирование электрода в течение 6 часов в режимах ЦВА, гальваностатического заряда-разряда при разных токах, 18 часов выдерживание электрода в электролите при разомкнутой цепи). Из анализа разрядных кривых видно, что с увеличением токов заряда-разряда удельная емкость электрода падает. В начале разряда током $1,2\text{ А/г}$ наблюдается очень быстрое падение потенциала и разряд начинается от $0,7\text{ В}$. При увеличении тока разряда до $5,8\text{ А/г}$ ячейка начинает разряжаться от $0,4\text{ В}$. Такое поведение пленки ПАни, полученной

поливом из раствора ПАни основания в муравьиной кислоте, по-видимому, связано с ее начальной высокой плотностью (рис. 2, б) и постепенным разрыхлением при циклировании (диффузия электролита в объем пленки).

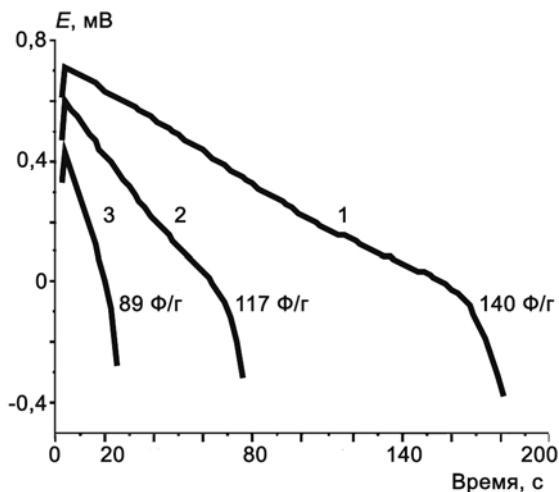


Рис. 5. Разрядные кривые электрода № 1 ПАни при токах заряда-разряда 1,2 А/г (1); 2,3 А/г (2); 5,8 А/г (3) после 3 суток работы ячейки

Fig. 5. Galvanostatic discharge plots for electrode No 1 at charge-discharge current – 1.2 A/g (1); 2.3 A/g (2); 5.8 A/g (3) after 3 days of measurements

При исследовании электрохимических свойств полианилина, предварительно допированного паратолуолсульфокислотой, важно подчеркнуть, что первоначально допирующие анионы ПТСК отличны от анионов, содержащихся в литиевом электролите ClO_4^- . Из ЦВА электрода № 2 ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ /Ni в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате, представленной на рис. 6, следует, что как анодные, так и катодные токи на порядок выше в сравнении с недопированным ПАни (рис. 4). При этом скорость развертки потенциалов для электрода № 2 ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ /Ni составляла 20 мВ/с, в то время как для электрода № 1 ПАни/Ni – 50 мВ/с. К 7 циклу электрод достигает стационарного состояния, и токи не меняются в течение 3 суток работы электрода. Очень четко видна первая пара пиков, соответствующая окислению ЛЭ в ЭС и восстановлению ЭС в ЛЭ. Вплоть до 1,1 В высокие токи обусловлены зарядением двойнослойной емкости. Из анализа ЦВА можно сделать вывод, что для ПАни в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате наблюдается преимущественно фарадеевская псевдоемкость, в то время как для ПАни-ПТСК после достижения им стационарного состояния значительный вклад вносит емкость электрического двойного слоя. Емкость электрода № 2, рассчитанная из 7 цикла ЦВА, при скорости развертки потенциала 20 мВ/с составляет 260 Ф/г с кулоновской эффективностью 100%.

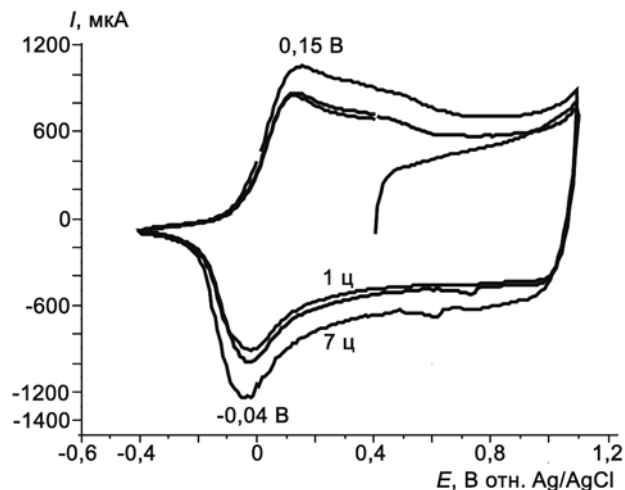


Рис. 6. ЦВА электрода № 2 ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ /Ni в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате (сразу же после сборки ячейки), скорость развертки потенциала 20 мВ/с

Fig. 6. CVA for electrode No 2: PANi-(PTSA) $_{0,5}$ /Ni in 1 M LiClO_4 in propylene carbonate (immediately after cell assembling) at 20 mV/s potential scan rate

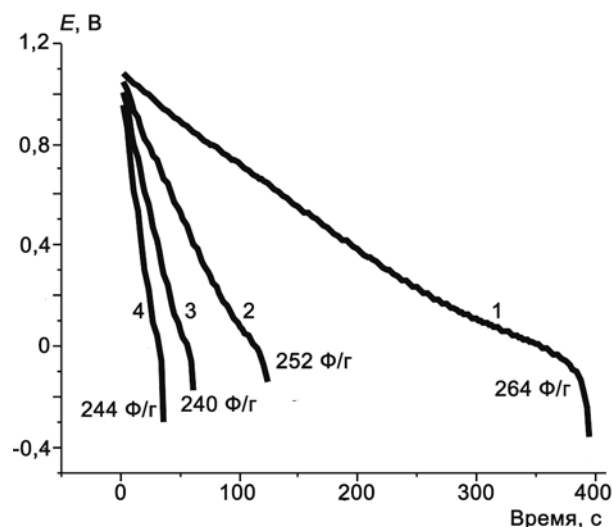


Рис. 7. Разрядные кривые электрода № 2 ПАни-(ПТСК) $_{0,5}$ /Ni в 1 М LiClO_4 в пропиленкарбонате на второй день работы ячейки при токах заряда-разряда 1 А/г (1); 3 А/г (2); 6 А/г (3) и 10 А/г (4)

Fig. 7. Galvanostatic discharge plots for electrode No 2: PANi-(PTSA) $_{0,5}$ /Ni in 1 M LiClO_4 in propylene carbonate at charge-discharge current 1 A/g (1); 3 A/g (2); 6 A/g (3) and 10 A/g (4) on the second day of measurements

Разрядные кривые электрода № 2, представленные на рис. 7, свидетельствуют о том, что увеличение токов заряда-разряда до 10 А/г не приводит к резкому уменьшению удельной емкости электрода – 244 Ф/г по сравнению с 264 Ф/г при токах заряда-разряда 1 А/г. Работа электрода стабильна (рис. 8).

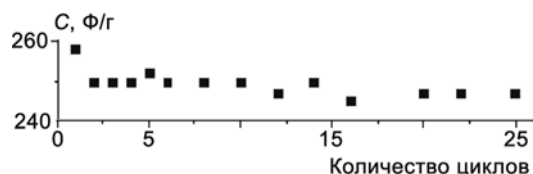


Рис. 8. Изменение разрядной емкости электрода № 2 ПАни-(ПТСК)_{0,5}/Ni в 1 М LiClO₄ в пропиленкарбонате при $I_{зар-разр}$ 3 А/г с 1 по 25 циклы

Fig. 8. Changes in discharge capacity for electrode № 2: PAni-(PTSA)_{0,5}/Ni in 1 M LiClO₄ in propylene carbonate at charge-discharge current of 3 A/g 1 to 25 cycles

Данные, представленные в таблице, показывают резкое повышение электрохимической емкости и кулоновской эффективности ПАни пленок в результате предварительного допирования ПТСК. Особенно важно, что увеличение токов заряда-разряда до 10 А/г не приводит к существенному снижению емкостных характеристик.

Сравнительные изменения значений электрохимической емкости и кулоновской эффективности электродов ПАни/Ni при увеличении токов разряда

Comparison of electrical capacity and coulombic efficiency for PAni/Ni electrodes with increasing of charge-discharge current densities

Электроды	$I_{заряда-разряда}$ А/г	С, Ф/г		η , %
		2 день	3 день	
№ 1 ПАни/Ni	1,2		140	91
	2,3		117	85
	5,8		89	85
№2 ПАни-(ПТСК) _{0,5} /Ni	1	264	Без изменений	96
	3	252		98
	6	240		100
	10	244		100

Редокс-емкость редопированных ПАни-(ПТСК)_{0,5} пленок в 1 М LiClO₄ в пропиленкарбонате существенно выше емкости ПАни пленок в этом же электролите. Предполагается, что ПАни пленка благодаря введению объемного допанта п-толуолсульфонатного аниона на стадии ее формирования имеет более рыхлую структуру. Это приводит к ускорению ионного обмена с более компактным перхлоратным анионом на внутренних катион-радикальных центрах ПАни в литиевом апротонном электролите. При этом структура ПАни пленки, образованная в присутствии ПТСК, не разрушается после анионного обмена и способствует увеличению подвижности перхлоратного аниона, что приводит к возрастанию скорости электродных реакций и, соответственно, удельной емкости электрода ПАни-(ПТСК)_{0,5}/Ni.

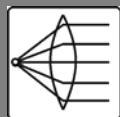
Список литературы

- Chiang J.-C. and MacDiarmid A.G. Polyaniline: protonic acid doping of the emeraldine form to the metallic regime // *Synthetic Metals*. 1986. Vol. 13, № 1–3. P. 193–205.
- Kong J., Franklin N.R., Zhou C.W. Nanotube molecular wires as chemical sensors // *Science*. 2000. Vol. 287, № 5453. P. 622–625.
- Marcel C., Tarascon J.-M. An all-plastic WO₃ H₂O/polyaniline electrochromic device // *Solid State Ionics*. 2001. Vol. 43 (1). P. 89–101.
- Zhou Y., Qin Z.-Y., Li L. Polyaniline/multi-walled carbon nanotube composites with core-shell structures as supercapacitor electrode materials // *Electrochimica Acta*. 2010. Vol. 55, № 12, P. 3904–3908.
- Li J., Xie H.Q., Li Y., Liu J., Li Z.X. Electrochemical properties of graphene nanosheets/ polyaniline nanofibers composites as electrode for supercapacitors // *J. Power Sources*. 2011. Vol. 196, Iss. 24. P. 10775–10781.
- Yan J., Wei T., Fan Z.J., Qian W.Z., Zhang M.L., Shen X.D., Wei F. Preparation of graphene nanosheet/carbon nanotube/polyaniline composite as electrode material for supercapacitors // *J. Power Sources*. 2010. Vol. 195, Iss. 9. P. 3041–1401.
- Liu S., Liu X.H., Li Z.P., Yang S.R., Wang J.Q. Fabrication of free-standing graphene/polyaniline nanofibers composite paper via electrostatic adsorption for electrochemical supercapacitors // *New J. of Chem*. 2011. Vol. 35, Iss. 2. P. 369–374.
- Gomez H., Ram M.K., Alvi F., Villalba P., Stefanakos E., Kumar A. Graphene-conducting polymer nanocomposite as novel electrode for supercapacitors // *J. Power Sources*. 2011. Vol. 196, Iss. 8. P. 4102–4108.
- Syed A.A. and Dinesan M.K. Poly(aniline): a conducting polymer as a novel anion-exchange resin // *Analyst*. 1992. Vol. 117. P. 61–66.
- Endo Nobutaka, Takeda Yukari, Higa Mitsuri, Matsusaki Koji. Ion-exchange properties of colloidal particle consisting of polyaniline and poly(vinylalcohol) fixed on silica-gel powder // *Analytical sciences*. 2003. Vol. 19. P. 721–725.
- Raudsepp T., Marand M. i, Tamm T., Sammelsegg V., Tamm Ju. Study of the factors determining the mobility of ions in the polypyrrole films doped with aromatic sulfonate anions // *Electrochimica Acta*. 2008. Vol. 53. P. 3828–3835.
- Raudsepp T., Marandi M., Tamm T., Sammelsegg V., Tamm Ju. Influence of ion-exchange on the electrochemical properties of polypyrrole films // *Electrochimica Acta*. 2014. Vol. 122. P. 79–86.
- Osterholm J.E., Cao Y., Klavetter F. Emulsion polymerization of aniline // *Polymer*. 1994. Vol. 35. P. 2902.
- Levon K., Ho K.H., Zheng W.Y., Laakso J., Kama T., Taka T. and Osterhoim J.E. Thermal doping of polyaniline with dodecylbenzene sulfonic acid without auxiliary solvent // *Polymer*. 1995. Vol. 36, Iss. 14. P. 2733.



15. Zhang Zhiming, Wei Zhixiang, Zhang Lijuan, Wan Meixiang. Polyaniline nanotubes and their dendrites doped with different naphthalene sulfonic acids // *Acta Materialia*. 2005. Vol. 53. P. 1373–1379.
16. Khalid M., Tumelero M.A., Brandt Ju.S., Zoldan V.C., Acuña J.J. S., Pasa A.A. Electrical Conductivity Studies of Polyaniline Nanotubes Doped with Different Sulfonic Acids // *Indian Journal of Materials Science*. 2013. Article ID 718304.
17. Khalid M., Acuna J.J.S., Tumelero M.A., Fischer J.A., Zoldan V., Pasa A.A. Sulfonated porphyrin doped polyaniline nanotubes and nanofibers: synthesis and characterization // *J. of Materials Chemistry*. 2012. Vol. 22. P. 11340–11346.
18. Gribkova L.O., Ivanov V.F., Nekrasov A.A., Vorob'ev S.A., Omelchenko O.D., Vannikov A.V. Dominating influence of rigid-backbone polyacid matrix during electropolymerization of aniline in the presence of mixtures of poly(sulfonic acids) // *Electrochimica Acta*. 2011. Vol. 56, No. 10. P. 3460-3467.
19. Skotheim T.A., Elsenbaumer R.L., Reynolds J.R. *Handbook of conducting polymer*. N. Y.: Marcel Dekker, 1997. 11.
20. Zhou Y.-k., He B.-l., Zhou W.-j., Huang J., Li X.-h., Wu B., Li H.-l. Electrochemical capacitance of well-coated single-walled carbon nanotube with polyaniline composites // *Electrochimica Acta*. 2004. Vol. 49. P. 257–262.
21. Pouget J.P., Jozefowicz M.E., Epstein A., Tang J., X., and MacDiarmid A.G. X-ray structure of polyaniline // *Macromolecules*. 1991. Vol. 24, No. 3, P. 779–789.
22. Tang J.S., Jin X.B., Wang B.C., Wang F.S. Infra-red spectra of soluble polyaniline // *Synth. Met.* 1988. Vol. 24. P. 231-238.
23. Baibarac M., Baltog I., Lefrant S., Mevellec J.Y., Chauvet O. Polyaniline and carbon nanotubes based composites containing whole units and fragments of nanotubes // *Chem. Mater.* 2003. Vol. 15, No. 21. P. 4149-4156.
24. Saravanan S., Mathai C.J., Anantharaman M.R., Venkachalam S., Prabhakaran P.V. Investigations on the electrical and structural properties of polyaniline doped with camphor sulphonic acid // *J. of Physics and Chemistry of Solids*. 2006. Vol. 67. P. 1496-1501.
25. Hakansson E., Lin T., Wang H., Kaynak A. The effects of dye dopants on the conductivity and optical absorption properties of polypyrrole // *Synthetic Metals*. 2006. Vol. 156. № 18-20. P. 1194.
26. Morita M. Multicolor electrochromic behavior of polyaniline composite films combined with tungsten trioxide // *Macromol. Chem. Phys.* 1994. Vol. 195. № 2. P. 609-620.
27. Panero S., Passerini S., Scrosati B. Conducting polymers: new electrochromic materials for advanced optical devices // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 1993. Vol. 229. P. 97.
28. Marcel C., Tarascon J.-M. An all-plastic $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ /polyaniline electrochromic device // *Solid State Ionics*. 2001. Vol. 143. P. 89-101.





ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДОВ В КАЧЕСТВЕ ФОТОДАТЧИКОВ

Л.Ю. Юфереv

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
109456 Москва, 1-й Вешняковский пр., д. 2
Тел.: (499) 171-19-20, факс: (499) 170-51-01, e-mail: leouf@ya.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

В приборах для измерения фотovelичин применяются датчики на основе фоторезисторов, фотодиодов, вакуумных и газонаполненных фотоэлементов. При этом, как правило, к этим фотодатчикам приходится добавлять светофильтры и системы светофильтров. На основе проведенных экспериментов установлено, что в качестве фотодатчиков можно использовать светодиоды. В ходе лабораторных испытаний установлено, что светодиоды разного цвета свечения реагируют на определенный участок оптического излучения. Светодиоды нечувствительны к излучениям с длиной волны длиннее той, на которой они излучают свет. Установлено, что максимум чувствительности всех светодиодов немного сдвинут в область более короткой длины волны, чем та, которую светодиод излучает. На основе светодиодных датчиков можно изготавливать люксметры, RGB-датчики, измерители фотосинтез-активной радиации и измерители ближнего УФ излучения. С функцией относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для ночного зрения совпадает чувствительность желтого светодиода с рабочей длиной волны 590 нм, а с функцией относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения совпадает чувствительность красных светодиодов с рабочей длиной волны 625 и 628 нм. Для создания RGB датчиков понадобятся светодиоды с рабочими длинами волны 660, 625 и 525 нм. При этом отсутствует необходимость в применении корректирующих светофильтров.

Ключевые слова: фотодатчик, светодиод, спектральная чувствительность.

RESEARCH OF LEDS AS PHOTSENSORS

L.Yu. Yuferev

All-Russia Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)
2, 1st Veshnyakovsky pr., Moscow, 109456, Russia
Tel.: (499) 171-19-20, fax: (499) 170-51-01, e-mail: leouf@ya.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

In devices for measuring photovision applied sensors on the basis of photoresistors, photodiodes, vacuum and gas-filled photocells. These photosensors have to add filters and system filters. On the experimental data found that as of photosensors, you can use the LEDs. In laboratory tests, the LEDs of different colors of light react to individual optical radiation. LEDs are not sensitive to radiation with a wavelength longer than at which they emit light. Established that the maximum sensitivity of all LEDs a bit is shifted into the region of shorter wavelength than which the led emits. On the basis of led sensors can make the light meter, RGB-sensors, photosynthesis active radiation and measuring the near UV radiation. With the function of relative spectral luminous efficacy of monochromatic radiation for night vision coincides sensitivity of yellow led with a wavelength of 590 nm. With the function of relative spectral luminous efficacy of monochromatic radiation for daylight vision matches the sensitivity of red LEDs with a wavelength of 625 and 628 nm. To create RGB sensors need LEDs with operating wavelengths 660, 625 and 525 nm. There is no need to use corrective filters.

Keywords: photosensor, led, spectral sensitivity.



Леонид Юрьевич
Юферев
Leonid Yu. Yuferev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, ВРИО директора ФГБНУ ВИЭСХ.
Образование: Московский гос. агроинженерный университет им. В.П. Горячкина (2002).
Область научных интересов: резонансные системы передачи электроэнергии, электротехнологии в сельском хозяйстве.
Публикации: 98.

Informatuon about the author: Ph.D., associate professor, head of the laboratory VIESH.
Education: Moscow State Agro-engineering University (2002).
Research area: the resonant electricity transmission system, electrical technology in agriculture.
Publications: 98.

Для измерения освещенности необходимо, чтобы у датчика света была строго заданная спектральная чувствительность, определенная ГОСТ Р 8.850-2013 «Характеристики люксметров...», а также функции относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения $V(K)$ по ГОСТ 8.332.

Прибор для измерения освещенности (фотометр) не должен быть чувствителен к ультрафиолетовому излучению. УФ-излучение может появиться из-за недостаточной УФ-блокировки или эффекта флуоресценции.

Фотометр не должен быть чувствителен и к инфракрасному излучению.

Для создания фотометров, как правило, применяют датчики на основе фоторезисторов, фотодиодов, вакуумных и газонаполненных фотоэлементов и др., при этом часто к этим фотодатчикам приходится добавлять различные светофильтры.

Известно, что в качестве фотодатчика можно использовать светодиоды, включенные в режим с обратным смещением, при котором при попадании света на светодиод у него появляется проводимость. Также известно, что при освещении светодиода у него появляется фототок [1, 2].

В ходе лабораторных испытаний установлено, что светодиоды разного цвета свечения реагируют на определенный участок оптического излучения. В испытаниях исследовались характеристики 11 различных светодиодов с излучением в диапазоне от 400 до 800 нм. В качестве источника света использовался специальный линейный излучатель на основе 14 светодиодов с излучением в диапазоне от 400 до 880 нм. Для сравнения спектральной чувствительности кроме светодиодов проверялись широкополосный pin-фотодиод, а также специальные фотодатчики Motorola и NOA1212.

Все испытанные светодиоды показали возможность работы в качестве фотодатчиков с определенной спектральной чувствительностью. При этом светодиоды никак не реагировали на излучение с длиной волны менее той, на которой они излучают (рабочей

длины волны). Есть предположение, что это связано с эффектом «красной границы фотоэффекта металла (в данном случае материала $p-n$ -перехода)» [3].

Граничная (максимальная) длина волны:

$$\lambda_{\text{макс}} = \frac{hc}{U_{p-n}q} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{U_{p-n} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}},$$

где h – постоянная Планка, Дж·с; c – скорость света, м/с; q – заряд электрона, Кл; U – рабочее напряжение $p-n$ -перехода, В.

Также установлено, что максимум чувствительности всех светодиодов немного сдвинут в область более короткой длины волны, чем та, которую светодиод излучает. Этот сдвиг зависит от рабочей длины волны и определяется следующей формулой:

$$\Delta\lambda = -0,0014\lambda^2 + 1,358\lambda - 249,57,$$

где λ – рабочая длина волны светодиода, нм.

Результаты определения спектральной чувствительности испытуемых светодиодов представлены на рис. 1.

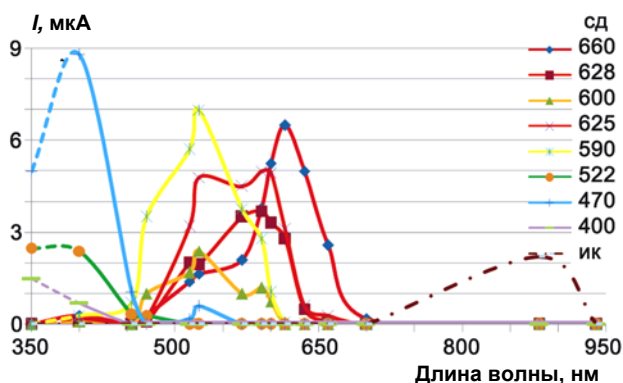


Рис. 1. Спектральная чувствительность светодиодов
Fig. 1. Spectral sensitivity of the LEDs

Зависимость сдвига максимальной чувствительности светодиодов от рабочей длины излучения представлена на рис. 2.





Рис. 2. Сдвиг диапазона максимальной фоточувствительности относительно рабочей длины волны светодиодов

Fig. 2. The shift of the band maximum photosensitivity relative to the operating wavelength of the LEDs

На основе проведенных экспериментальных данных выявлены светодиоды, которые с большой точностью обладают чувствительностью, соответствующую функции относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного и ночного зрения человека. Так, с функцией относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для ночного зрения совпадает чувствительность желтого светодиода с рабочей длиной волны 590 нм, а с функцией относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения совпадает чувствительность красных светодиодов с рабочей длиной волны 625 и 628 нм (рис. 3). При этом для фотометров светодиоды должны быть с прозрачной линзой без применения каких-либо светофильтров.

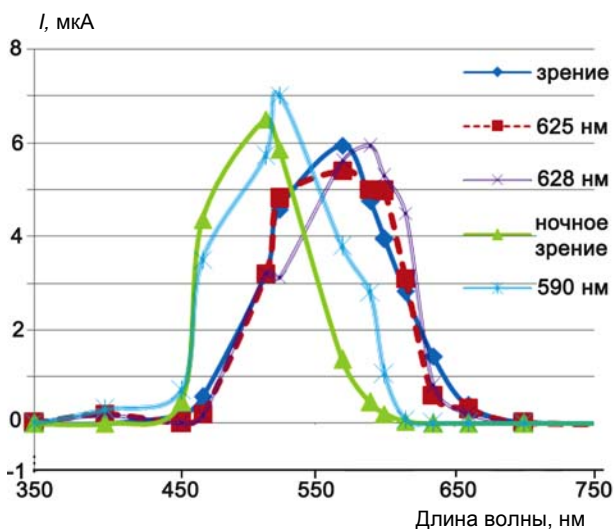


Рис. 3. Спектральная чувствительность светодиодов для применения в фотометрах

Fig. 3. Spectral sensitivity of LEDs for use in photometers

Светодиоды в качестве фотодатчиков обладают довольно большим быстродействием. На рис. 4 представлены сравнительные осциллограммы красного светодиода и pin-фотодиода с быстродействием 5 нс.

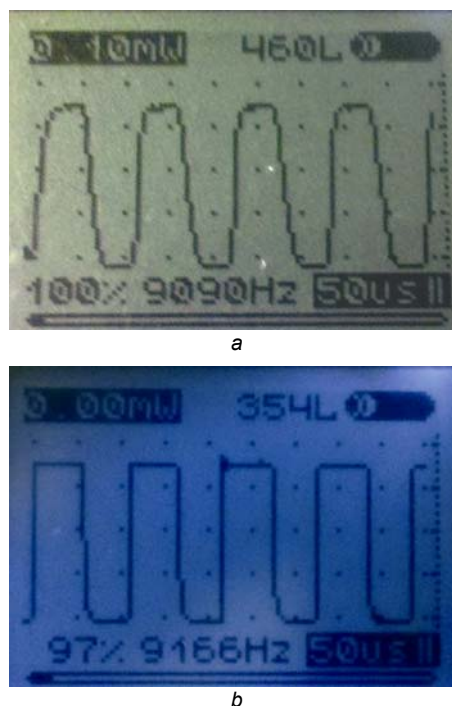


Рис. 4. Осциллограммы фотодатчиков: а – на основе светодиода; б – pin-фотодиода
Fig. 4. Waveforms of photosensors on the basis of the LED (a) and the pin photodiode (b)

Лабораторные испытания показали линейную зависимость выходного тока от освещенности в диапазоне от 50 до 100000 лк, однако при меньшей освещенности светодиоды проигрывают по чувствительности фотодиодам. При использовании светодиодов в качестве фотодатчиков в следящих системах для солнечных электростанций низкая освещенность не имеет значения.

Светодиоды можно также использовать в качестве датчиков УФ-излучения диапазона УФА, УФВ. Для этого потребуются светодиоды с рабочей длиной волны 400 нм. Расчетный максимум чувствительности таких светодиодов будет находиться на длине волны 330 нм, а ширина спектра чувствительности – в диапазоне 280-390 нм.

Для создания RGB датчиков понадобятся светодиоды с рабочими длинами волн 660, 625 и 525 нм. А для измерителя интенсивности фотосинтез-активной радиации подходят светодиоды синий (470 нм), имеющий избирательный спектр 350-450 нм, желтый (590 нм), имеющий диапазон 450-600 нм, и красный (660 нм), имеющий диапазон 550-680 нм [4, 5].

Измеритель (рис. 5) работает следующим образом. Оптическое излучение поступает на светодиод (СД), который генерирует фототок, при этом на со-

противлении нагрузки R1 выделяется разность потенциалов, которая поступает на вход измерительной части прибора, которая может включать предварительный усилитель на основе операционного усилителя.

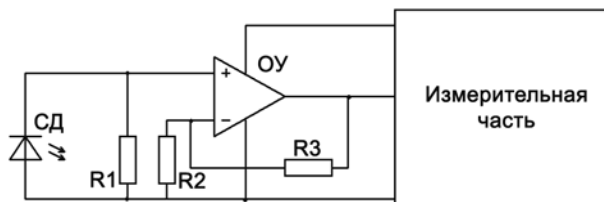


Рис. 5. Фрагмент электрической принципиальной схемы измерителя освещенности на основе светодиода
Fig. 5. Fragment of a finished schematic of the meter illumination based on LEDs

Пример реализации измерителя освещенности – светодиод (СД) с прозрачной линзой подключается к нагрузочному сопротивлению R1 10 кОм и ко входу усилителя на основе операционного усилителя ОУ, у которого резисторами R2, R3 задается коэффициент усиления. К выходу усилителя подключается измерительная часть, например, на основе цифровой измерительной головки или АЦП микроконтроллера. При этом отсутствует необходимость в применении корректирующих светофильтров.

Заключение

Применение светодиодов в качестве фотодатчиков, хотя и имеет пониженную чувствительность при низкой освещенности, однако в некоторых случаях может упростить сложную оптическую систему и систему светофильтров.

Список литературы

1. <http://electronics.stackexchange.com/questions/36080/specific-color-sensing-is-it-possible-in-an-economical-way-without-using-camer>.
2. Заявка на патент № 2012147014/08, 06.11.2012. Дата публикации заявки: 20.05.2014.
3. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики. 2-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2002.
4. Юферев Л.Ю. Повышение эффективности систем уличного освещения // Инновации в сельском хозяйстве. Электронный журнал ФГБНУ ВИЭСХ. 2014. № 4.С. 314-317.
5. Пат. № 137973 РФ, МПК G01J 3/00. Измеритель фотосинтетически-активной радиации / Л.Ю. Юферев, А.В. Соколов; заявитель и патентообладатель: Москва. Гос. научное учреждение Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства Российской Академии сельскохозяйственных наук. № 2012147558/28; заявл. 09.11.2012; опубл. 27.02.2014 // Бюл. № 6.

References

1. <http://electronics.stackexchange.com/questions/36080/specific-color-sensing-is-it-possible-in-an-economical-way-without-using-camer>.
2. Zaâvka na patent № 2012147014/08, 06.11.2012. Data publikacii zaâvki: 20.05.2014.
3. Mâkišev G.Â., Sinâkov A.3. Fizika: Optika. Kvantovaâ fizika. 11 kl.: Učeb. dlâ uglublennogo izučeniâ fiziki. 2-e izd., stereotip. M.: Drofa, 2002.
4. Ūferev L.Ū. Povyšenie êffektivnosti sistem uličnogo osvešeniâ // Innovacii v sel'skom hozâjstve. Èlektronnyj žurnal FGBNU VIÈSH. 2014. № 4.S. 314-317.
5. Pat. № 137973 Rossijskaâ Federaciâ, MPK G01J 3/00. Izmeritel' fotosintetičeski-aktivnoj radiacii / L.Ū. Ūferev, A.V. Sokolov; zaâvitel' i patentoobladatel': Moskva. Gos. naučnoe učreždenie Vserossijskij NII êlektrifikacii sel'skogo hozâjstva Rossijskoj Akademii sel'skohozâjstvennyh nauk. № 2012147558/28; zaâvl. 09.11.2012; opubl. 27.02.2014 // Bûl. № 6.

Транслитерация по ISO 9:1995





ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.А. Королев

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
129128 Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 2
Тел.: (499) 171-15-11, e-mail: vieshvk@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Рассмотрено применение агрегатных моделей и использование стандартных математических зависимостей для описания процессов и управления технологическим оборудованием в составе единых агротехнологических систем.

Ключевые слова: агротехноценоз, биоценоз, техноценоз, управление, агрегатная модель.

IMPROVING OF THE EFFICIENCY OF THE SYSTEMS CONTROL FOR AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL PROCESSES

V.A. Korolev

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)
2, 1st Veshnyakovskii str., Moscow, 129128, Russia
Tel.: (499) 171-15-11, e-mail: vieshvk@yandex.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

Application of modular models, use in them of standard mathematical dependences for consideration and the forecast of a course of processes as a part of uniform agro technological systems is considered.

Keywords: agrarian technological system, biological system, technical system, management.



*Владимир
Александрович
Королев
Vladimir A. Korolev*

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией ВИЭСХ.
Профессиональный опыт – более 30 лет.
Образование: Фрунзенский политехнический институт (1971).
Область научных интересов: математика, компьютерные технологии.
Публикации: более 230.

Information about the author: candidate of technical sciences, assistant professor, head of the laboratory VIESH.

Professional experience – more than 30 years.
Education: Frunze Polytechnic Institute (1971).
Research area: mathematics, computer technologies.
Publications: more than 230.

Введение

Удовлетворение естественных потребностей роста и развития объекта аграрного производства (ОАП), обеспечение его потенциально возможной продуктивности в ходе реализации агропроцессов требуют физиологически и экономически обоснованных затрат (ввода) материальных и энергетических ресурсов, информации. В циклах производства агропродукции эти затраты зависят от вида ОАП, конкретных технологий и природно-климатических условий его возделывания.

Главным резервом снижения техногенной энергоёмкости и увеличения урожайности сельскохозяйственной продукции является повышение биоэнергетического КПД преобразования природной энергии автотрофными фотосинтезирующими растениями (при производстве продукции растениеводства используют 97-98% энергии солнечного излучения и только до 2-3% техногенной). Техногенную энергию в сельскохозяйственном производстве целесообразно рассматривать как энергию управления технологическими процессами для высокоэффективного преобразования организмами: солнечной энергии – растениями, энергии кормов – животными [1, 2].

Биоценозы и техноценозы

Современные подходы к решению проблем увеличения объемов производства и качества, уменьшения стоимости сельскохозяйственной продукции, негативных воздействий агротехнологий на окружающую среду предусматривают рассмотрение преобразования энергии в агропроцессах в составе единых агротехнологических систем. Агротехноценозы (АТЦ) – ограниченные в пространстве и времени сложные открытые системы, функционирующие в изменяющихся климатических и почвенных условиях конкретного региона, объединяют биоценозы (природные объекты: окружающая среда, растительные и животные организмы ОАП) и техноценозы (техногенные объекты: искусственные сообщества рабочих машин (РМ), создаваемые человеком для повышения эффективности агропроцессов) [1].

Техноценозы устойчивы в развитии, их построение подчинено объективно существующим закономерностям формирования технических систем [3, 4]. Элементы техноценозов, как правило, самостоятельные динамические системы, рассредоточены в пространстве, их функционирование происходит в среде неуправляемых стохастических параметров в условиях недостатка информации о ходе процессов и распределено во времени.

Высокоэффективным техноценозам присущи искусственные технико-технологические адаптивные функции опережающего отражения действительности, формирования алгоритмов достижения требуемых потребительских целей в заданном целелогическом направлении [5].

Приспособительные способности техногенного оборудования к биоэкологическим технологиям отражают логические соотношения адаптивных актов сохранения наследуемости выполняемых операций и эволюции конкретных видов сельскохозяйственной продукции. Повторяемость процедур в циклах технологических операций усиливает качество адаптации приобретаемых на практике технологических знаний и опыта к системно организованной базе знаний, реальной производственной базе [5]. В этих условиях важна роль превентивно опережающего управления элементами техногенной части АТЦ с использованием прогноза развития самоорганизующихся процессов в структурах биоценозов.

Системы управления АТЦ

Оборудование техноценозов функционирует согласно штатным (типовым) перечням (комплексам, циклам) технологических операций, включающим последовательности действий, регламентируемые технологическими картами выполняемых процессов. Если реализация штатного цикла операций, независимо от того, началось их выполнение или нет, невозможна, типовую последовательность корректируют: между фазами процесса, где установлено это событие, внедряют фазы или отдельные операции, не предусмотренные штатным циклом.

Системы, обеспечивающие актуальные циклограммы работы, располагают на верхнем уровне управления техноценозом (непосредственная связь с самоорганизующимися процессами природного происхождения) либо – на верхнем уровне управления группами технологического оборудования (связь с циклами технологических операций).

Системы управления агропроцессами объединяют большое число элементов, описываемых разными математическими моделями. Это – сложные, требующие значительных затрат времени, ресурсов, высокой квалификации специалистов при разработке, отладке и эксплуатации уникальные структуры, ориентируемые на конкретные применения и алгоритмы управления.

В большинстве случаев агропроцессы, даже объединенные общей технологией, реализуются как самостоятельные технологические операции, взаимосвязи между которыми проявляются неявно и которые выполняют специализированные РМ через самостоятельные управляющие воздействия. Например, в период возделывания растений производят подготовку почвы, посадку растений, обслуживание различных стадий их вегетации и др. В связи с этим структуры техноценозов на практике формируют в виде направленных систем – упорядоченных множеств управляемых, имеющих общую цель функционирования РМ, ориентируемых на выполнение определенных функций или конкретных технологических операций. Соответственно, задача управления агропроцессами объединяет подзадачи



с локальными целью и критерием качества управления для РМ и операций.

Существующая методологическая классификация относит подобные системы к структурам высокого эпистемологического уровня. На разных этапах реализации агротехнологий их функциями являются определение состава, готовности к использованию, сочетаемости, определения последовательности и длительности переключения, диапазонов эффективного функционирования и взаимодействия отдельных или групп РМ, распределения между ними общесистемных ресурсов и т.п.

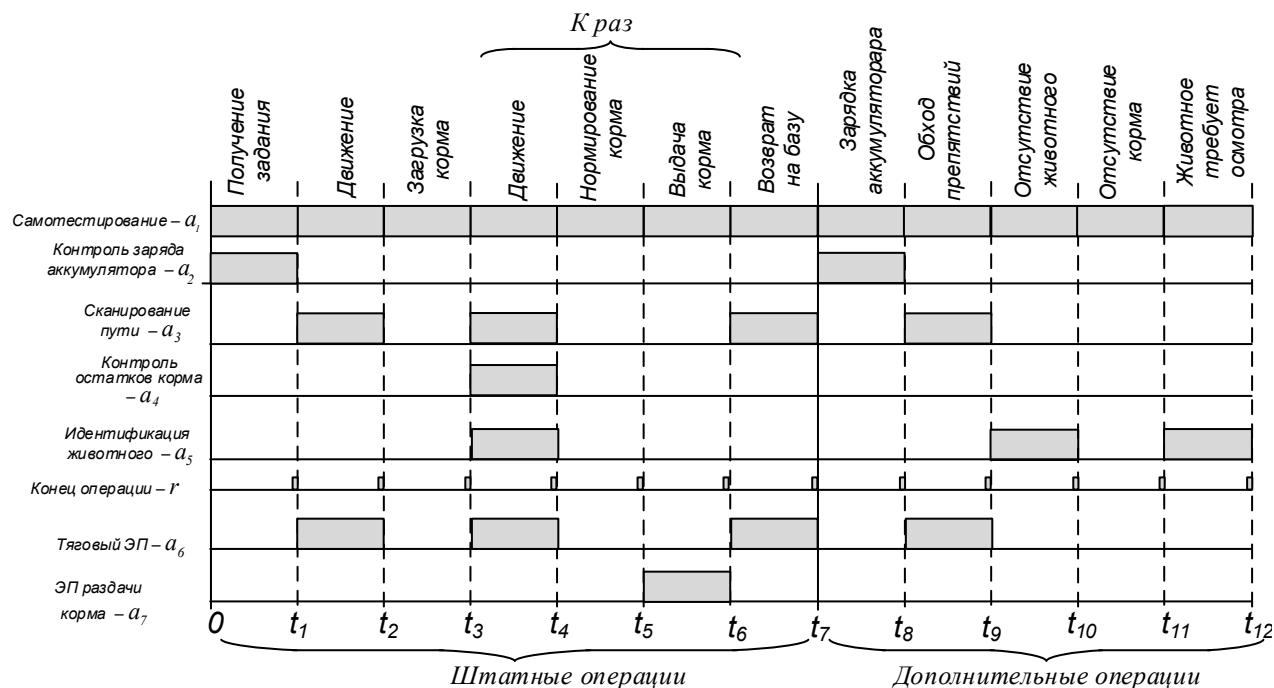
При анализе и разработке многофункциональных и многокомпонентных систем вводят понятие «агрегат». Состояние агрегата, его параметры и происходящие в нем процессы характеризуют совокупности множеств различной природы, в общем случае случайных, например, фазы процессов; входные, управляющие, выходные сигналы, состояние и т.п., операторы переходов и выходов, реализующих преобразования входных, выходных и управляющих функций и т.п. Абстрактные агрегатные модели относят к классу универсальных, способных моделировать работу разных объектов. Применение к техническим устройствам как преобразователям информации понятия «агрегат» создает перспективы создания унифицированных структур устройств управления по гибкому алгоритму с учетом требований реальных процессов [3, 4].

При использовании агрегативного подхода к АТЦ из техноценоза выделяют семейство РМ, ориентированных на выполнение конкретного комплекса тех-

нологических операций и используют циклограммы работы этих РМ. Модель такого семейства характеризуют множества: A – исполнительные технические средства (ИТС) и устройства переключения операций (УПО) выполняемых технологических процессов (средства контроля параметров процессов, приводы, контакторы, заслонки, исполнительные клапаны и т.п.); T – участки (фазы) циклограммы работы; Y – состояния ИТС и УПО на участках (фазах) циклограммы работы; U – условия завершения участков (фаз) и перехода на новые участки (фазы). Множество Y описывает двухмерная матрица, число столбцов которой соответствует количеству элементов участков (фаз) циклограммы работы, а число строк – количеству ИТС и УПО ($U \in Y$).

Ниже приведен пример использования агрегатной модели для элемента ТЦ.

Адаптивные роботизированные кормораздатчики (РК) ферм крупного рогатого скота с привязным содержанием животных на участках циклограмм функционирования (рисунок) выполняют различные операции, решают конкретные задачи: расчет и оптимизацию групповых и индивидуальных рационов кормления животных в течение года и ежедневно, заполнение раздатчика дозой корма на группу животных и индивидуальную раздачу кормов в кормовых станциях; фиксацию информации о непоедаемости корма и о животных, недоедающих корм, ветеринарный осмотр животных, выбор пути обхода препятствий, рациональной скорости движения, оценку состояния животных и т.п.



Технологические операции при функционировании РК
Technological operations when operating robotized device distribution provender



Агрегатную модель работы РК характеризуют множества:

$$A = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_5];$$

$$T = [t_1 \ t_2 \ \dots \ t_{12}]^T;$$

$$Y(a, t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [t_0 - t_1]: \bar{a}_1 \bar{a}_2 r_1 \rightarrow t_1 \vee a_2 \rightarrow t_7 \vee a_1 \rightarrow t_0; \\ [t_1 - t_2]: t_1 \ \& \ \bar{a}_1 \bar{a}_3 \bar{a}_6 r_2 \rightarrow t_2 \vee a_3 \rightarrow t_8 \vee a_1 \rightarrow t_0; \\ [t_{2(4,10)} - t_{3(5,11)}]: t_{2(4,10)} \ \& \ \bar{a}_1 r_{3(5,11)} \rightarrow t_{3(5,11)}; \\ [t_3 - t_4]: t_3 \ \& \ \bar{a}_1 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \bar{a}_5 \bar{a}_6 r_4 \rightarrow t_4 \vee a_1 \rightarrow t_6 \vee a_3 \rightarrow \\ \rightarrow t_8 \vee a_4 \rightarrow t_{10} \vee a_5 \rightarrow t_9; \\ U = [t_5 - t_6]: \bar{a}_1 \bar{a}_7 r_5 \rightarrow t_6 \vee a_1 \rightarrow t_0; \\ [t_6 - t_7]: t_6 \ \& \ \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 r_7 \rightarrow t_0; \\ [t_7 - t_8]: t_7 \ \& \ \bar{a}_1 \bar{a}_2 r_1; \\ [t_9 - t_{10}]: t_9 \ \& \ \bar{a}_1 \bar{a}_5 r_{10} \rightarrow t_0 \end{array} \right. ,$$

где $a_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_5$ – перечень ИТС и УПО; $[t_0, t_1, \dots, t_{12}]$ – участки (фазы) циклограммы функционирования РК.

Прогнозирование процессов в АТЦ

Известные методы генерации упреждающих управлений для адаптации технических систем к условиям и характеристикам выполняемых процессов базируются на теории предсказаний, используют ретроспективную информацию, расчетную или полученную в режиме реального времени, и т.п. Из-за сложности структур АТЦ и плохой предсказуемости процессов в них реализации этих методов здесь не всегда возможны. Вместе с тем, согласно [1, 2, 6], построение техноценозов, изменение, преобразование и развитие процессов в них в значительной степени подчинены объективным закономерностям, характерным для природных структур биоценозов.

Самоорганизующиеся процессы изменения внешних воздействий и характеристик ОАП во времени, как правило, инерционные, можно описать стандартными математическими зависимостями (длительные процессы – закон технического оптимума, процессы средней продолжительности – экспоненциальный, короткие – линейный) или составить из участков, на

которых изменения характеристик процессов описывают эти зависимости. Изменения параметров режима технических элементов АТЦ могут быть формализованы аналогично.

Законы изменения параметров управления определим исходя из следующих соображений. В многофакторной системе «ОАП – факторы окружающей среды – факторы среды управлений» неуправляемые воздействия окружения (почвенно-климатические условия, интенсивность солнечного излучения, температура, влажность воздуха и др.), техногенные воздействия, изменяя которые можно влиять на технологические процессы и на ОАП, отнесем к управлениям и разделим на три группы: типовое управление, внешнее управление, корректирующее управление.

В качестве типового управления примем реализуемые согласно технологическому регламенту процессов техногенные воздействия на ОАП, практически не изменяющиеся или изменяющиеся незначительно длительный период применения по составу, параметрам и последовательности технологических операций; в качестве внешнего – самоорганизующиеся неуправляемые (кроме технологических процессов тепличного растениеводства, закрытого содержания животных и т.п.) воздействия окружения; в качестве корректирующего – дополнительные техногенные воздействия на ОАП для реализации задач обеспечения высокоэффективного производства.

При конкретном внешнем управлении и идеальном по требованиям производства типом достаточно реализовать типовое управление для получения нужного результата. На практике внешнее управление может ухудшать условия существования ОАП, а типовое – быть недостаточным для обеспечения условий высокоэффективного производства. Тогда для улучшения этих условий применяют корректирующее управление с привлечением дополнительных ресурсов. Корректирующее управление – это оперативные воздействия на технологические процессы в режиме реального времени, лучшие стратегии по отношению к цели и задачам управления. Задержки управления по времени могут ограничивать положительное изменения характеристик ОАП, функциональных и технических параметров агросистемы в целом и сделать управление неэффективным. Парадигма корректирующего управления агросистемами предусматривает реализацию интеллектуального воздействия на ОАП как реакцию на возникающие отклонения характеристик процессов от требуемых значений и на нештатные ситуации. Это – управление, инициированное объективной необходимостью устранения возникающего в ходе выполнения процессов несоответствия контролируемых характеристик агросистемы и ее элементов области допустимых значений, устойчивых тенденций динамики, могущих привести к такому несоответствию.



При реализации агропроцессов из числа переменных процесса индивидуально в зависимости от вида ОАП (например, в растениеводстве: сорта, гибрида растений, стадий их вегетации и т.п.), реализуемой технологии, условий функционирования и др. в режиме реального времени выделяют переменную порядка (наиболее быстро меняющуюся и наиболее сильно влияющую на процессы в системе) и параметры управления (типового, корректирующего), с помощью которых можно воздействовать на процессы изменения ОАП. В растениеводстве в качестве переменной порядка целесообразно выбрать эксергию оптического излучения в отношении фотосинтеза растений, а в качестве параметров управления – один или несколько параметров условий функционирования (температуру и влажность воздуха, влажность и минеральный состав почвы, наличие органических удобрений и др.) [1, 6].

В ходе реализации процессов, используя информацию об изменениях переменной порядка и параметров управления до момента осуществления их контроля, базу ретроспективных данных о реализациях аналогичных процессов, выбирают, какая из перечисленных выше стандартных математических зависимостей наиболее точно описывает изменения контролируемых информативных переменных процессов. Экстраполируя выбранные зависимости на перспективу, определяют прогнозные сценарии изменения характеристик ОАП и агросистемы в целом. Для проверки правильности выбранных сценариев рассчитывают значение переменной порядка. Если с точки зрения получения потенциально возможной продуктивности ОАП, устойчивости и эффективности технологических процессов с учетом прогноза изменения условий функционирования типовое управление не обеспечивает адаптации к изменяющимся условиям и полной мобилизации ресурсов ОАП при высоких технико-экономических показателях, подбирают законы изменения переменных корректирующего управления для достижения этих целей. Если прогнозные значения контролируемых переменных и законов изменения корректирующего управления отличаются от реальных итерационными изменениями их конечных значений, производят изменение этих зависимостей до тех пор, пока сходимость прогнозов изменения контролируемых переменных не будет удовлетворительной.

Список литературы

1. Свентицкий И.И. Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.

Управление РМ

На практике достижение заданных значений показателей агротехнологических процессов (производительность, качество продукции, энергоэффективность и т.д.) осуществляют за счет корректного выбора из существующей номенклатуры технологического оборудования типа и параметров РМ. Оптимальные режимы РМ, выполнение локальных технических требований к ним обеспечивают за счет управления исполнительными приводами этих машин.

Формально постановка и решение задач управления приводами разработаны достаточно полно. Так, в [7, 8] при решении задач формализации управления электромеханическими преобразователями энергии и их проектирования использовался метод динамического синтеза, основанный на применении стандартных математических зависимостей для описания изменения во времени параметров процессов.

Для согласования режимов РМ, реальных условий и характеристик выполняемых процессов системы управления верхнего уровня должны также генерировать, транспортировать устройствам управления РМ информацию о ходе изменения параметров агропроцессов для корректировки вида законов управления приводами конкретных РМ, а также соответствующих начальных, конечных и граничных условий уравнений, формализующих эти законы.

Заключение

Современные подходы к решению проблем увеличения объемов производства и качества, уменьшения стоимости сельскохозяйственной продукции, негативных воздействий агротехнологий на окружающую среду предусматривают рассмотрение преобразования энергии в агропроцессах в составе единых агротехнологических систем.

Создание системы управления устройств различного назначения и применения на базе агрегатной модели не требует разработки сложных алгоритмов и схем управления. Применение агрегатных моделей, использование в них стандартных математических зависимостей для прогнозирования изменений характеристик процессов и управления существенно упрощает технические реализации элементов технологической части АТЦ, создает возможность унификации схемных и программных решений для различных устройств управления агропроцессами, сокращает затраты времени и материально-трудовых ресурсов на этапе их разработки и внедрения.

References

1. Sventickij I.I. Ènergobereženie v APK i ènergetičeskàâ èkstremaal'nost' samoorganizacii. M.: GNU VIÈSH, 2007.

2. Свентицкий И.И., Королев В.А. Инновационные положения управления высокоэффективными (точными) агротехнологиями // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. Горячкина. 2007. № 2 (22). С. 22-23.

3. Кудрин Б.И. Античность, символизм, технетика. М.: Электрика, 1995.

4. Кудрин Б.И. Классика технических ценозов. Ценологические исследования. Выпуск 31. М., 2006.

5. Башилов А.М. Электронно-оптическое зрение в аграрном производстве. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005.

6. Пат. 2350068 РФ Способ и устройство автоматического управления производственным процессом растений с учетом самоорганизации / Свентицкий И.И., Королев В.А., Алхазова Е.О. // БИ. 2009. № 9.

7. Загорский А.Е., Королев В.А. Исследование динамических характеристик электрических машин автономной неразветвленной системы электроснабжения // Электротехника. 1981. № 6. С. 8-11.

8. Загорский А.Е., Королев В.А. Оптимизация динамических режимов регулируемых электрических машин // Электричество. 1988. № 9. С. 65-69.

2. Sventickij I.I., Korolev V.A. Innovacionnye položeniâ upravleniâ vysokoëffektivnymi (točnymi) agrotehnologiâmi // Vestnik FGOU VPO MGAU im. Gorâčkina. 2007. № 2 (22). S. 22-23.

3. Kudrin B.I. Antičnost', simvolizm, tehnetika. M.: Èlektrika, 1995.

4. Kudrin B.I. Klassika tehničeskikh cenozov. Cenologičeskije issledovaniâ. Vypusk 31. M., 2006.

5. Bašilov A.M. Èlektronno-optičeskoe zrenie v agrarnom proizvodstve. M.: GNU VIËSH, 2005.

6. Pat. 2350068 RF Sposob i ustrojstvo avtomatičeskogo upravleniâ produkcioonnym processom rastenij s učetom samoorganizacii / Sventickij I.I., Korolev V.A., Alhazova E.O. // BI. 2009. № 9.

7. Zagorskij A.E., Korolev V.A. Issledovanie dinamičeskikh harakteristik èlektričeskikh mašin avtonomnoj nerazvetvlennoj sistemy èlektrosnabženiâ // Èlektrotehnika. 1981. № 6. S. 8-11.

8. Zagorskij A.E., Korolev V.A. Optimizaciâ dinamičeskikh režimov reguliruemyh èlektričeskikh mašin // Èlektričestvo. 1988. № 9. S. 65-69.

Транслитерация по ISO 9:1995



СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ ЛЕТАЮЩЕГО РОБОТА ДЛЯ ЗАБОРА И АНАЛИЗА ГРУНТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

В.А. Королев, А.М. Башилов, К.О. Можяев

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
129128 Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 2
Тел.: (499) 171-15-11, e-mail: vieshvk@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Для проведения забора проб грунта использован комплекс на базе мобильного робота вертолетного типа – квадрокоптера. Исходя из критических условий, когда объем грунта максимален и он твердый, определены размеры активной части грунтозаборника и создана модель привода для забора проб с коническим буром с режущей кромкой.

Ключевые слова: забор проб почвы, летающий робот, система управления, устройство забора почвы.

STRUCTURE AND ALGORITHMS OF THE WORK FLYING ROBOT FOR TAKING AWAY AND ANALYSIS OF THE SOIL AGRICULTURAL FIELDS

V.A. Korolev, A.M. Bashilov, K.O. Mozhaev

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)
2, 1st Veshnyakovskii str., Moscow, 129128, Russia
Tel.: (499) 171-15-11, e-mail: vieshvk@yandex.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

To conduct soil sampling it was decided to use a system based on mobile robot helicopter type - quadrocopter. To calculate the system we took maximum critical conditions, when the maximum amount of soil and it loose. After the calculation drive of sampling model was created with a conical drill with a cutting edge.

Keywords: soil-sampling, flying robot, management system, soil-sampling device.



*Владимир
Александрович
Королев
Vladimir A. Korolev*

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией ВИЭСХ. Профессиональный опыт – более 30 лет.
Образование: Фрунзенский политехнический институт (1971).
Область научных интересов: математика, компьютерные технологии.
Публикации: более 230.

Information about the author: candidate of technical sciences, assistant professor, head of the laboratory VIESH.
Professional experience – more than 30 years.
Education: Frunze Polytechnic Institute (1971).
Research area: mathematics, computer technologies.
Publications: more than 230.



Алексей Михайлович
Башилов
Aleksey M. Bashilov

Сведения об авторе: д-р. техн. наук, профессор, заведующий лабораторией ВИЭСХ. Профессиональный опыт – более 30 лет.
Образование: Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина (1973).
Область научных интересов: агротехнологии, техническое зрение.
Публикации: более 200.

Information about the author: doctor of the technical sciences, professor, head of the laboratory VIESH.

Professional experience – more than 30 years.

Education: Moscow Institute of Agricultural Engineers named V.P. Goryachkin (1973).

Research area: agrarian technologies, technical vision.

Publications: more than 200.



Кирилл Олегович
Можяев
Kirill O. Mozhaev

Сведения об авторе: инженер ВИЭСХ. Профессиональный опыт – более 4 лет.
Образование: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (2013).
Область научных интересов: робототехника, моделирование.
Публикации: 12.

Information about the author: engineer, VIESH.

Professional experience – more than 4 years.

Education: Moscow State Technical University named N.E. Bauman (2013).

Research area: robotics, modeling.

Publications: 12.

Технико-технологические особенности забора грунта летающим роботом

В сельском хозяйстве сфера деятельности робототехнических устройств широка, и одним из видов такой деятельности является забор проб грунта на сельхозугодьях. Эту технологическую операцию выполняют при создании карт плодородия сельхозугодий; привязке динамики изменения агрофизических и агрохимических показателей отдельно взятого сельхозугодья ко времени и к пространству; определении доз и сроков внесения в почву удобрений, а также при решении других конкретных задач.

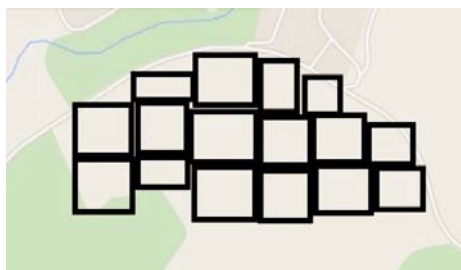
В настоящее время ручные методы и устройства забора проб почвы заменяют автоматизированными грунтозаборниками (ГЗБ) на наземном самоходном технологическом средстве [1, 2]. Однако подобные системы пока не соответствуют полностью предъявляемым требованиям, т.к. имеют большие габариты и при перемещении по возделываемым сельхозугодьям повреждают почву и агрокультуры, не могут функционировать без участия человека, дороги, а затраты времени и энергии на выполнение поставленных задач здесь значительны.

Согласно концепции точного земледелия [2] в технологических процессах возделывания агрокуль-

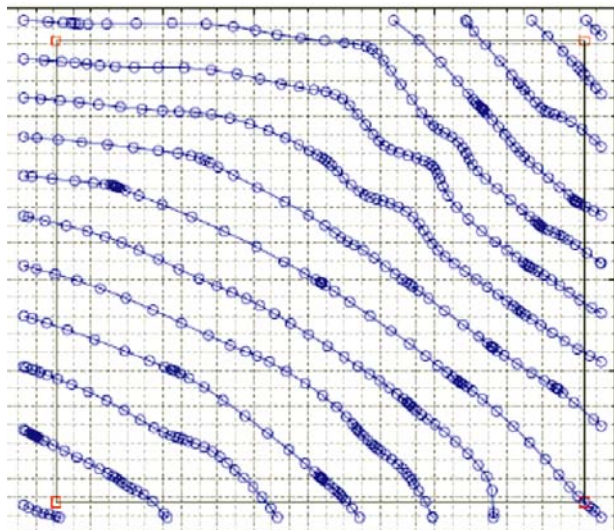
тур целесообразно применять технические средства, при использовании которых вредные воздействия на агрокультуры, почву и окружающую среду отсутствуют. К таким техническим средствам можно отнести комплекс на базе дрона вертолетного типа – квадрокоптера (КВТ) [3]. Квадрокоптеры в автоматическом режиме способны забирать и переносить пробы почвы на заданные расстояния, а при оснащении специальным оборудованием (средствами технического зрения, устройствами отбора фрагментов агрокультур и т.п.), исследовать характеристики агрокультур, оценивать увлажненность почвы, выполнять другие технологические операции на больших территориях сельхозугодий.

Траектории полетов дрона должны быть реализуемы с учетом технических характеристик квадрокоптера, обеспечивать минимум энергозатрат и максимально быструю отработку выполняемых задач. Наиболее рациональны траектории дрона при разбивке сельхозугодья на зоны (квадраты), линейное сканирование сельхозугодий, использование равноудаленных кольцевых трасс (рис. 1). Сложной задачей при функционировании КВТ для забора пробы почвы является обеспечение требуемой прижимной силы и устойчивости носителя ГЗБ.

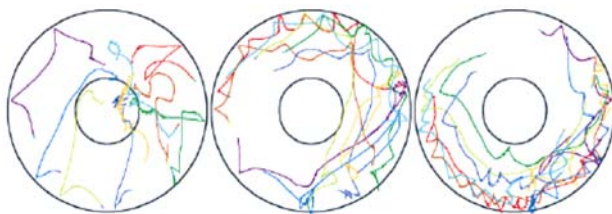




a



b



c

Рис. 1. Траектории полетов летающего робота:
 a – разбивки сельхозугодия на квадраты;
 b – линейная проработка точек забора грунта;
 c – полеты внутри кольцевой зоны
Fig. 1. Paths flight flying robot:
 a – breakdown agricultural field on squares;
 b – linear flights of the taking away the soil;
 c – flights inwardly recirculating zone

Требуемые параметры функционирования КВТ в процессе полета дрона, например, точность отработки траекторий, расчет и корректировка траекторий, определяет аппаратная и программная реализация его системы управления, поддерживаемая ресурсами дополнительных сервисов глобальной и локальной навигации (MapInfo, SSToolBox, ArcGIS и т.п.). Аппаратная база системы управления КВТ (средний уровень системы управления комплексом) должна иметь удобный интерфейс программирования, высокую производительность, возможности реализовать требуемые алгоритмы работы, потреблять мало энергии.

Структура и параметры грунтозаборника мобильного робота

При выборе модели ГЗБ учитывают его назначение (забор почвы или грунта); глубину забора (для пахотных слоев почвы – до 30 см, для грунтов различной сложности – до 10 м); уровень требований к прочности материала активной части (нержавеющая сталь, тефлон); способ взятия проб (автоматизированный или ручной), периодичность (требуемая частота исследований).

Параметры забора проб почвы, согласно ГОСТ 17.4.3.01-83, определяют с учетом структуры, плотности и влажности почвы, а также решаемой задачи (таблица).

Для расчета характеристик ГЗБ следует принимать наиболее критические условия: объем грунта максимален, грунт плотный и твердый. Для категории грунтов 1 (песок, супесь, растительный грунт, торф) плотность необходимо принимать равной 600-1600 кг/м³. С учетом запаса по объему ГЗБ (коэффициент запаса 1,15) расчетное значение массы почвы одного забора (объем заборника) составила $3,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ и соотношение высоты H и радиуса r активной части ГЗБ – 150 мм/50 мм.

В классической конструкции ГЗБ – это трубка с заостренным концом, внутри которой вдоль оси размещается поворотный механизм, позволяющий осуществлять процедуру забора грунта на различных глубинах.

Требования по забору проб грунта Amount of earth for sample

Цель исследования	Размер пробной площадки, га		Количество проб
	Почвенный покров		
	однородный	неоднородный	
Определение содержания в почве химических веществ	от 1 до 5	от 0,5 до 1	не менее одной объединенной пробы
Определение физических свойств и структуры почвы	от 1 до 5	от 0,5 до 1	от 3 до 5 точечных проб на один почвенный горизонт
Определение содержания патогенных организмов и вирусов	от 0,1 до 0,5	0,1	10 объединенных проб, состоящих из 3 точечных проб каждая

Бур оснащен режущими гранями в нижней (активной) части для разрыхления почвы и эффективного проникновения на требуемую глубину. Надежное проникновение ГЗБ в почву при снижении прикладываемого к нему усилия при входе в верхние слои почвы обеспечивает стреловидность (конусность) его активной части (рис. 2). Для возможности работы как с сыпучими, так и с плотными грунтами на боковой части конуса предусмотрена режущая кромка для среза малого слоя (до 3 мм) и переноса почвы во внутреннюю часть.

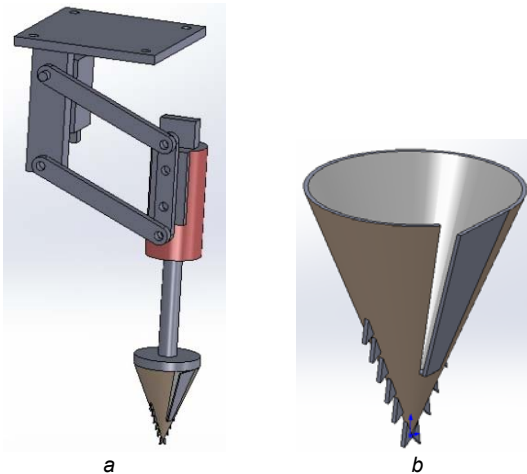


Рис. 2. Конструкция грунтозаборника летающего робота: а – 3-D модель; б – нижняя (активная) часть
 Fig. 2. Design device taking away the soil on flying robot: а – 3D model; б – lower part of sampling system

Суммарную силу, действующую на активную часть ГЗБ (рис. 3), составляют масса дрона (около 2,5 кг, $M_d = 25$ Н), усилие, побуждаемое сервоприводом ГЗБ при вращении, «обратная» тяга маршевых двигателей дрона, работающих в режиме «прижимания» аппарата к земле (максимальная сила одного маршевого двигателя $F = 15$ Н, четырех – 60 Н). Таким образом, совокупная сила, приложенная к буру ГЗБ, составляет 85 Н. При необходимости можно использовать специальный подвес совместно с установленным сервоприводом, поворотная сила которого составляет 2 кг (рис. 3).

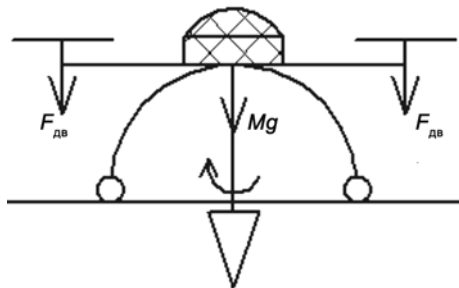


Рис. 3. Силы нагрузки бура грунтозаборника летающего робота
 Fig. 3. Power of the load borax device of the taking the soil flying robot

Конструкция ГЗБ обеспечивает не только продольное перемещение бура, но и поперечное, что нагружает режущую кромку его активной части при заполнении почвой. Для приближения центра масс робота к поверхности почвы устройство крепится в нижней части квадрокоптера под блоком батарей.

Для придания буру вращательной силы, постепенного проникновения его в слои почвы и обеспечения равномерного забора грунта использован бесколлекторный низкооборотный двигатель постоянного тока с моментом инерции $0,1125 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Система управления и алгоритмы работы мобильного робота

В качестве управляющей платы КВТ выбрана плата Arduino, к которой подключена периферия (сенсоры и управляемые устройства). Плата позволяет осуществить прием/передачу управляющих сигналов и летных данных, видеосигнала, навигационных данных и информации о текущем процессе, обеспечивает обработку сигналов с датчиков (акселерометр, гироскоп, компас) для отработки заданной траектории, а также управление двигателями с высокой точностью.

В память системы управления записана программа, осуществляющая работу по конечно-автоматному алгоритму. Работа КВТ осуществляется в цикле автоматического анализа состояния почвы, который включает в себя операции по доставке грунтоотборника к месту забора, операцию отбора пробы, а также возврат на исходную позицию для передачи образца грунта наземной станции – модулю отбора проб грунта (МОПГ). Управляемый автомат ЛР (рис. 4) является автоматом Мура с девятнадцатью дискретными состояниями [4].

В начальном состоянии на вход автомата поступает сигнал об инициализации. По этому сигналу в память дрона считывается информация о задании, включающая количество точек забора проб грунта, их GPS-координаты, а также последовательность их облета. Далее автомат переходит в состояние $X_1^{ЛР}$ и передает на выход отчет о завершении инициализации. После этого на вход автомата подается сигнал *rise*, по которому начинает осуществляться вертикальный взлет (состояние $X_2^{ЛР}$). При этом на пульт управления (ПУ) транслируется высота взлета. По достижении ЛР высоты 15 метров на ЛР подается сигнал *go_i*, по которому автомат переходит в состояние $X_{3/i}^{ЛР}$, начинается полет в заданную точку забора пробы. На ПУ при этом транслируются координаты положения ЛР. По достижении заданной точки автомат переходит в состояние $X_4^{ЛР}$, в котором происходит вертикальный спуск. По команде *lower=A* включается сервопривод, опускающий пробозаборник в состояние забора пробы, а также включение двигателя грунтоотборника ($X_5^{ЛР}$). Затем по



команде $lower=B$ происходит подъем пробозаборника вместе с пробой (X_6^{JP}). По команде $rise$ происходит вертикальный взлет до высоты в 15 м (X_7^{JP}). И затем по команде go_UTSPG ЛР возвращается на базу (МОПГ) (X_8^{JP}). По команде $land_Utspg$ происходит посадка ЛР на МОПГ с применением СТЗ

(X_9^{JP}). Затем в состояниях X_{10}^{JP} и X_{11}^{JP} происходит смена пробозаборника с пробой на пустой пробозаборник, после чего автомат вновь переходит в состояние X_2^{JP} , цикл возобновляется.

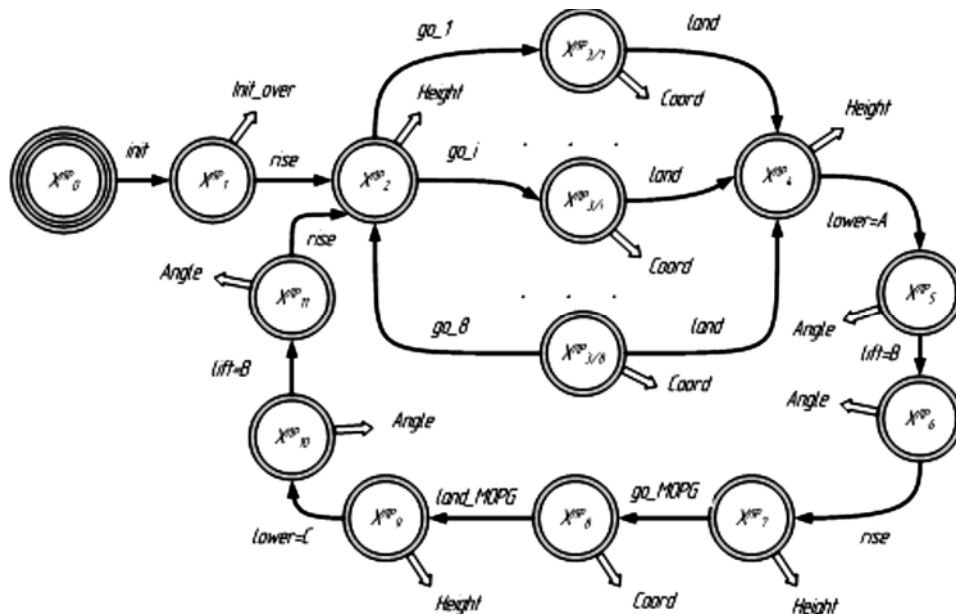


Рис. 4. Конечный автомат летающего робота
Fig. 4. Sequence block-scheme of flying robot

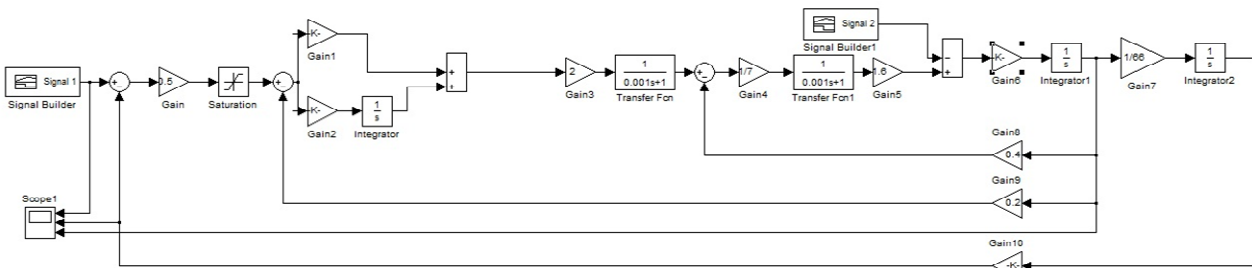


Рис. 5. Модель привода с П-регулятором положения и ПИ-регулятором скорости
Fig. 5. Model of system with location and speed regulators

Разработана модель [5] для исследования процессов управления движением КВТ (рис. 5).

Результаты моделирования процесса забора грунта (рис. 6) показывают, что двигатель, получая сигнал начала вращения (максимальная частота вращения), обрабатывает его с небольшим запозданием. Время переходного процесса составляет 3 с, перерегулирование – менее 20%. Полученные значения показателей переходных процессов удовлетворяют условиям выполнения процессов забора проб почвы на сельскохозяйственных полях.

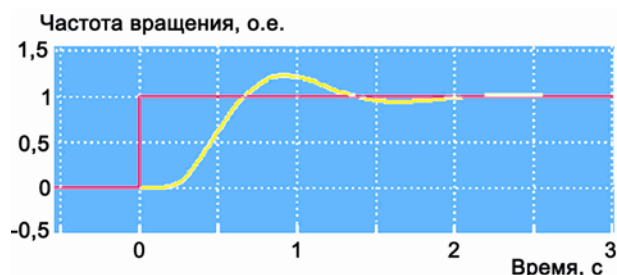


Рис. 6. Обработка начала вращения бура
Fig. 6. Beginning of drilling

Заключение

1. Процесс забора проб грунта представляет собой сложный процесс, сочетающий работу систем позиционирования мобильного робота и грунтозаборника. Для минимизации энергозатрат необходимо оптимизировать форму грунтозаборника, а также проводить настройку приводов на отработку положения грунтозаборника с учетом переменной величины силы вязкого сопротивления грунта.

2. В некоторых случаях для анализа проб грунта целесообразно использовать оптические (лазерные), бесконтактные средства контроля параметров почвы (температуры, влажности, солнечной радиации), устанавливаемые на летающем роботе и исключающие необходимость реализации операции механического забора проб.

Список литературы

1. Рунов Б.А., Пильникова Н.В. Основы технологии точного земледелия. СПб.: АФИ, 2012.
2. Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве: науч. ан. обзор. М.: ФГНУ «Росинфорагротех», 2009.
3. Efficient robots for precision farming [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fieldrobot.nl>, свободный.
4. Майника Э. Оптимизация на сетях и графах. М.: Мир, 1981.
5. Лазарев Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. Киев: НТУУ «КПП», 2003.

References

1. Runov B.A., Pil'nikova N.V. Osnovy tehnologii točnogo zemledeľiâ. SPb.: AFI, 2012.
2. Robotizirovannye sistemy v sel'skohožajstvennom proizvodstve: nauč. an. obzor. M.: FGNU «Rosinforagroteh», 2009.
3. Efficient robots for precision farming [Èlektronnyj resurs]. Režim dostupa: <http://www.fieldrobot.nl>, svobodnyj.
4. Majnika È. Optimizaciâ na setâh i grafah. M.: Mir, 1981.
5. Lazarev Ū.F. Načala programirovaniâ v srede MatLAB: Učebnoe posobie. Kiev: NTUU «KPP», 2003.

Транслитерация по ISO 9:1995



ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ СОРНЯКОВ ОТ ГЛУБИНЫ ИХ ЗАЛЕГАНИЯ И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ

В.Н. Топорков

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
109456 Москва, 1-й Вешняковский пр., д. 2
Тел./факс: +7(499) 174-15-11; e-mail: vieshvt@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Предложен экологически чистый способ уничтожения сорняков импульсами высокого напряжения.

Приведена методика исследования воздействия высоковольтных импульсов на корневую систему сорных растений и методика определения степени повреждения корневой системы после воздействия.

Для исследования степени повреждения корня при электроимпульсном воздействии в зависимости от глубины его залегания в почве нами был выбран наиболее злостный сорняк – бодяк полевой, имеющий глубокий стержневой корень.

Получены зависимости степени повреждения корня бодяка полевой от глубины его залегания и влажности почвы при напряжении обработки 20 кВ и энергии импульсов 10 Дж.

Ключевые слова: сорные растения, импульсы высокого напряжения, степень повреждения сорняков, экологически чистые методы уничтожения сорняков.

DEPENDENCY OF THE HARM ROOT PLANTS FROM DEPTH OF THEIR FINDING AND MOISTURE OF THE LAND UNDER ELECTRIC PROCESSING

V.N. Toporkov

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)
2, 1st Veshnyakovsky pr., Moscow, 109456, Russia
Tel./fax: +7(499) 174-15-11; e-mail: vieshvt@yandex.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

The ecological clean way of the destruction weeds by pulse of high power is offered.

The methods of the study of the influence high-tension pulse to root system of the rubbish plants and methods of the determination degree damages of the root system after influence are brought.

The methods of the study of the influence high-tension pulse to root system of the rubbish plants and methods of the determination degree damages of the root system after influence are brought.

Dependencies degree damages root бодяка field from depth of its location and moisture of ground at voltage of the processing 20 kV and energy pulse 10 J are received.

Keywords: rubbish plants, pulses of high power, degree of the damage weed, ecological clean methods of the destruction weed.



*Виктор Николаевич
Топорков
Viktor N. Toporkov*

Сведения об авторе: старший научный сотрудник ВИЭСХ.

Образование: Волгоградский сельскохозяйственный институт (1965).

Область научных интересов: использование высоковольтных импульсов в технологических процессах.

Публикации: 52, в том числе 11 изобретений (а. с. СССР и патентов РФ).

Information about the author: senior researcher VIESH.

Education: Volgograd Agricultural Institute (1965).

Research area: the use of high-voltage pulses in technological processes.

Publications: 52, including 11 inventions (USSR author's certificates and patents of the RF).

Введение

Борьба с сорняками является важной народно-хозяйственной задачей. Для уничтожения сорной растительности в современном земледелии применяют агротехнические (механические) и химические (с использованием гербицидов) методы. Однако применение гербицидов оказывает отрицательное влияние на окружающую среду.

К числу экологически чистых способов уничтожения сорняков относятся электрофизические методы, предусматривающие воздействие на структуры сорных растений электроэнергией высокого напряжения. Развитие этих методов борьбы с сорняками на основе электротехнологий позволит эффективно использовать и внедрять в сельскохозяйственное производство электрическую энергию переменных и импульсных токов высокого напряжения.

Для надежного уничтожения сорных растений необходимо повредить до необратимого состояния не только растительную ткань их стеблей, но и корневую систему на возможно большую глубину. Степень повреждения корневой системы сорных растений зависит не только от электрических параметров обработки, но и от фазы развития растений, разветвленности корневой системы и особенно от влажности почвы. Для исследования степени повреждения корня при электроимпульсном воздействии в зависимости от глубины его залегания в почве нами был выбран бодяк полевой, имеющий глубокий стержневой корень. Исследования проводили в лабораторных и полевых условиях.

Методика исследования

Для лабораторных исследований почвенные образцы размером 50×50×30 см вместе с растущими растениями бодяка полевого доставлялись с поля без нарушения структуры в ящиках из электроизоляционного материала. Влажность почвы поддерживалась: в первой серии опытов – в пределах 8-12%, во второй – 18-22%. Эксперименты проводились преимущественно в течение первых 1,5-2 часов после доставки растений в лабораторию.

Все исследования в лабораторных условиях по воздействию высоковольтных импульсов на сорные растения проводились с использованием RC-генератора, позволяющего плавно регулировать напряжение от 0 до 100 кВ.

В процессе обработки сорняков напряжение на рабочем промежутке поддерживали равным 20 кВ, энергию импульса 10 Дж и количество импульсов изменяли от 5 до 40.

Растения обрабатывались в ящиках. Один электрод при этом заглублялся в землю, а второй соприкасался с обрабатываемым растением. Схема подведения к растению высоковольтных импульсов приведена на рис. 1. Одиночные импульсы высокого напряжения с RC-генератора подавались на сорное

растение. После проведения предусмотренных методикой исследований импульсных воздействий на растительную ткань источник высокого напряжения отключался, с емкостей снимался остаточный заряд и сразу проводились необходимые измерения свойств и параметров растительной ткани после электроимпульсного воздействия.

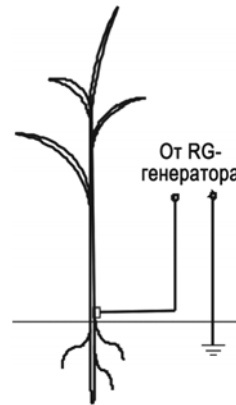


Рис. 1. Схема подведения к растению высоковольтных импульсов
Fig. 1. Scheme of the joining the high-tension pulse with weed

растение. Степень повреждения определяли методом электропроводности, основанном на зависимости импеданса ткани на какой-либо частоте от ее физиологического состояния, по известным методикам [1, 2].

Схема для измерения электрического сопротивления растительной ткани приведена на рис. 2.

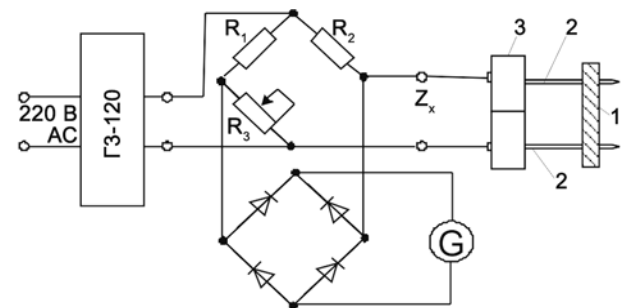


Рис. 2. Принципиальная схема для измерения электрического сопротивления растительной ткани: 1 – растительная ткань; 2 – игольчатые электроды; 3 – диэлектрические пластины

Fig. 2. Scheme for measurement of the electric resistance vegetable fabric: 1 – vegetable fabrics; 2 – electrodes; 3 – insulating sheet material

растение. В растительную ткань корня осота полевого (рис. 2) вводили электроды 2, которые были закреплены на диэлектрической основе 3 на расстоянии 10 мм друг от друга. Чтобы исключить приэлектродные поляризационные явления, измерения проводили на частоте 10000 Гц, а в качестве электродов использовали иглы диаметром 0,8 мм, изготовленные из нержавеющей стали. Измерение проводили от основания корневой системы, постепенно оголяя корни от почвы. Для определения степени повреждения растительной ткани корней применяли известные методики [3, 4], используя значение удельных сопротив-



ление живой ткани $p_{ж}$ и после повреждающего воздействия $p_{п}$ степень повреждения корня S определяли по формуле $S = (1 - p_{п}/p_{ж})100\%$.

Результаты исследования

Параметры обработки: $U = 20$ кВ, $W_{имп.} = 10$ Дж, число импульсов изменяли от 5 до 40, влажность почвы составляла 8-12 и 18-22%.

Зависимости степени повреждения вертикального корня бодяка полевого от глубины h его залегания и влажности почвы представлены на рис. 3 и 4.

В проведенных опытах при степени повреждения корня $S > 70\%$ его ткани утрачивали способность к регенерации и загнивали, а при $S < 65\%$ частично восстанавливались и через 1,5-2 недели от них появлялись всходы.

При воздействии пяти импульсов структура ткани вертикального корня незначительно повреждалась до глубины 6 и 10 см, соответственно, для влажности 18-22 и 8-12% и через 36-48 часов корень полностью восстанавливался до исходного состояния.

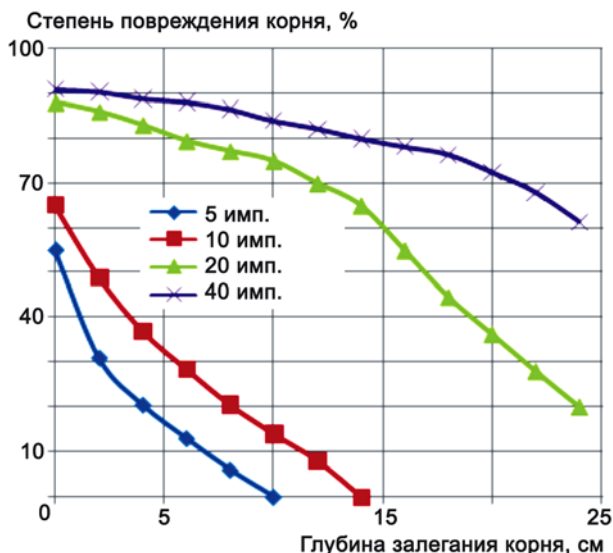


Рис. 3. Зависимость степени повреждения корня бодяка полевого от глубины залегания при влажности почвы 8-12%
Fig. 3. Dependency of the root weed of the harm from depth of his finding. Moisture of the land – 8-12%

Список литературы

1. Баев В.И., Бородин И.Ф. Электроимпульсная предуборочная обработка растений подсолнечника и табака: монография. Волгоград: ВГСХА, 2002.
2. Червяков Д.М. Некоторые результаты определения степени повреждения растений электроискровыми разрядами // Труды НИИСХ Сев. Зауралья. 1976. Вып. 20. С. 58–62.
3. Ляпин В.Г. Способ борьбы с сорной растительностью переменным электрическим током: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1983.
4. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Колос, 1977.

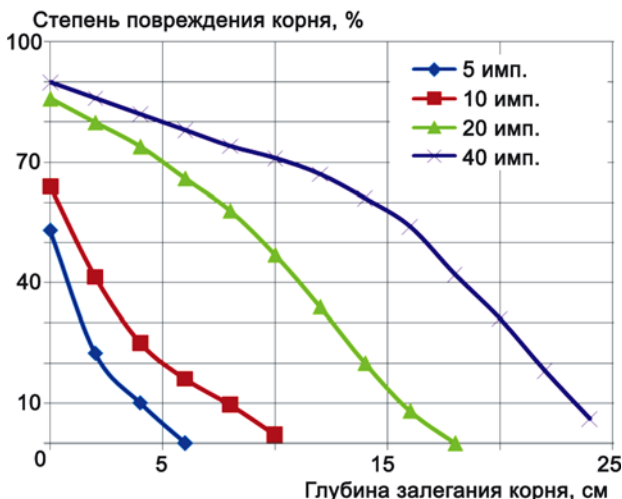


Рис. 4. Зависимость степени повреждения корня бодяка полевого от глубины залегания при влажности почвы 18-22%
Fig. 4. Dependency of the root weed of the harm from depth of his finding. Moisture of the land – 18-22%

Увеличение количества импульсов приводило к повышению степени повреждения корня у корневой шейки и по мере удаления от нее степень повреждения ткани вертикального корня уменьшалась.

При воздействии 5-10 импульсов на корень бодяка полевого он практически полностью восстанавливал структуру своей ткани и в течение нескольких недель от него появлялись всходы.

Выводы

1. Электроимпульсную обработку сорных растений следует проводить при наименьшей влажности почвы: при электрических параметрах ($U = 20$ кВ, $W_{имп.} = 10$ Дж, числе импульсов, равном 40) и влажности 18-22% корень бодяка полевого повреждался на глубину до 10 см, а при влажности 8-12% – до 22 см.
2. При $U = 20$ кВ, $W_{имп.} = 10$ Дж и количестве импульсов менее 10 корень бодяка полевого повреждается незначительно, даже при влажности 8-12%, и восстанавливает структуру своей ткани.

References

1. Baev V.I., Borodin I.F. Èlektroimpul'snaâ preduboročnaâ obrabotka rastenij podsolnečnika i tabaka: monografiâ. Volgograd: VGSHA, 2002.
2. Červâkov D.M. Nekotorye rezul'taty opredeleniâ stepeni povreždeniâ rastenij èlektroiskrovymi razrâdami // Trudy NIISH Sev. Zaural'â. 1976. Vyp. 20. S. 58–62.
3. Lâpin V.G. Sposob bor'by s sornoj rastitel'nost'û peremennym èlektričeskim tokom: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Čelâbinsk, 1983.
4. Dospëhov B.A., Vasil'ev I.P., Tulikov A.M. Praktikum po zemledeliû. M.: Kolos, 1977.

Транслитерация по ISO 9:1995





ИНФОРМАЦИЯ

INFORMATION

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)





GENERATIONS СТАРТОВАЛ В СОТРУДНИЧЕСТВЕ С РОССИЙСКИМИ КОРПОРАЦИЯМИ

27 апреля в Москве состоялся официальный запуск федерального акселератора технологических стартапов **GenerationS-2015**. В 2015 г. GenerationS реализуется как платформа для создания корпоративных и отраслевых акселераторов в тесном сотрудничестве с корпорациями. Акселераторы GenerationS-2015 будут организованы по **семи отраслевым направлениям (трекам) при участии следующих партнеров:**

– **Power&Energy** (современная энергогенерация), партнеры – **Группа «РусГидро», КЭС Холдинг, Интер РАО (Фонд «Энергия без границ»),** оператор трека NEXT Capital;

– **Telecom** (телекоммуникации), партнер – **Мобильные ТелеСистемы (МТС),** оператор трека – Высшая школа экономики;

– **Robotics** (автоматические и робототехнические комплексы), партнер – **Сбербанк-технологии,** оператор трека – Московский технологический институт;

– **AeroSpace** (технологии для авиакосмической отрасли), партнер – **НПО «Сатурн»,** оператор трека – НП «Региональный центр инноваций»;

– **Smart City** (технологии для жизни, «умный город»), партнер – **ГК «МОРТОН»,** оператор трека – LOGA Group;

– **Oil&Gas** (технологии и материалы в нефтегазовой сфере), партнер – **Татнефтехиминвест холдинг,** оператор трека – Pulsar Venture Capital;

– **BiotechMed** (биотехнологии и медицина), партнеры – **ГК Фармконтракт, ТП «Биотех2030», ПО «Сиббиофарм»,** оператор трека – Томский государственный университет.

По каждому треку РВК, корпорацией-партнером и оператором разработана специализированная программа с учетом отраслевой направленности проектов и бизнес-задач корпорации-партнера. Поиск проектов для участия в акселераторе осуществляется через региональную партнерскую сеть GenerationS, объединяющую стартап-школы, бизнес-инкубаторы, университеты и других участников инновационной экосистемы, работающих со стартапами. Сотрудники корпораций примут непосредственное участие в отборе, экспертизе и акселерации стартапов-участников GenerationS.

GenerationS-2015 пройдет в несколько этапов:

– до 1 июля технологические проекты могут **подать заявку на участие** в GenerationS на сайте www.generation-startup.ru;

– с 5 июля до 15 августа для всех проектов-участников пройдет **Предакселератор**, включающий в себя онлайн и офлайн-программы. Онлайн-часть – это серия видео-лекций по ключевым темам технологического предпринимательства. По итогам онлайн-программы эксперты и менторы отберут 200 лучших проектов для участия в очной части Предакселератора в Москве. Очная программа включает мастер-классы, консультации, встречи с успешными предпринимателями, отраслевые экспертные сессии и нетворкинг. По итогам очной образовательной сессии экспертное жюри отберет до 20 проектов по каждому отраслевому направлению, которые продолжат работу с корпорациями;

– с 1 сентября по 20 ноября пройдут **корпоративные акселераторы** по семи направлениям GenerationS: серии семинаров и мастер-классов от отраслевых экспертов, посещение производственных объектов корпораций-партнеров, встречи с успешными отраслевыми предпринимателями и инвесторами, работа с менторами и индивидуальные консультации и практические задания. Цель этого этапа – помочь командам доработать свой продукт в постоянном взаимодействии с потенциальным заказчиком, протестировать бизнес-модель и подготовить проект к успешному выводу на рынок. В финале каждого акселератора состоится DemoDay, на котором проекты будут представлены инвестиционному комитету и научно-техническому совету корпорации-партнера, где будет принято решение о дальнейшей работе с каждым проектом-выпускником акселератора.

– 20 ноября состоится **суперфинал GenerationS**, на котором жюри из представителей корпораций-партнеров, инвесторов, предпринимателей и отраслевых экспертов выберут трех победителей GenerationS. Они получат призы и возможность продолжить работу с корпоративными партнерами по внедрению своих разработок в их производственные процессы, представить проект на научно-техническом совете корпорации, получить контракт на закупку или инвестиции на развитие и доработку продукта.

GenerationS для корпораций – возможность поиска перспективных инновационных технологий в формате «открытых инноваций». Новый формат позволит корпорациям при экспертной поддержке РВК и других участников рынка осуществить пилотные проекты по работе с технологическими стартапами для реализации программ инновационного развития, выстраивания гибкой инновационной политики, развития бизнеса, разработки новых продуктов и выхода на новые рынки.

GenerationS для стартапов – это самая масштабная в России акселерационная программа, получение опыта ведения технологического бизнеса, возможность доработать свой продукт в тесном взаимодействии с потенциальным корпоративным заказчиком, наладить связи в среде корпораций, инвесторов и экспертов, повысить бизнес-потенциал и инвестиционную привлекательность своего проекта.

GenerationS для инфраструктурных партнеров, работающих непосредственно со стартапами, – это доступ к экспертизе и другим ресурсам корпораций.

Как отмечает генеральный директор РВК Игорь Агамирзян, «Задача GenerationS-2015 – обеспечить эффективное взаимодействие российских технологических корпораций и перспективных технологических предпринимателей, предлагающих решения, которые востребованы этими корпорациями уже сегодня. За два года работы акселератор GenerationS стал реальным инструментом развития российской инновационной экосистемы и продемонстрировал пример эффективного взаимодействия различных игроков рынка. Мы рады, что в этом году крупные российские компании включились в проект и выразили готовность опробовать механизмы корпоративных акселераторов и использовать инструменты «открытых инноваций» для развития своего бизнеса».

«Для нас участие в GenerationS-2015 – это возможность сформировать вокруг компании сеть из команд с инновационными разработками, – считает

директор по инновационному развитию НПО «Сатурн» Дмитрий Иванов. – Мы надеемся, что будет много заявок от перспективных проектов. В первую очередь нас интересуют стартапы в области аддитивных технологий, новых материалов и методов обработки, инжиниринговых проектов, робототехники, программного обеспечения, связанного с моделированием и расчетами. GenerationS – это следующий шаг «Сатурна» в «открытых инновациях», и мы рады, что делаем его при поддержке РВК».

«РусГидро заинтересовано в новых идеях и технических решениях. Мы активно используем инструменты «открытых инноваций» для поиска проектов, в том числе успешно сотрудничаем с РВК. Проект GenerationS, безусловно, – одна из наиболее интересных и перспективных площадок для такого поиска, – считает Олег Калинин, начальник управления инновационного развития ОАО «РусГидро». – В прошлом году мы принимали участие в GenerationS в качестве экспертов и менторов, присматривались, а в 2015 г. решили включиться в проект более активно. За два года существования GenerationS проделана серьезная работа. И сейчас уже можно говорить, что GenerationS становится важным связующим звеном между разработчиками технических решений и крупным бизнесом».

«В 2014 г. мы в пилотном режиме выделили целевое финансирование на развитие проектов трем финалистам GenerationS. В 2015 г. мы значительно расширяем объемы инвестиций и будем непосредственно вовлечены в процесс работы со стартапами, – отмечает Юрий Васильев, исполнительный директор РОО «Русское Техническое Общество», R&D Группы компаний «МОРТОН». – Совместно с экспертами РВК и LOGA Group сформированы критерии отбора проектов по направлению SmartCity. Мы будем участвовать в отборе и готовы предложить лучшие возможности развития бизнеса, инвестиции и корпоративный заказ для наиболее перспективных финалистов трека».

О GenerationS

GenerationS – это федеральный акселератор технологических стартапов, в ходе которого лучшие проекты, отобранные по результатам многоступенчатой экспертизы, получают интенсивное развитие и широкие возможности по привлечению инвестиций. GenerationS проводится РВК с 2013 г. при поддержке российских корпораций, институтов развития, представителей венчурной инфраструктуры.

В 2015 г. GenerationS проходит в тесном сотрудничестве с крупными российскими корпорациями, которые заинтересованы в поиске перспективных инновационных технологий через региональную партнерскую сеть GenerationS, объединяющую стартап-школы, бизнес-инкубаторы, университеты и других участников инновационной экосистемы, работающих со стартапами.

В 2014 г. участниками GenerationS стали 1858 проектов из 13 стран мира и 65 регионов России. Более 400 российских и международных экспертов выступили менторами проектов, помогая им развиваться и находить стратегических партнеров и инвесторов. Призовой фонд GenerationS в 2014 году составил 5 млн рублей, стоимость призов от партнеров – 38 млн рублей.

Пресс-служба GenerationS:

Тел: (495) 510 2200

E-mail: press@generation-startup.ru

www.generation-startup.ru

О РВК

ОАО «РВК» – государственный фонд фондов, институт развития РФ, один из ключевых инструментов государства в деле построения национальной инновационной системы. Уставный капитал ОАО «РВК» составляет более 30 млрд руб. 100% капитала РВК принадлежит РФ в лице Федерального агентства по управлению государственным имуществом РФ (Росимущество). Общее количество фондов, сформированных ОАО «РВК», достигло 18, их суммарный размер – 26,0 млрд руб. Доля ОАО «РВК» – 16 млрд руб. Число проинвестированных фондами РВК инновационных компаний достигло 167. Совокупный объем проинвестированных средств – 15,3 млрд руб.

Пресс-служба РВК:
Тел.: (495) 777-0104
E-mail: pr@rusventure.ru
www.rusventure.ru

О НПО «Сатурн»

ОАО «Научно-производственное объединение «Сатурн» (корпоративный партнер трека AeroSpace) – компания, специализирующаяся на разработке, производстве, маркетинге, продажах и послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей для гражданской и военной авиации, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок, кораблей и судов. Компании и организации около 30 стран являются заказчиками продукции ОАО «НПО «Сатурн».

О группе «РусГидро»

Группа «РусГидро» (корпоративный партнер трека Power&Energy) – один из крупнейших российских энергетических холдингов, объединяющий более 70 объектов возобновляемой энергетики в РФ и за рубежом. Установленная мощность электростанций, входящих в состав РусГидро, составляет 38,5 ГВт, включая мощности ОАО «РАО Энергетические системы Востока», а также самую новую и современную гидроэлектростанцию России – Богучанскую ГЭС. РусГидро – лидер в производстве энергии на основе возобновляемых источников, развивающий генерацию на базе энергии водных потоков, морских приливов, ветра и геотермальной энергии.

О КЭС Холдинг

КЭС Холдинг – крупнейшая российская частная энергетическая компания, работающая в сфере электроэнергетики и теплоснабжения. Суммарная мощность электростанций компании составляет 14,3 ГВт, или 6% общей установленной мощности энергосистемы страны. Клиентами КЭС Холдинга являются свыше 14 млн человек и более 160 тысяч юридических лиц в 16 регионах России. Одной из стратегических целей компании является внедрение энергосберегающих технологий и содействие повышению энергоэффективности российской экономики.

Об Интер РАО

ОАО «Интер РАО» уже несколько лет реализует модель «открытых инноваций». Организованный при участии корпорации Фонд поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности «Энергия без границ» определяет направления развития электроэнергетики и финансирует перспективные поисковые и прикладные исследования, научно-исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы в области энергетики.

О ЗАО «Сбербанк - Технологии»

ЗАО «Сбербанк – Технологии» (корпоративный партнер трека Robotics) – дочерняя компания ОАО «Сбербанк России». Основная цель компании заключается в поддержании системы Сбербанк ИТ. В дальнейшем СберТех планирует расширяться на внешний рынок, предоставляя услуги третьим лицам. Миссия «Сбербанк – Технологии» – построить высококлассный сервис в сфере банковских информационных технологий, который станет основой технологического прорыва в индустрии.

О ГК «Мортон»

Группа Компаний «МОРТОН» (корпоративный партнер трека SmartCity) – ведущий российский застройщик, работающий на столичном рынке с 1994 г. Компания специализируется на строительстве крупномасштабных жилых микрорайонов, полностью обеспеченных социальной и инженерной инфраструктурой для комфортной жизни, обучения и отдыха. Совокупный текущий портфель проектов ГК «МОРТОН» на начало 2015 г. составил более 7,6 млн кв. м жилья. Уже сегодня каждая четвертая квартира на рынке новостроек столичного региона продается ГК «МОРТОН».



О «Татнефтехиминвест-холдинг»

ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг» (корпоративный партнер трека Oil&Gas) выполняет роль координационно-экспертного центра, работающего в широком диапазоне направлений деятельности нефтегазохимического комплекса. Основной целью холдинга является способствование наиболее полному использованию интеллектуального, материального, природоресурсного, производственного и научно-технического потенциала нефтехимического комплекса Республики Татарстан.

О «МТС»

ОАО «Мобильные ТелеСистемы» (МТС) является ведущим телекоммуникационным оператором в России и странах СНГ. Консолидированная абонентская база компании, без учета абонентской базы «МТС Беларусь» составляет порядка 100 миллионов абонентов. МТС и ее дочерние компании оказывают услуги в стандарте GSM во всех регионах России, а также в Армении, Беларуси, Украине, Узбекистане и Туркменистане; в стандарте UMTS – во всех регионах РФ, Армении, Беларуси; в стандарте CDMA-450 – в Украине; в стандарте LTE – в России и Армении. Компания также предоставляет услуги фиксированной связи и кабельного телевидения во всех федеральных округах России и в Украине. С июня 2000 года акции МТС котируются на Нью-йоркской фондовой бирже под кодом MBT.

О ГК «Фармконтракт»

Группа компаний «Фармконтракт» – ведущий химико-фармацевтический холдинг России, специализирующийся на разработке инновационных технологий производства, синтеза химических веществ, обеспечении предприятий фармацевтической, химической, нефтеперерабатывающей, биологической, экологической, токсикологической и сельскохозяйственной отраслей современным оборудованием как от ведущих мировых производителей, так и собственного производства. Профильные подразделения холдинга обеспечивают всесторонний клиентский сервис в области создания и функционирования предприятий инновационного, европейского уровня.

О «Сиббиофарм»

Производственное объединение «Сиббиофарм» – современная биотехнологическая компания, имеющая 50-летний опыт производства микробиологической продукции. Сегодня это единственное предприятие в России, которое выпускает микробиологическую продукцию для сельского хозяйства в промышленных масштабах. ПО «Сиббиофарм» осуществляет крупнотоннажное производство продукции по технологиям, обеспечивающим асептические условия культивирования микроорганизмов и поддержание параметров в автоматическом режиме. Предприятие оснащено модернизированным производственным оборудованием, располагает современными лабораториями, уникальной пилотной установкой для масштабирования биотехнологических процессов.

О ТП «БиоТех2030»

Технологическая платформа «Биоиндустрия и биоресурсы» (БиоТех2030) является формой реализации института частно-государственного партнерства и инструментом осуществления научно-технической и инновационной политики на приоритетном направлении технологической модернизации российской экономики в области биотехнологий. Цель ТП «БиоТех2030»: создание в Российской Федерации современной биоиндустрии, обеспечивающей вклад в ВВП, сопоставимый с ведущими экономиками мира (до 3%).



КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ КРЫМА И СЕВАСТОПОЛЯ

В Ливадийском дворцово-парковом музее-заповеднике (г. Ялта) с 3 по 4 июля 2015 г. по инициативе экспертной группы «Крымский проект», Национального фонда «Возрождение русской усадьбы» и Единого экспертно-информационного центра Крыма и города Севастополя и при поддержке Совета Министров Республики Крым и Государственного Совета Республики Крым состоялась Всероссийская практическая конференция «Культурное наследие Крыма и Севастополя», в которой приняли участие специалисты и эксперты по вопросам сохранения и современного использования объектов культурного наследия, реставраторы, градостроители, представители органов власти и бизнеса из различных регионов России, в том числе из Москвы, Московской области, Санкт-Петербурга, Ставропольского края, Краснодарского края, Татарстана, Оренбургской области, Липецка, Екатеринбурга, Перми, Саратова, Нижнего Новгорода, руководители органов охраны, правообладатели и владельцы объектов культурного наследия Крымского федерального округа.

Цели конференции

– Рассмотреть возможности создания механизмов государственно-частного партнерства по сохранению и современному использованию объектов культурного наследия в Крыму с привлечением частных инвестиций в исследовательские и реставрационные работы, в работы по приспособлению объектов культурного наследия к современному использованию. Рассмотреть вопросы управления объектами культурного наследия и их профессиональной эксплуатации.

– Рассмотреть вопросы привлечения высокопрофессиональных кадров для обеспечения всего комплекса работ по исследовательским, инженерным, проектным, реставрационным, градостроительным и экспертным направлениям и обеспечению современными реставрационными материалами и технологиями.

– Ознакомить участников с объектами культурного наследия Республики Крым, реставрация которых будет финансироваться за счет средств федерального бюджета в 2015 г.

– Ознакомить участников с объектами культурного наследия, которые могут быть включены в программу государственно-частного партнерства.

Конференцию открыли и выступили с приветственными словами:

– Председатель Комитета Государственного Совета Республики Крым по культуре и вопросам охраны культурного наследия *С.Б. Савченко*;

– директор Делового и культурного центра Республики Крым *Я.А. Иванченко*;

– начальник управления объектов культурного наследия правительства Севастополя *В.А. Савенчук*;

– первый зам. председателя Комиссии по культуре, искусству, творческому и культурно-историческому наследию Общественной палаты РФ *М.Ю. Лермонтов*;

– Президент Национального фонда «Возрождение русской усадьбы» *В.И. Алявдин*;

– Советник Канцелярии Главы Российского Императорского Дома Е.И.В. Государыни Великой Княгини Марии Владимировны *В.В. Пилькевич*;

– главный хранитель Ливадийского дворца *И.Ф. Фоменко*;

– руководитель экспертной группы «Крымский проект» *И.А. Рябов*;

– руководитель Единого экспертно-информационного центра Крыма и г. Севастополя *А.К. Ушаков*.

На конференции выступили с докладами:

«Проблемные вопросы законодательства в сфере охраны культурного наследия Республики Крым»

Председатель Комитета Государственного Совета Республики Крым по культуре и вопросам охраны культурного наследия
С.Б. Савченко;

«Ленинградская школа реставрации.

К истории становления, методологии и развития»

Первый зам. председателя КГИОП Санкт-Петербурга
А.Г. Леонтьев;

«Развитие государственно-частного партнерства на объектах усадебного наследия. Позитивные практики и проблемы»

Президент Национального фонда «Возрождение русской усадьбы»
В.И. Алявдин;

«Зеленый коридор – реальная помощь инвестору со стороны государства в воссоздании исторических усадеб: технология получения в собственность исторических усадеб Подмосковья»

Ген. директор Распорядительной дирекции Министерства культуры
В.В. Соловьев;

Зам. руководителя ФГБУК «Агентство по управлению
и использованию памятников истории и культуры»
М.П. Граф;

«Особенности учета памятников истории и культуры
в Москве. Практика передачи объектов культурного
наследия в аренду на условиях 1 рубль за м² в год»
зам. начальника управления гос. учета и экспертизы
объектов культурного наследия М.Э.Иванов,
советник руководителя
Департамента культурного наследия, Москва
Ю.А. Логинова;

«Опыт проведения реставрационных работ
на территории Крымского полуострова»
Ген. директор ОАО «СПб институт
«Ленпроектреставрация»
С.В. Крылов;

«Археологическое наследие Крыма –
национальное достояние»
зам. директора Института истории материальной
культуры РАН, Санкт-Петербург;
Н.Ф. Соловьева

Директор Института градостроительства и архитектуры
Ростовского гос. строительного университета
В.В. Пищулина;

«Практика изменений в законодательстве
по вопросам сохранения объектов
культурного наследия»
Исп. директор НП «Экспертиза Поволжья», г. Саратов;
Б.В. Куликов

«Территория объекта культурного наследия:
новый закон, старые проблемы»
Ген. директор ООО «Центр культурных исследований
и экспертиз», Москва;
Ю.В. Гордеев

«Эксплуатация объектов культурного наследия
до проведения ремонтно-реставрационных работ
и после их завершения»
Вице-президент Национального фонда
«Возрождение русской усадьбы», Москва;
А.Г. Елфимов

«Вопросы состояния грунтов при подготовке ОКН
к реставрации, укрепление конструктивной
устойчивости ОКН, геологические изыскания
в проектных реставрационных работах»
Ген. директор ООО «ИГИТ», Москва;
В.М. Кувшинников

«Особенности проведения оценки
объектов культурного наследия»
Ген. директор Консалтинговой группы «Эксперт», Москва;
М.Ю. Васенин

«Гидроизоляция и усиление памятников архитектуры»
Ген. директор ООО «Современные технологии
усиления», Санкт-Петербург;
А.С. Сурдин

«Опыт возрождения провинциальной усадьбы.
Усадьба Скорняково, Липецкой обл.»
Ген. директор «Лайм ПАРК»;
В.Б. Семенской

«Опыт практической реставрации и приспособлений
для современного использования объектов
культурного наследия
на примере Нижегородского региона»
Ген. директор ЗАО «СМУ-77» г. Нижний Новгород;
В.А. Молоканов

«Системы продуктов ResMix GmbH
для ремонта и защиты памятников архитектуры»
Директор по развитию ООО «РесМикс» Санкт-Петербург;
К.А. Соколов

«Архитектурное наследие Крыма.
Типовое и уникальное в советской архитектуре.
О подходах к учету и сохранению»
Член правления Российского отделения DOCOMOMO
(Международная рабочая группа по документации
и консервации зданий, достопримечательных мест
и объектов градостроительства современного движения);
Е.Б. Овсянникова

«Реализация процессного подхода
при разработке и производстве материалов
для реставрации исторических зданий»
Ген. директор ООО «АЖИО»;
Н.Н. Шангина

«Проблемы сохранения объектов
культурного наследия Крымского полуострова»
Архитектор, ст. научный сотрудник ГБУ РК
«Научно-исследовательский центр кримведения и охраны
культурного наследия» г. Симферополь;
О.И. Сергеева

«Механизмы государственно-частного партнерства
по сохранению ОКН: эффективные пути реализации
на примеры деятельности в Московской области
и Республики Татарстан»
НП «Единая система возрождения русских усадеб»
(Инвестиционная группа компаний ASG).
Г.В. Гаврилова

4 июля в рамках конференции состоялись Обще-
ственные слушания по общественному контролю
(212 ФЗ РФ «Об основах общественного контроля в
РФ») по вопросам состояния культурного наследия
Крыма и Севастополя, организованные Комиссией
по культуре, искусству, творческому и культурно-
историческому наследию Общественной Палаты РФ.
В общественных слушаниях приняли участие: пер-
вый зам. председателя Комиссии по культуре, искус-
ству, творческому и культурно-историческому на-
следию Общественной палаты РФ М.Ю. Лермонтов,
руководитель Единого экспертно-инфор-мационного
центра Крыма и города Севастополя А.К. Ушаков,
Президент Национального фонда «Возрождение рус-
ской усадьбы В.И. Алявдин, главный архитектор
г. Евпатория А.О. Комов, ген. директор ОАО «СПб
институт «Ленпроектреставрация» С.В. Крылов, ген.



директор Распорядительной дирекции Министерства культуры В.В. Соловьев, первый зам. председателя КГИОП Санкт-Петербурга А.Г. Леонтьев, ген. директор ООО «ИГИТ» В.М. Кувшинников, вице-президент Национального фонда «Возрождение русской усадьбы» А.Г. Елфимов, ген. директор ООО «Современные технологии усиления» А.С. Сурдин, ген. директор ОАО «Кубаньреставрация» Р.К. Хакуч и другие известные специалисты в области сохранения культурного наследия.

По итогам общественных слушаний было принято следующее:

1. Рекомендовать Общественной палате РФ организовать общественные слушания по вопросам состояния культурного наследия Республики Крым и г. Севастополь на площадке Общественной палаты РФ.

2. Рекомендовать Министерству культуры РФ организовать всероссийскую конференцию по вопросам

правового регулирования сохранения и использования культурного наследия Республики Крым и г. Севастополь на площадке Министерства культуры РФ.

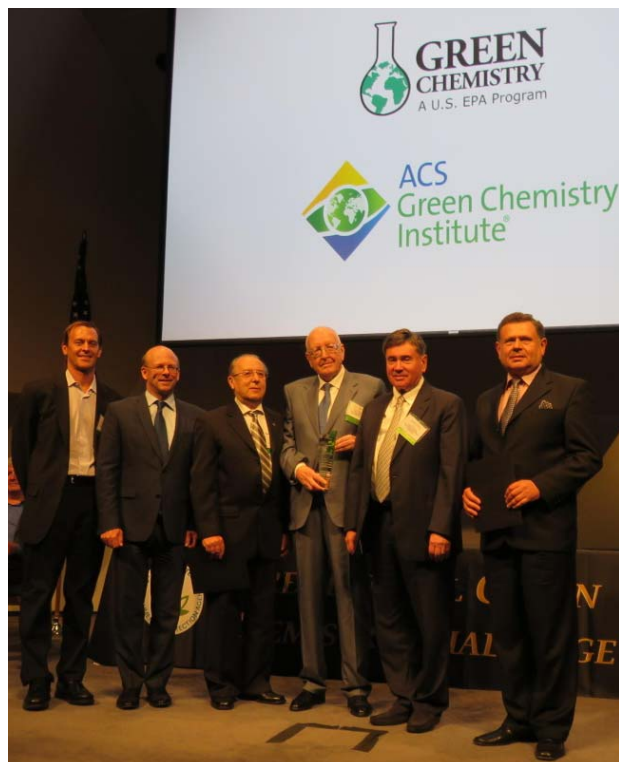
3. Рекомендовать Общественной палате РФ выступить с законодательной инициативой о введении моратория на строительство капитальных объектов на территории Республики Крым и г. Севастополя до утверждения градостроительной документации в соответствии с градостроительным законодательством РФ и проведения технической инвентаризации документации на объекты капитального строительства.

4. Рекомендовать Совету министров Республики Крым активизировать работу по совершенствованию нормативной правовой базы в сфере государственной охраны и использования объектов культурного наследия, в том числе по совершенствованию административного законодательства Республики Крым.

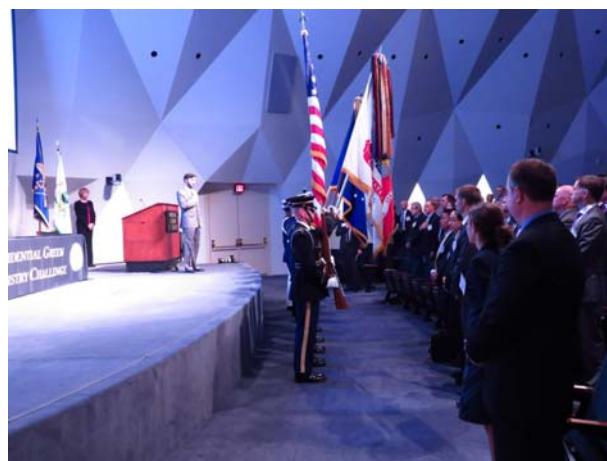


ИЗРАИЛЬТЯНЕ ПОЛУЧИЛИ ПРЕСТИЖНУЮ ПРЕМИЮ В США

13 июля 2015 г. в Национальной Академии Наук США прошла церемония награждения победителей 2015 Presidential Green Chemistry Challenge Award.



Новые схемы химических реакций и процессов, которые разрабатываются во многих лабораториях мира, должны обеспечить экологическую безопасность общества, снижение ущерба окружающей среде и искоренение бедности. Планомерное следование принципам «зеленой» химии позволяет снижать затраты на производство. Предполагается, что в будущем вся химия станет «зеленой».



В мире присуждаются награды и премии за заслуги в области развития «зеленой» химии, что, несомненно, свидетельствует о внимании к этой проблеме. В частности, премию президента США Presidential Green Chemistry Challenge Award присуждают двадцатый год подряд за инновационные решения, учитывающие интересы окружающей среды, причем независимо от того, президент какой партии находится у власти. Статус премии предусматривает выдающиеся заслуги отдельных специалистов и организаций США в области исследования, развития и внедрения наиболее перспективных направлений технологии «зеленой» химии.

В этом году американская компания Nanotech Industries, Inc. получила престижную 2015 Presidential Green Chemistry Challenge Award за разработку и освоение производства неизоцианатных полиуретанов и гибридных материалов на их основе. В сообщении о получении премии говорится: *«As a recipient of this prestigious award, you are distinguished at the national level as an innovator in green chemistry».*

Израильская компания Polymate Ltd. создана более 15 лет тому назад высокопрофессиональными специалистами в области полимерных композиционных материалов, выходцами из стран СНГ. Представленная к награде работа выполнена под руководством Директора по науке и развитию проф. Олега Фиговского, академика Европейской Академии наук и двух российских академий – РААСН и РИА, члена Центрального правления Нанотехнологическо-

«Далеко простирает химия руки свои», – писал Д.И. Менделеев. Возможно, открыватель Периодической системы элементов и сам не предполагал, как далеко. Ведь человечество в рамках ЮНЕСКО уже начинает работать по программе «Зеленая химия для жизни». Научное направление под названием «Зеленая химия» возникло в 90-х годах XX века и стало приоритетным направлением развития химии и экономики всего мира. Впервые этот термин ввел доктор Пол Анастас из Йельского университета в 1991 г.

«Зеленая» химия – это не раздел химии, а новый способ мышления в химии. Многие ошибочно считают, что «зеленая» химия и экология – это одно и то же. Напротив, конечная цель «зеленой» химии – поиск безопасных с точки зрения химии и экологии способов деятельности общества во всех аспектах, начиная от процессов производства и использования энергоресурсов и до выполнения ежедневной домашней работы.

«Зеленая» химия развивается в следующих направлениях:

- новые принципы синтеза;
- использование возобновляемых источников сырья, реагентов, материалов;
- замена традиционных органических растворителей.



го общества России, автора более 500 изобретений и более 20 научных монографий в области Materials & Chemical Engineering.

Командой О. Фиговского впервые создана промышленная технология получения покрытий, монолитных полов и вспененных полиуретанов, не содержащих токсичных и канцерогенных изоцианатов на всех стадиях технологического процесса.

Как известно, изоцианаты, которые входят в состав таких широко распространенных промышленных материалов, как полиуретаны и полимочевины, отличаются высоким уровнем токсичности, вызывают острое раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз. С изоцианатами связана самая большая авария за всю историю мировой химической промышленности, которую называют «химическим Чернобылем». Она случилась двадцать лет назад на заводе Union Carbide в г. Бхопал (Индия). Вследствие вырвавшегося из-под контроля ядовитого облака изоцианата погибло 2000 и пострадало более 200 тыс. человек.

Разработанные компанией неизоцианатные гибридные полиуретановые материалы помимо своей безопасности для окружающей среды обладают высокими эксплуатационными характеристиками и широко используются при изготовлении монолитных покрытий полов, антикоррозионных покрытий, получения искусственной кожи и т.д. Новые перспективы открываются у гидроксиуретановых компаундов, получаемых с использованием возобновляемого сырья – растительных масел. Особый интерес представляют работы компании в области создания жестких и эластичных вспененных неизоцианатных полиуретанов и технологии их получения. Такие материалы находят применение в строительстве, в частности, для получения гидроизоляционных и теплозащитных покрытий.

Новым направлением деятельности компании является создание экологически дружелюбных наноструктурированных полимерных композиций с высокой тепло- и светостойкостью, пожаробезопасных, обладающих способностью к самоочищению и высоким сопротивлением воздействию агрессивных сред. Это позволит существенно расширить область применения неизоцианатных материалов.

Д-р Дмитрий Бейлин,
ответственный редактор журнала
Scientific Israel – Technological Advantages



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



International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

*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

- *Boreskov Institute of Catalysis, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (BIC SB RAS), Novosibirsk, Russia*
- *Council of Young Scientists of Boreskov 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
Borshkov 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 Vizcaíno (URJC)


Abstracts and Publication

Abstracts should be prepared according to the official template. Selected papers will be published full papers in a **Special Issue of International Journal of Hydrogen Energy.**




CONTACT

Visit: www.hypothesis.ws
conference.hypothesis2015@urjc.es
 Follow us on: [@Hypothesis.2015](https://twitter.com/Hypothesis.2015)
 +34 91 488 93 14






September 6th-9th 2015, Toledo (SPAIN)

Hydrogen POWER Theoretical and Engineering Solutions International Symposium 2015



HYDROGEN

Road to the Green Future

SYMPOSIUM PRESENTATION

Hypothesis 2015, **HYDROGEN: ROAD TO THE GREEN FUTURE** will continue the long lasting tradition of high-quality, topical and timely conference program that is the unique trademark of the Hypothesis Conference series. This conference is perfect for Academics, Students, Industry and Public Sector experts to exchange and share views, ideas on the latest hydrogen developments.



See you in Hypothesis XI, 2015!

TOPICS

- H₂ Production from Renewable Energy
- H₂ Production from Fossil Fuels
- H₂ Purification
- H₂ Storage
- H₂ Distribution and Infrastructures
- Fuel Cells Technology
- Hydrogen and Fuel Cells for Transportation
- Stationary and Portable Systems
- Safety, Standards and Regulations
- 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 for 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 (UFRJ, Brazil)
 Thomas Drennen (IHWS, 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 Verbetsky (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

Научная программа конференции:**I. Вопросы теории релаксационных явлений**

- 1.1. Квантовые механизмы релаксации
- 1.2. Классические механизмы релаксационных явлений
- 1.3. Электронная и фононная релаксация
- 1.4. Релаксационные явления в процессе внешнего воздействия на материал

II. Механическая релаксация

- 2.1. Последствие и релаксация напряжений
- 2.2. Внутреннее трение, связанное с микро- и макродефектами металлов
 - 2.2.1. Точечные дефекты
 - 2.2.2. Дислокации
 - 2.2.3. Межфазные и доменные границы
 - 2.2.4. Материалы после интенсивной пластической деформации
- 2.3. Внутреннее трение в твердых телах
 - 2.3.1. Металлы и сплавы
 - 2.3.2. Полупроводники
 - 2.3.3. Оксидные стекла и керамика
 - 2.3.4. Полимеры и композиты на их основе
 - 2.3.5. Оксидные сверхпроводники
- 2.3.6. Суперионные проводники
- 2.3.7. Сегнетоэластики и сегнетоэлектрики
- 2.4. Долговременные процессы изменения структуры и свойств материалов
- 2.5. Усталость и ползучесть материалов

III. Диэлектрическая релаксация

- 3.1. Диэлектрическая релаксация при фазовых переходах
- 3.2. Дипольные стекла и релаксоры
- 3.3. Сегнетомагнетики и магнитоэлектрические композиты
- 3.4. Дегразация параметров материалов

IV. Магнитная релаксация

- 4.1. Ферромагнетики
- 4.2. Спиновые стекла
- 4.3. Суперпарамагнетики
- 4.4. Магнитные коллоидные растворы и жидкости
- 4.5. Магнитные полупроводники

V. Релаксация в наносистемах

- 5.1. Графены, фуллерены и углеродные нанотрубки

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. Нанокompозиты
- 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 – ВГУ, Воронеж

Зам. председателя:

Головин И.С. НИТУ «МИСиС», Москва
Коротков Л.Н. ВГУ, Воронеж

Международный научный комитет

Головин И.С. (Москва, Россия)
Granato A. (Urbana, USA)
Гриднев С.А. (Воронеж, Россия)
Даринский Б.М. (Воронеж, Россия)
Карлашов Б.К. (С.-Петербург, Россия)
Osvaldo 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)
Батаронов 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)
Ситников А.В. (Воронеж)
Стогней 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.
Стогней О.В.

Локальный комитет

Даринский Б.М.
Калинин Ю.Е.
Коротков Л.Н.
Стогней О.В.
Королев К.Г.
Ситников А.В.
Батаронов И.Л.
Шулин Г.Е.
Гребеников А.А.

Секретариат

Гребеников А.А.
Королев К.Г.
кафедра физики твердого тела
Воронежский государственный технический университет, Московский проспект 14
Воронеж, Россия 394026
E-mail: vorstu.conf.2015@mail.ru



FIRST CIRCULAR
ISFP-8(13)

8-th International Seminar on
FERROELASTICS PHYSICS



September 14-16, 2015
 Voronezh, Russia

E-mail: vorstu.conf.2015@mail.ru

Website: <http://vorstu.wix.com/conference>

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 Prospekt, 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 Prospekt, 14, Voronezh
 394026, RUSSIA

Language:

Russian and English will be the official languages of the Seminar

Sponsored by

Taylor and Francis Group

International Scientific Advisory Committee:

- A.V. Belushkin (Russia)
- A.A. Bokov (Kanada)
- 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 В.Ф. ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН
Гаврилов П.М. ФГУП ФЯО «ГХК»

Заместители председателей конференции, ученые секретари:

Калмыков С.Н. МГУ и РИЦ «Курчатовский Институт»
Меркулов И.А. ФГУП ФЯО «ГХК»

НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ

Авраменко В.А.	ИХ ДВО РАН
Артюнина Р.В.	ИБРАЭ РАН
Баторшин Г.Ш.	ПО «Мавик»
Будыка А.К.	ГК «Росатом»
Власов Ю.Г.	СПбГУ
Воль В.И.	АО ВНИИНМ
Воронина А.В.	УрФУ
Дмитриев С.И.	ОИЯИ
Ершов Б.Г.	ИФХЭ РАН
Зубков А.А.	АО «СХК»
Кодина Г.Е.	ГНЦ ИБ
Кудрявцев Е.Г.	Ростехнадзор
Масленников А.Г.	АО ВНИИНМ
Мельников Н.В.	МГУ
Мошков Ю.Г.	ПО «Мавик»
Мясоедов И.Ф.	ИМГ РАН
Орлова А.И.	ИНГУ
Поляков Е.В.	ИХТТ УрО РАН
Сарычев Г.А.	ЗАО НИИ
Соболев А.И.	ФГУП «РосРао»
Тананаев И.Г.	ПО «Мавик»
Тетерин Ю.А.	РИЦ «Курчатовский Институт»
Федоров Ю.С.	АО «Радионий Институт»
Цинадзе А.В.	ИФХЭ РАН
Чекарнев А.М.	РХТУ
Шадрин А.Ю.	АО ВНИИНМ
Юдинцев С.В.	ИГЕМ РАН

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Меркулов И.А. (рук)	ФГУП ФЯО «ГХК»
Белова Е.В.	ИФХЭ РАН
Винокуров С.Е.	ГЕОХИ РАН
Власова И.Э.	МГУ
Друзь Д.В.	ФГУП ФЯО «ГХК»
Егорова Б.В.	МГУ
Зернов В.П.	ФГУП ФЯО «ГХК»
Кузьменкова Н.В.	ГЕОХИ РАН
Петров В.Г.	МГУ
Романчук А.Ю.	МГУ
Самсонов М.Д.	ГЕОХИ РАН

Важные даты:

1 мая – предоставления регистрационных форм,
15 июня – крайний срок предоставления тезисов,
1 июля – 2 циркуляр, решение о принятии тезисов,
15 августа – крайний срок ранней оплаты орг. взноса,
10 сентября – крайний срок оплаты орг. взноса,
28 сентября – 2 октября – проведение конференции.

Размер организационного взноса:

5000 руб. – при оплате до 15 июля,
6000 руб. – при оплате после 15 июля,
3000 руб. – молодые ученые (до 35 лет),
1000 руб. – заочное участие.

Организационный взнос включает трансфер к месту проведения от аэропорта, железнодорожного вокзала и обратно, фуршет на открытии 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/>



Научно-технический центр "ТАТА" (Россия) поставляет Заказчикам

ГРАФЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO)

в виде порошка, водной суспензии, пасты

1. GRAPHENE OXIDE

(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)

Properties

Form:	concentrated suspension of graphene oxide
Particle size	1-30 microns
Color:	dark brown
Suspensibility:	Polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent:	water
Concentration:	5 mg/ml
Contents monolayer GO	80-85% (at a concentration of 1 mg/ml)

2. GRAPHENE OXIDE

(highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)

Properties

Form:	concentrated suspension of graphene oxide
Particle size	1-30 microns
Color:	dark brown
Suspensibility:	polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent:	water
Concentration:	5 mg/ml
Contents monolayer GO	80-85% (at a concentration of 1 mg/ml)

3. GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1 g)

Properties

Form:	concentrated suspension of graphene oxide
Particle size	1-30 microns
Color:	dark brown
Suspensibility:	polar solvents (water, N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent:	water
Concentration:	5 mg/ml
Contents monolayer GO	80-85% (at a concentration of 1 mg/ml)

4. REDUCED GRAPHENE OXIDE

(dry powder, 1 g)

Properties

Form:	powder with very low bulk density
Reduction method:	microwave exfoliation of graphene oxide powder
Color:	black
Dispersibility:	N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, a dilute aqueous ammonia solution
Conductivity:	~ 2 S/cm
BET specific surface area:	650-680 m ² /g
BET surface standard porosimetry:	> 2400 m ² /g

Изготовление Заказа - 2 недели. Доставка почтой DHL.

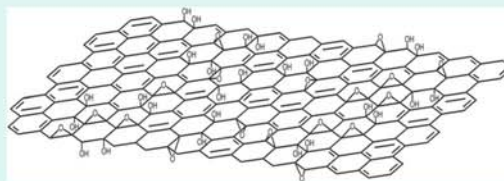
Оплата на расчетный счет предприятия Научно-технический центр "ТАТА" по Договору изготовления, аттестации и поставки продукции.



КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА

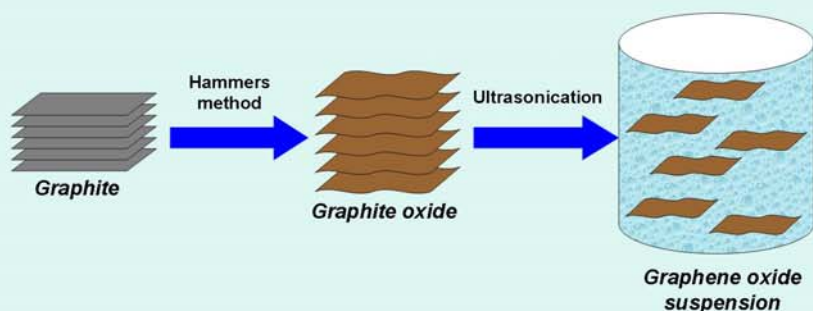
Оксид графита – продукт глубокого окисления графита, имеет простейшую формулу C_4O_8H и содержит большое количество кислородсодержащих функциональных групп. Оксид графита, являясь гидрофильным материалом, способен образовывать коллоидные растворы в воде, диметилформамиде, N-метилпирролидоне, водных растворах этанола и других полярных растворителях, где он расщепляется на тонкие (вплоть до одного углеродного слоя) листы **оксида графена (ОГ)**.



Химическая структура ОГ

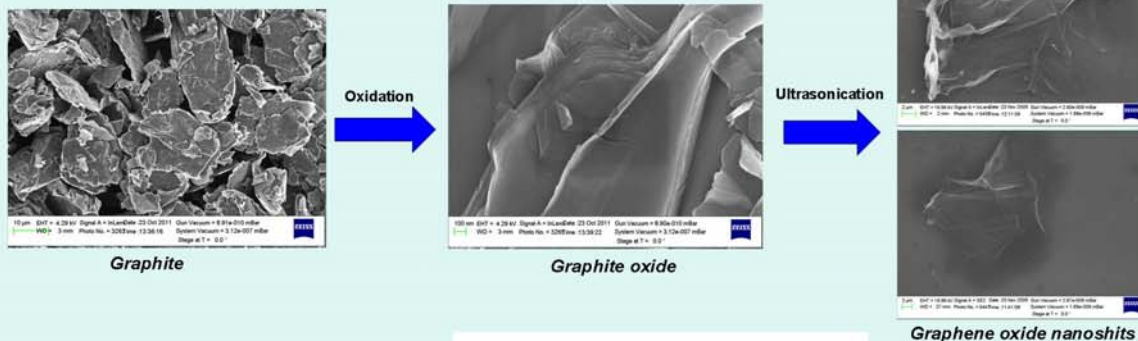
J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 374015 (19pp)

Схематическая методика синтеза оксида графена

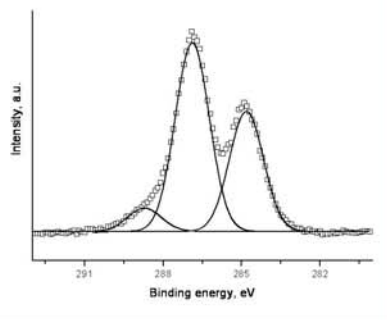
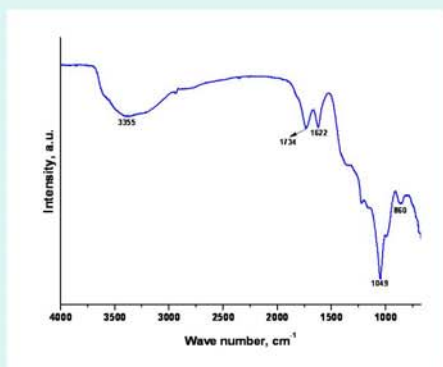


Оксид графита получали модифицированным методом Хаммерса. Для приготовления водной суспензии нанолистов ОГ оксид графита смешивали с дистиллированной водой и полученную смесь обрабатывали в ультразвуковой ванне в течение 1 часа. Далее образовавшуюся суспензию для удаления крупных частиц центрифугировали 15 мин при 3000g.

Микрофотографии графита, оксида графита и нанолистов оксида графена



ИК-спектр оксида графена



Рентгеновский фотоэлектронный спектр наночастиц оксида графена

Элементный состав пленки оксида графена

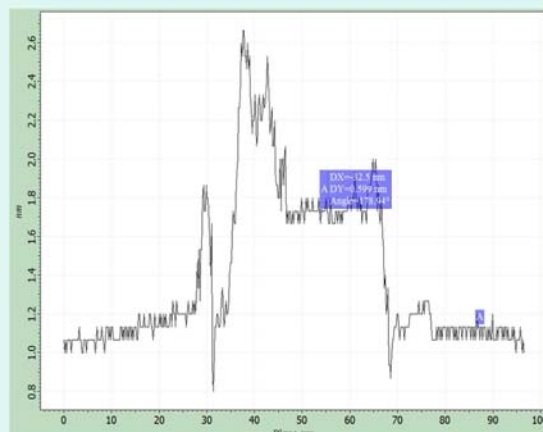
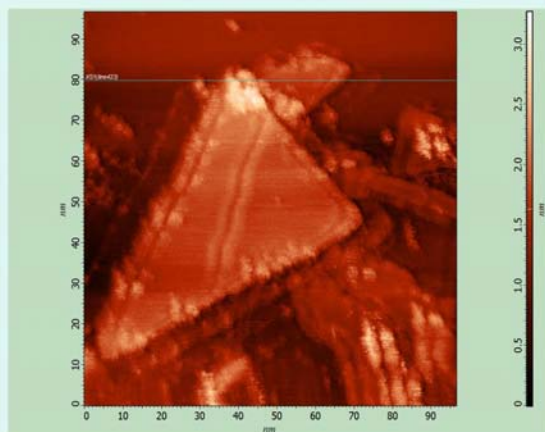
- C – 45,3 вес.%
- O – 48,7 вес.%
- H – 2,8 вес.%
- S – 2.1 вес.%
- N – <0.1 вес.%



International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



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

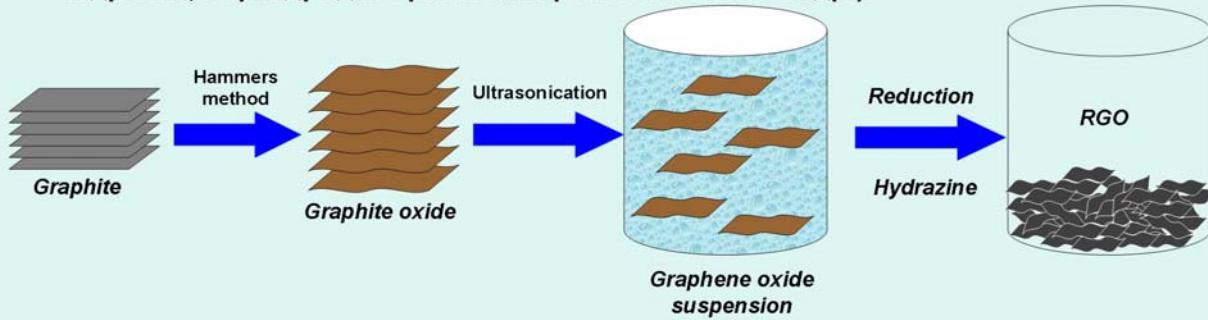
Graphene Oxide Applications

- Solar Cells
- Graphene Semiconductor Chips
- Conductive Graphene Films
- Chemical Power Sources (Supercapacitors and Bateriaes)
- Catalysts and Sorbents
- Graphene Computer Memory
- Transparent Conductive Coatings
- Graphene Sheets and Many Others Applications

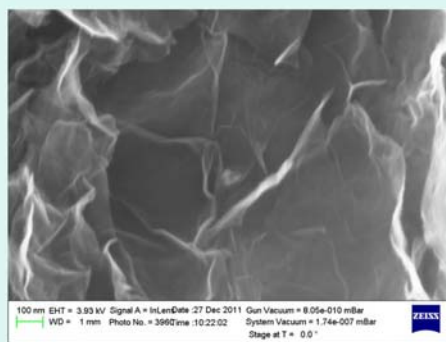
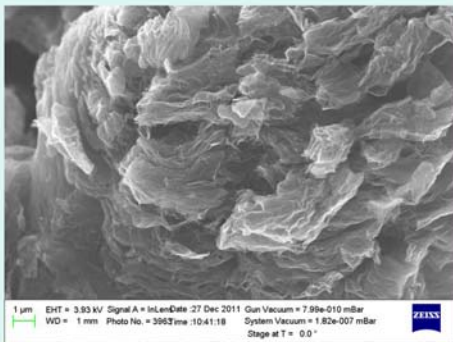
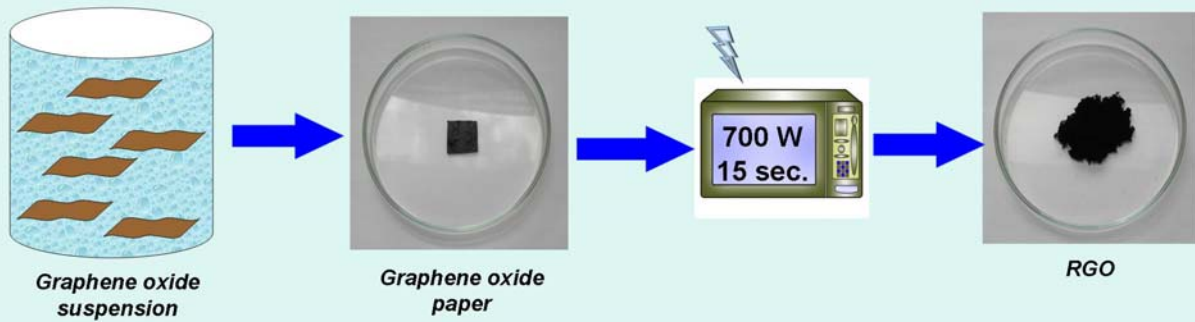


ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

1. Химическое восстановление (использование сильных восстановителей – гидразин, боргидрид натрия и аскорбиновая кислота др.).

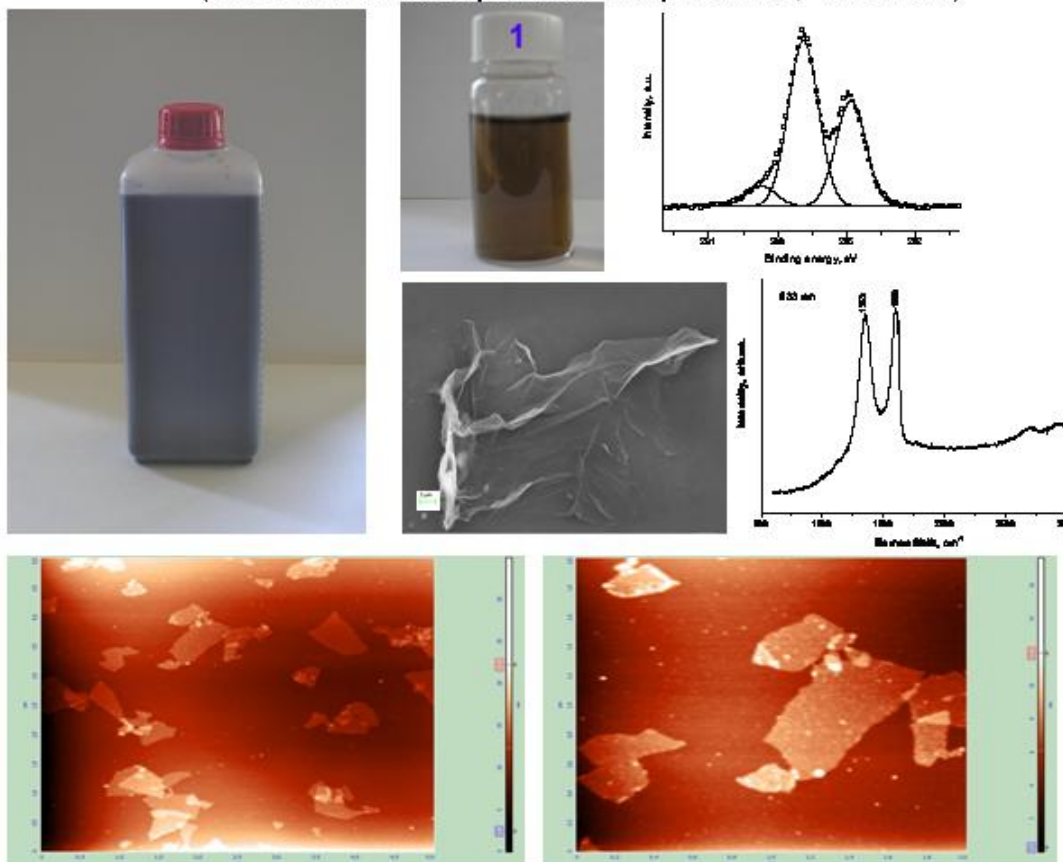


2. Термическое восстановление. Наиболее часто применяется восстановление СВЧ-облучением.



GRAPHENE OXIDE

(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)



Graphite oxide - a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2O_2H 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)

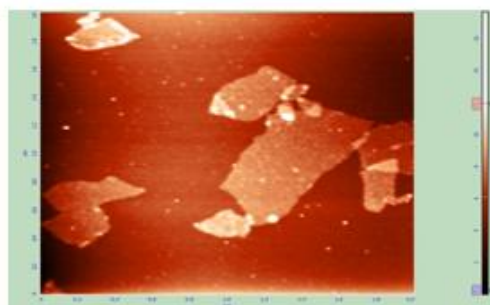
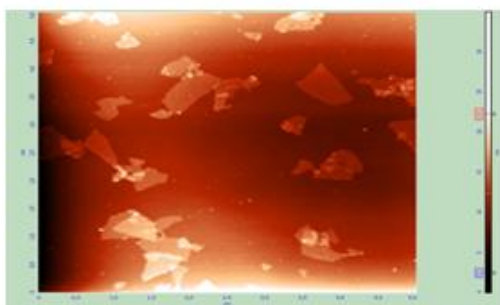
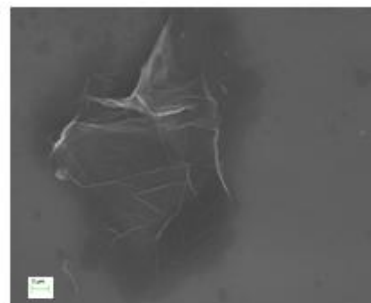
The elemental composition

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-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

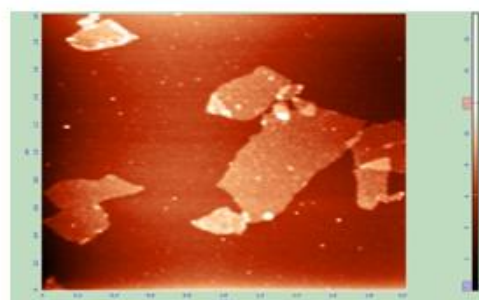
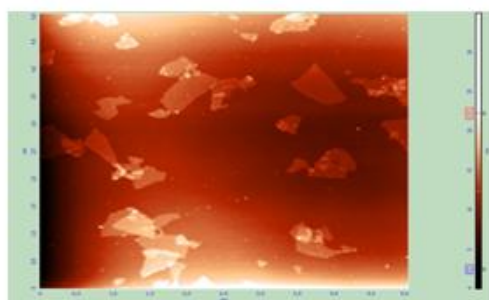
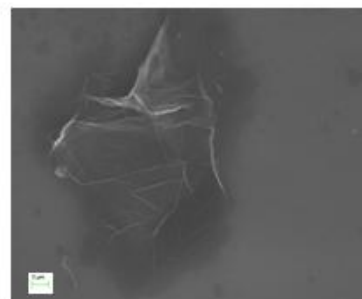
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-methylpyrrolidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

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

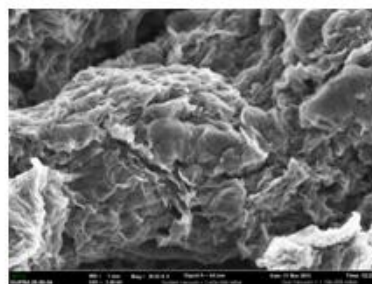
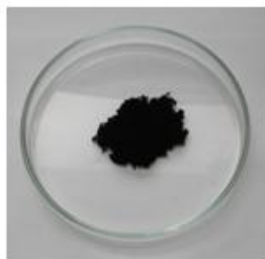
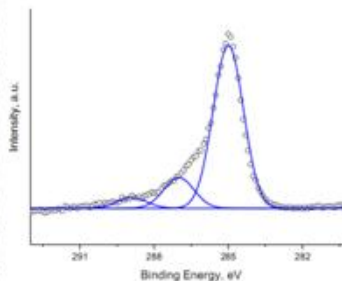
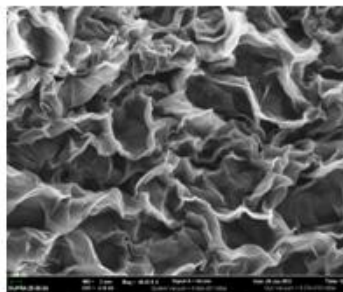
Form: concentrated suspension of graphene oxide
Particle size 1-30 microns
Color: Dark Brown
Suspensibility: Polar solvents (water, N-metilpirrollidone, DMSO, DMF, aqueous ethanol)
Solvent: water
Concentration: 5 mg / ml
Contents monolayer GO - 80-85% (at a concentration of 1 mg / ml)

The elemental composition

C – 45,3 wt.%; **O** – 48,7 wt.%; **H** – 2,8 wt.%; **S** – 2.1 wt.%; **N** – <0.1 wt. %



REDUCED GRAPHENE OXIDE (dry powder, 1g)



Properties

Form: powder with very low bulk density

Reduction method: microwave exfoliation of graphene oxide powder

Color: black

Dispersibility: N-metilpirrollidon, DMSO, DMF, a dilute aqueous ammonia solution

Conductivity: ~ 2 S / cm

BET specific surface area: 650-680 m²/g

BET surface standard porosimetry: > 2400 m²/g

Application of RGO

- Due to the large specific surface area and high conductivity RGO is a promising material for chemical power sources (Supercapacitors and batteries). Specific electrical capacity can reach 200-250 F/g in inorganic electrolytes.
- Catalysts and sorbents
- Graphene-polymer composite materials with improved characteristics
- Conductive inks (including materials for 3D-printing) etc.

Reduced graphene oxide

it is a product of the thermal reduction of graphene oxide powder under microwave irradiation. In contrast to graphene oxide, the reduced graphene oxide has a large specific surface and a high conductive characteristics. This is a black powder with a low bulk density (~ 0.7 g/100cm³) contains more than 96 wt.% Carbon.

The elemental composition

C – 96,1 wt.%; O – 2,7 wt.%; H – 0,3 wt.%; S – 0,4 wt.%; N – 0,5 wt.%



О КОНКУРСАХ НА СОИСКАНИЕ ЗОЛОТЫХ МЕДАЛЕЙ И ПРЕМИЙ ИМЕНИ ВЫДАЮЩИХСЯ УЧЕНЫХ, ПРОВОДИМЫХ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИЕЙ НАУК В 2015 году

Российская академия наук объявляет конкурсы на соискание следующих золотых медалей и премий имени выдающихся ученых, каждая из которых присуждается в значительную дату, связанную с жизнью и деятельностью ученого, именем которого названа медаль или премия.

ЗОЛОТЫЕ МЕДАЛИ (присуждаются отечественным ученым)

1. Золотая медаль имени **М.М. Сперанского** – за выдающиеся научные работы в области государственного управления.
Срок представления работ до 1 октября 2014 года.
2. Золотая медаль имени **Л.С. Берга** – за выдающиеся работы в области географии, биогеографии и ихтиологии.
Срок представления работ до 14 декабря 2014 года.
3. Золотая медаль имени **С.И. Вавилова** – за выдающиеся работы в области физики.
Срок представления работ до 24 декабря 2014 года.
4. Золотая медаль имени **С.А. Чаплыгина** – за выдающиеся теоретические работы по механике.
Срок представления работ до 5 января 2015 года.
5. Золотая медаль имени **А.С. Попова** – за выдающиеся достижения в области развития методов и средств радиоэлектроники, в том числе для передачи информации.
Срок представления работ до 6 февраля 2015 года.
6. Золотая медаль имени **И.Е. Тамма** – за выдающиеся работы по теоретической физике и физике элементарных частиц, теории поля.
Срок представления работ до 8 апреля 2015 года.
7. Золотая медаль имени **Н.С. Курнакова** – за выдающиеся работы в области физико-химического анализа, химии и технологии.
Срок представления работ до 6 сентября 2015 года.
8. Золотая медаль имени **Н.Г. Басова** – за выдающиеся работы в области физики.
Срок представления работ до 14 сентября 2015 года.

ПРЕМИИ (присуждаются отечественным ученым)*

- Премия имени **С.В. Ковалевской** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 15 октября 2014 года.
2. Премия имени **В.О. Ключевского** – за выдающийся вклад в области отечественной истории и славяноведения.
Срок представления работ до 16 октября 2014 года.
3. Премия имени **А.Ф. Кони** – за выдающиеся научные работы в области права.
Срок представления работ до 28 октября 2014 года.
4. Премия имени **Б.Б. Голицына** – за выдающиеся научные работы в области геофизики.
Срок представления работ до 18 ноября 2014 года.
5. Премия имени **В.И. Векслера** – за выдающиеся работы по физике ускорителей.
Срок представления работ до 4 декабря 2014 года.
6. Премия имени **А.А. Андропова** – за выдающиеся работы в области классической механики и теории управления.
Срок представления работ до 11 января 2015 года.
7. Премия имени **А.Н. Колмогорова** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 25 января 2015 года.
8. Премия имени **Л.И. Мандельштама** – за выдающиеся работы по физике и радиофизике.
Срок представления работ до 4 февраля 2015 года.
9. Премия имени **А.А. Шахматова** – за выдающиеся работы в области источниковедения, текстологии, языковедения.
Срок представления работ до 5 марта 2015 года.
10. Премия имени **А.А. Маркова** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 14 марта 2015 года.
11. Премия имени **И.В. Гребенникова** – за выдающиеся работы в области химии, физикохимии и технологии стекла.
Срок представления работ до 24 марта 2015 года.
12. Премия имени **А.А. Ухтомского** – за выдающиеся работы в области физиологии нервной системы и физиологии трудовой деятельности.
Срок представления работ до 25 марта 2015 года.
13. Премия имени **Н.К. Кольцова** – за выдающиеся работы в области молекулярной генетики.
Срок представления работ до 15 апреля 2015 года.
14. Премия имени **Ю.А. Овчинникова** – за выдающиеся работы в области физико-химической биологии и биотехнологии.
Срок представления работ до 2 мая 2015 года.
15. Премия имени **А.А. Расплетина** – за выдающиеся достижения в области создания радиотехнических систем автоматизированного управления.
Срок представления работ до 25 мая 2015 года.
16. Премия имени **Н.С. Шатского** – за выдающиеся научные работы по тектонике.
Срок представления работ до 28 мая 2015 года.
17. Премия имени **С.Н. Виноградского** – за выдающиеся работы в области общей микробиологии.
Срок представления работ до 1 июня 2015 года.
18. Премия имени **А.Н. Несмеянова** – за выдающиеся работы в области химии элементоорганических соединений.
Срок представления работ до 9 июня 2015 года.
19. Премия имени **С.Ф. Ольденбурга** – за выдающиеся работы в области востоковедения.
Срок представления работ до 15 июня 2015 года.
20. Премия имени **С.С. Смирнова** – за выдающиеся научные работы по изучению месторождений полезных ископаемых и металлогении.
Срок представления работ до 16 июня 2015 года.
21. Премия имени **И.Е. Забелина** – за выдающийся вклад в исследование проблем археологии.
Срок представления работ до 17 июня 2015 года.
22. Премия имени **Л.А. Чугаева** – за выдающиеся работы в области химии комплексных соединений.
Срок представления работ до 5 июля 2015 года.

* Кроме премии имени Д.С. Лихачева (пункт 34).

23. Премия имени **А.А. Григорьева** – за выдающиеся работы в области физической географии.
Срок представления работ до 1 августа 2015 года.
24. Премия имени **С.А. Лебедева** – за выдающиеся работы в области разработок вычислительных систем.
Срок представления работ до 2 августа 2015 года.
25. Премия имени **Е.С. Варги** – за выдающиеся научные работы в области мировой экономики.
Срок представления работ до 6 августа 2015 года.
26. Премия имени **Е.В. Тарле** – за выдающиеся научные работы в области всемирной истории и современного развития международных отношений.
Срок представления работ до 8 августа 2015 года.
27. Премия имени **А.Н. Туполева** – за выдающиеся работы в области авиационной науки и техники.
Срок представления работ до 10 августа 2015 года.
28. Премия имени **П.Н. Яблочкова** – за выдающиеся работы в области электрофизики и электротехники.
Срок представления работ до 17 августа 2015 года.
29. Премия имени **М.А. Лаврентьева** – за выдающиеся результаты в области математики и механики.
Срок представления работ до 19 августа 2015 года.
30. Премия имени **А.О. Ковалевского** – за выдающиеся работы в области биологии развития, общей, сравнительной и экспериментальной эмбриологии беспозвоночных и позвоночных животных.
Срок представления работ до 19 августа 2015 года.
31. Премия имени **В.Н. Ипатьева** – за выдающиеся работы в области технической химии.
Срок представления работ до 21 августа 2015 года.
32. Премия имени **Н.И. Кареева** – за выдающийся вклад в изучение проблем всеобщей истории.
Срок представления работ до 24 августа 2015 года.
33. Премия имени **А.И. Мальцева** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 27 августа 2015 года.
34. Премия имени **Д.С. Лихачева** присуждается российским и зарубежным ученым за выдающийся вклад в исследование литературы и культуры Древней Руси.
Срок представления работ до 28 августа 2015 года.
35. Премия имени **Г.В. Плеханова** – за выдающиеся научные работы в области философии.
Срок представления работ до 11 сентября 2015 года.
36. Премия имени **Е.С. Федорова** – за выдающиеся работы по кристаллографии.
Срок представления работ до 22 сентября 2015 года.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях поощрения ученых за научные труды, научные открытия и изобретения, имеющие важное значение для науки и практики, Российская академия наук присуждает золотые медали и премии имени выдающихся ученых.

Золотые медали присуждаются за выдающиеся научные работы, открытия и изобретения или по совокупности работ большого научного и практического значения. В конкурсах на соискание золотых медалей могут участвовать лишь отдельные лица персонально.

Премии присуждаются за отдельные выдающиеся научные работы, открытия, изобретения, а также за серии научных работ по единой тематике.

На соискание премий могут быть представлены работы или серии работ единой тематикой, как правило, отдельных авторов. При представлении работ выдвигаются лишь ведущие авторы, причем не более трех человек.

Право выдвижения кандидатов на соискание золотых медалей и премий предоставляется:

- а) академиком и членом-корреспондентом Российской академии наук;
- б) научным учреждениям, высшим учебным заведениям;
- в) научным и инженерно-техническим обществам;
- г) научным советам Российской академии наук и других ведомств по важнейшим проблемам науки;
- д) научно-техническим советам государственных комитетов, министерств, ведомств; техническим советам промышленных предприятий; конструкторским бюро.

Организации или отдельные лица, выдвинувшие кандидата на соискание золотой медали или премии, обязаны представить в Российскую академию наук (119991, Москва, Ленинский проспект, 14, корп. 2, Экспедиция) с надписью "На соискание золотой медали (премии) имени...":

- а) мотивированное представление, включающее научную характеристику работы, ее значение для развития науки и народного хозяйства;
- б) при выдвижении работ на соискание премии – опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретения – в трех экземплярах (при выдвижении закрытых работ допускается представление рукописных материалов в одном экземпляре);

Примечание: При выдвижении кандидата на соискание золотой медали представление опубликованных научных работ (серий работ), материалов научного открытия или изобретения не обязательно.

в) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место работы и занимаемая должность, домашний адрес, номера служебного и домашнего телефонов);

г) справку о том, что представляемая на конкурс работа ранее не была удостоена Государственной премии, а также именных государственных премий.

Работы, удостоенные Государственной премии, а также именных государственных премий, на соискание золотых медалей и премий имени выдающихся ученых не принимаются.

Ученым, удостоенным золотых медалей или премий, предоставляется право при печатании работ отмечать в заголовке "Удостоена золотой медали (премии) имени... Российской академии наук за...год".

Решения Президиума РАН о присуждении золотых медалей и премий, а также краткие аннотации о работах, удостоенных золотых медалей или премий, публикуются в "Вестнике Российской академии наук", в "Известиях Российской академии наук" соответствующей серии и в газете "Поиск". В "Вестнике Российской академии наук" помещаются портреты ученых, удостоенных золотых медалей и премий.

Рассмотренные на заседании Президиума РАН печатные научные работы, за которые присуждены золотые медали или премии, передаются в Библиотеку Российской академии наук на хранение.

Золотые медали, а также дипломы о присуждении золотых медалей вручаются удостоенным их лицам на годичном Общем собрании Российской академии наук. Дипломы о присуждении премий вручаются удостоенным их лицам на заседании Президиума РАН.

Справки по телефону: (499) 237-99-33





Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология"

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» издается с 2000 г., выходит ежемесячно и распространяется по подписке через агентства «Роспечать», «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы», «Интерпочта-2003», «Артос-ГАЛ», «Деловая пресса», «ЕРМАК-ПРЕСС», а также через редакцию журнала.

Журнал включен в состав Международной научно-образовательной системы «Водород» (<http://www.hydrogen.ru>).

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» зарегистрирован в правительстве России в качестве СМИ, одобрен Организацией Объединенных Наций, включен в перечень ВАК, награжден Европейской Академией Естественных Наук медалью Рентгена, в 2000 и 2003 гг. награжден Президентом Международной ассоциации водородной энергетики (МАВЭ) академиком Т.Н. Везируглу денежной премией за достигнутые успехи, в 2008 году журнал награжден Премией «Российский Энергетический Олимп-2008».

Под эгидой журнала проведен ряд научных форумов:

- Первый Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSENT-2000.
- Второй Международный симпозиум
«Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSENT-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» IFSSENT-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	Подписанные подписи на русском языке	
12	Подписанные 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 Редколлегии в Реестре учета поступающих рукописей с присвоением четырехзначного номера, например, Рег. № 0687 от 23 августа 2009 года. После регистрации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется Приоритетная справка по форме **Form 16 ISJAEE**. Приоритетная справка уведомляет авторский коллектив о регистрации рукописи и о факте международного приоритета рукописи. После рассмотрения рукописи главным редактором и редакцией сопроводительные материалы и рукопись передаются для проведения Формальной экспертизы в соответствующее подразделение Редакции Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология». В дальнейшей переписке авторы и редакция ссылаются на Регистрационный номер.

По завершению процедуры Формальной экспертизы и выработки решения автору-корреспонденту направляется форма **Form 17 ISJAEE**, в которой определяется **Статус (2)** рукописи, в соответствии с принятым в редакции Перечнем статусов формы **Form 17 ISJAEE**: 2/1 – представленные материалы полностью соответствуют Правилам редколлегии; 2/2 – отсутствует название статьи на английском языке; 2/3 – отсутствует УДК (PACS); 2/4 – отсутствуют координаты организаций авторов (включая телефоны и e-mail); 2/5 – отсутствуют подрисуночные 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 соответствие со списком литературы; 2/10 – отсутствует аннотация на русском языке; 2/11 – отсутствует аннотация на английском языке; 2/12 – отсутствует реферат на русском языке; 2/13 – отсутствует реферат на английском языке; 2/14 – отсутствует: резюме на каждого автора (если авторов не более 6) или на главного автора*, фотография автора (авторов)*; 2/15 – отсутствует: разрешение на опубликование в открытой печати (экспертное заключение); 2/16 – отсутствует: Интернет-сообщение на русском языке, Интернет-сообщение на английском языке; 2/17 – отсутствует: Соглашение авторов на публикацию статьи в журнале; 2/18 – отсутствует: Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора); 2/19 – отсутствует: Акт проведенных испытаний, подписанный участниками испытаний.

Регистрационный Редакционный номер рукописи на этом этапе усложняется добавлением к нему номера статуса через знак «/»: например, если рукописи присвоен статус 2/1, то регистрационный номер будет выглядеть следующим образом: Рег. № 0687/2/1 от 23 августа 2009 года. В форме Form 17 ISJAEE сообщается об ориентировочной дате публикации рукописи.

Далее авторские материалы рукописи передаются в Совет Рецензентов и Экспертный Совет.

По завершению процедуры экстренного рецензирования и получения положительного решения Совета Рецензентов и Экспертного Совета статья будет опубликована в журнале.

После завершения процедуры рецензирования и выработки решения в Международном Совете Рецензентов Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» автору-корреспонденту направляется форма **Form 18 ISJAEE**, в которой сообщается, что по результатам рецензирования рукописи присвоен **Статус (3) по Form 18 ISJAEE**. **Перечень статусов формы FORM 18 ISJAEE**: 3/2 – научная новизна сомнительна; 3/3 – научное значение работы сомнительно; 3/4 – научный результат соответствует современному состоянию науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/5 – научный результат превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/6 – научный ре-



зультат существенно превосходит современное состояние науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/7 – научный результат превосходит современное состояние науки и может обеспечить прорыв в данном направлении науки, работа достойна финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/8 – важнейшая научная работа, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами; 3/9 – наиважнейшее открытие, способное изменить весь ход развития науки, достойная финансирования Международным сообществом и рекомендации Редколлегии для финансирования Международными Научными Фондами

После этапа рецензирования рукопись передается в **Совет Экспертов** для оценки технического уровня разработки.

После прохождения экспертизы в Международном **Совете Экспертов** и выработки решения рукописи присваивается **Статус (4)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 19 ISJAEЕ**: 4/2 – техническая реализация сомнительна, 4/3 – техническая реализация возможна, но положительный эффект сомнителен, 4/4 – техническая реализация возможна и технический результат удовлетворительный, 4/5 – технический результат соответствует лучшим современным мировым образцам, 4/6 – технический результат превосходит современный Мировой уровень техники, 4/7 – выдающаяся разработка, технический результат, которой может обеспечить прорыв в данном направлении техники, 4/8 – важнейшая разработка, достойная немедленного финансирования Международным сообществом и технический результат принесет значительную пользу человечеству, 4/9 – наиважнейшее открытие, технический результат, которого способен изменить весь ход развития техники.

В форме также уточняется ориентировочная дата публикации.

После принятия окончательного решения о возможности публикации рукописи в адрес автора-корреспондента направляется **Решение Редакционного Научного Совета FORM 20 ISJAEЕ**.

В форме сообщается о том, что рукопись прошла процедуру рецензирования в Международном Совете Рецензентов (научное качество) и научно-техническую экспертизу (техническая реализуемость) в Международном Совете Экспертов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная Энергетика и Экология». В этой же форме сообщается об оценке качества рукописи и об научно-технической ценности идеи или концепции (устройств). 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-диск 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 ($MВт/см^2$) — прямым (обычным) шрифтом. Символы (\mathfrak{R} , \varnothing , \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 (MANUSKRIP T TRANSMITTAL FORM) к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

10. Фотографии

Файл обозначается следующим образом: **Fotos#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Fotos#1** – обозначает принадлежность фотографий к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

11. Рецензии

Файл обозначается следующим образом: **Reviews#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Reviews#1** – обозначает принадлежность PDF-версии рецензии к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

12. Ключевые слова

Файл обозначается следующим образом: **Keywords#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Keywords#1** – обозначает принадлежность **списка ключевых слов** к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

13. Сопроводительное письмо руководителя организации (или письмо автора, если автор – частное лицо).

Файл обозначается следующим образом: **Letter#1. Ivanov I.I. Hydrogen detectors. (1300)**

Где **Letter#1** – обозначает принадлежность PDF-версии письма руководителя организации к конкретной рукописи с номером, присвоенным автором (рукописей может быть несколько на электронном носителе);

Ivanov I.I. – фамилия первого автора и инициалы;

Hydrogen detectors – первые два слова из названия рукописи;

(1300) – номер тематического направления или тематической секции из **Тематики журнала** (Приведена в конце каждого номера журнала).

ВНИМАНИЕ!!!

Вместе с электронной версией всех перечисленных документов необходимо направить в редакцию оригиналы всех документов обычной почтой заказным письмом по след адресу: 607183, г. Саров Нижегородской обл., а/я 687.

Редколлегия обращает внимание авторов на то, что несоблюдение приведенных выше правил может задержать публикацию материала и привести к отклонению рукописи от процесса дальнейшего рассмотрения!!! Отклоненные редколлгией рукописи (в бумажном и электронном виде) авторам не возвращаются.

В случае отклонения рукописи автор может в течение трех месяцев направить в редакцию уведомление и исправленный вариант в соответствии с требованиями редакции (при этом за рукописью сохраняется регистрационный номер), а также восстанавливается очередь публикации.

Раздел 5. Обязательства Редакции перед Высшей Аттестационной КомиссиейРедакция обязуется обеспечивать:

1. Наличие института рецензирования (для экспертной оценки рукописей). Обязательное предоставление редакцией рецензий по запросам авторам рукописей и экспертным советам в Высшую Аттестационную Комиссию Российской Академии Наук.

2. Информационную открытость издания.

Наличие и развитие сетевой версии журнала в Интернете по адресу <http://isjaee.hydrogen.ru/>. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах должны находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках, полнотекстовые версии статей в свободном доступе или доступными только для подписчиков, но не ранее чем через год после выхода материала.

3. Регулярное предоставление информации об опубликованных статьях по установленной форме в систему Российского индекса научного цитирования.

4. Обязательное указание состава редакционной коллегии или совета с указанием учёной степени и учёного звания на сайте научного периодического издания.

5. Обязательное указание мест работы всех авторов и контактной информации для переписки.6. Строгая периодичность.

7. Наличие проставленных библиографических списков у всех статей в формате, установленном журналом из числа предусмотренным действующим ГОСТом.

8. Наличие ключевых слов на русском и на английском языках для каждой публикации.9. Наличие и строгое соблюдение опубликованных правил представления рукописей авторами.10. В случае отказа в публикации статьи редакция отправляет автору мотивированный отказ.12. Наличие ISSN 1608-8298.

13. Наличие подписного индекса: ОАО «Роспечать» 20487, Объединенного каталога «Пресса России» 41935, Каталога российской прессы "Почта России".

14. Развивать специализацию: по химии, по энергетике, по наукам о Земле, по инженерно-агропромышленным специальностям.

Раздел 6. Стоимость и порядок оплаты публикаций

Стоимость публикации рукописи складывается из: А – предпечатной подготовки, экспертизы материалов и рецензирования, а также из Б – стоимости публикации. Стоимость публикации рукописи составляет 20% от стоимости экспертизы и рецензирования рукописи, а также стоимости предпечатной подготовки (литературная обработка, графическая обработка, компьютерная верстка, работа переводчика): Б=0,2 А.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **резидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **нерезидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-технический центр «ТАТА».

Оплата нерезидентами РФ производится на валютные счета НТЦ «ТАТА» в удобной для них валюте: в рублях, долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА».

Порядок оплаты публикаций

1. Стоимость подготовки публикации рукописи с 01 июля 2014 года составляет:

– для физических лиц – 25 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);

– для ВУЗов – 30 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);

– для научно-исследовательских институтов РАН – 20 € за страницу (в рублях по курсу ЦБ);

– для предприятий, относящихся к малым формам – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);

– для министерств регионального уровня – 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);

- для министерств федерального уровня – 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
 - для акционерных обществ – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для государственных промышленных предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов Национальных и Федеральных центров – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
 - для публикации материалов ФГУП – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).
 - для пенсионеров – скидка 25%;
 - для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
 - для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
 - для инвалидов 3 группы – скидка 10%;
 - для членов Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология – бесплатно
 - для подписчиков – физических лиц – бесплатно.
- Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на один из расчетных счетов предприятий: Научно-технический центр «ТАТА», ООО Научно-инновационный центр «Криос», ООО Научно-инновационный центр «Лаборатория технологий безопасности», ООО Научно-Технологический центр «Саровские лаборатории сенсорики», которые совместно с Научно-техническим центром «ТАТА», участвуют в процессах: рецензирования и экспертизы рукописей, а также подготовки рукописей к публикации.

2. Данная стоимость определена для публикаций, содержащих:

- объем страниц текста (1800 печатных знаков) – до 7 включительно;
- количество рисунков в рукописи – до 7 включительно;
- количество фотографий (включая фото автора) – до 7 включительно.

3. При превышении указанных параметров оплата производится с применением следующих коэффициентов (К):

- объем страниц свыше 7 – $K = 1,25$ за каждую последующую страницу;
- количество рисунков свыше 7 – 20 € за каждый дополнительный рисунок (для ВУЗов – 10 € за рисунок, для научно-исследовательских институтов РАН – 10€)
- для ВУЗов – 20 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 20€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);

4. Стоимость публикаций, носящих **обзорный характер**, составляет при объеме до 20 страниц включительно:

- для физических лиц – 20 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);
- для ВУЗов – 25 € за страницу (для российских ВУЗов в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских институтов РАН – 25€ за страницу (в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств регионального уровня - 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для министерств федерального уровня - 40 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);
- для предприятий, относящихся к малым формам – 25 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для акционерных обществ - 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для научно-исследовательских предприятий – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для государственных промышленных предприятий – 45 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных на контрактной основе – 30 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов, выполненных в рамках международных контрактов – 35 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для публикации материалов ФГУП – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

- для публикации материалов Центров (национального или федерального уровня) – 50 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- для пенсионеров – скидка 30%;
- для инвалидов 1 группы – скидка 30%;
- для инвалидов 2 группы – скидка 20%;
- для инвалидов 3 группы – скидка 10%;

Студенты и аспиранты могут быть освобождены от оплаты по их заявлению в адрес Редакции и на основании Решения Редакции.

Редколлегия публикует вне очереди со сроком рецензирования, предварительной подготовки и опубликования рукописи - 14 дней и на бесплатной основе авторов рукописей, имеющих индекс Хирша ≥ 15 .

Редколлегия не публикует авторов работ, имеющих возраст более 30 лет с индексом Хирша менее 3.

– при превышении объема страниц свыше 20 – $K = 1,5$.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

5. Стоимость статей рекламного характера составляет 200 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Стоимость статей рекламного характера (**цветные странички**) составляет 800 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ).

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

6. Стоимость Специального выпуска журнала (Заказанного организацией) составляет:

- объем до 100 страниц включительно – 3000 € (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);
- объем от 101 до 150 страниц включительно – $K = 0,8$ (за превышающий объем);
- объем от 151 до 200 страниц включительно – $K = 0,6$ (за превышающий объем);
- объем свыше 200 страниц – $K = 0,4$ (за превышающий объем);
- специальный выпуск в многотомном варианте – $K = 0,6$ за каждый последующий том;
- специальный выпуск в полноцветном варианте – $K = 2$.

Физические лица и организации, являющиеся нерезидентами РФ, перечисляют оплату публикаций на валютные счета в удобной для них валюте: в долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА» или ООО Научно-инновационный центр «Криос».

7. От оплаты за публикации освобождаются: **Нобелевские лауреаты; академики РАН; ректоры ВУЗов; руководители: НИИ, научных Центров; авторы рукописей, имеющие индекс Хирша ≥ 20 ; члены Международной Ассоциации Альтернативная Энергетика и Экология, физические лица, являющиеся подписчиками журнала (годовая подписка).**

8. При подаче рукописи академики РАН, ректоры ВУЗов, НИИ, Научных Центров, студенты, аспиранты и пенсионеры обязаны представить справку, заверенную в организации.

9. При подаче рукописи пенсионеры обязаны предоставить копию пенсионного удостоверения.

10. Любой автор или авторский коллектив имеет право обратиться в редакцию журнала с мотивированным ходатайством об освобождении (частичном освобождении на 25% - 30%) от оплаты за публикацию. Решение об освобождении от оплаты принимается Главным редактором журнала. При освобождении от оплаты срок публикации рукописи может быть продлен до 4 месяцев.

11. Документы об оплате (платежное поручение, квитанция) предоставляются вместе с материалами рукописи.

12. В случае необходимости отсрочки платежа за публикацию рукописи автор или авторский коллектив предоставляет в редакцию журнала письмо с просьбой об отсрочке платежа и гарантией оплаты в определенные сроки.

13. Публикации членов Научного Совета Редколлегии и рецензентов, а также авторов, имеющих рекомендации членов Научного Совета Редколлегии могут осуществляться на бесплатной основе или с частичной оплатой 50% (По Решению Редколлегии и Редакции журнала).

14. Авторские коллективы, среди которых есть Нобелевские лауреаты, полностью освобождаются от оплаты публикаций.



Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»



ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»

Адрес: 607181, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, д. 29, офис 311

тел./факс: (83130) 6-31-07, 9-07-08 тел. (83130) 9 - 18- 46

Для расчетов в рублях:

Образец заполнения платежного поручения

ИНН 5254483520	КПП 525401001		
Получатель ООО Научно – Инновационный Центр «Криос»		Сч. №	40702810300000002650
Банк получателя ИНН 7701000940 КПП 525402001		БИК	042204721
ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров		К/Сч. №	30101810200000000721

Дополнительные возможности оплаты

Вы можете также осуществить платеж через систему WebMoney

Кошелек в рублях (Рубли, РФ): R970392195433

Кошелек в долларах: (Доллары США): Z329674429334

В переводе необходимо указать: «За предпечатную подготовку рукописи №..... и ее публикацию»

Просьба к авторам!

В целях ускорения согласования гранок, просьба к авторам, предоставлять максимально возможные каналы связи для быстрой связи Редакции с автором и авторским коллективом (мобильный телефон, скайп, факс, электронную почту и т.д.). Если у автора-корреспондента предвидятся командировки, отпуск и другие неотложные дела, просьба своевременно в письменном виде уведомить Редакцию о назначении ответственного лица для согласования гранок статей.



**I. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ
ЭНЕРГЕТИКА****1. Солнечная энергетика**

А.Штейнфельд (Швейцария, Цюрих, Швейцарский федеральный институт технологий) (МРК)
Г.И. Исаков (Азербайджан, Баку, Институт физики НАН) (ЗГР)
И.Г. Хидиров (Узбекистан, Ташкент, Институт ядерной физики НАН Узбекистана) (МРК)
С.Геруни (Армения, Ереван, Ереванский гос. ун-т) (МНКСР)
С.М. Раза (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)
С.З. Ильяс (Пакистан, Кветта, Университет Белуджистана) (МРК)
А.М. Пенджиев (Туркменистан, Ашхабат-32, Туркменский политехнический институт) (МРК)
В.Ф. Гременок (Белоруссия, Минск, Объединенный институт физики твердого тела и полупроводников) (МНКСР)
В.А. Бутузов (Россия, Краснодар, ОАО «Южгеотепло»)

- 1-1-0-0** История солнечной энергетики
- 1-2-0-0** Солнечно-водородная энергетика
Т.Н. Везироглу (США, Майами, МАВЭ, 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-Стелной, 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-Стелной, 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. Фортвов, 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

- Б.К. Гупта* (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)
- А.В. Вахрушев* (Россия, Ижевск, Институт прикладной механики УрО РАН) (МРК)
- 12-4-2-0** В инкапсулированном газообразном состоянии: в микросферах, микрокапиллярах, пенометаллах, цеолитах и других соединениях
В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
Е.Ф. Медведев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
А.Ф. Чабак (Россия, Москва, Академия перспективных технологий) (МРК)
- 12-4-3-0** В газообразном состоянии под давлением
А.С. Коротеев, акад. РАН (Россия, Москва, ФГУП «Центр Келдыша») (РНС)
- 12-4-3-1** В газообразном состоянии в крупных хранилищах
- 12-4-3-2** В газообразном состоянии в баллонах
- 12-4-4-0** В жидком состоянии
А.М. Архаров (Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана) (МРК)
А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
В.И. Куприянов (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
А.А. Макаров (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
Г.Г. Шевяков (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
В.С. Травкин (США, Лос-Анжелес, Калифорнийский университет) (МРК)
В.С. Коган (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)
А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
- 12-4-4-1** В криогенном жидком состоянии в стационарных хранилищах
- 12-4-4-2** В криогенном жидком состоянии на борту транспортных средств
Б.А. Соколов (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)
- 12-4-5-0** В химически связанном состоянии в жидких средах
- 12-4-6-0** В твердофазном связанном состоянии в металлгидридных системах
М.Д. Хэмптон (США, Орlando, Университет Центральной Флориды) (ЗГР)
Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МНКСР)
С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)
В.Л. Кожевников (Россия, Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН) (МРК)
- 12-4-7-0** В адсорбированном состоянии на криоадсорбентах
- 12-4-8-0** В комбинированных системах
- 12-4-9-0** Новые способы хранения водорода
- 12-5-0-0** Методы получения водорода
И.Ф. Кузьменко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МНКСР)
В. В. Лунин, 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



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** Технологически безопасного использования водорода на борту транспортных средств
- 12-3-0-0** Газоаналитические системы и сенсоры водорода
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)
В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский гос. университет) (РНС)
Ю. Шунман (Нидерланды, Делфт, Делфтский технический университет) (МНКСР)
Л.И. Трахтенберг (Россия, Москва, ИХФ им. Н.Н. Семенова РАН)
- 12-4-0-0** Хранение водорода
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
О.Н. Сривастава (Индия, Варанаси, Университет Банарас Хинди) (МРК)
С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (РНС)
Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)
- 12-4-1-0** В углеродных наносистемах
О.Н. Ефимов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)



12-5-10-0 Генерирование водорода на борту в реакции взаимодействия воды с различными металлами (алюминий, магний и т. д.)

- 12-5-10-1 Механические и электрические способы удаления окисной пленки во время реакции
 12-5-10-2 Химические способы удаления окисной пленки во время реакции
 12-5-10-3 Ультразвуковые способы удаления окисной пленки во время реакции
 12-5-10-4 Способы увеличения удельной поверхности металлов реагентов
 12-5-10-5 Термические и барические методы интенсификации реакции генерации водорода
 12-5-10-6 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бортового применения
 12-5-10-7 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бытового применения
 12-5-10-8 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для промышленной энергетики
 12-5-10-9 Физико-математические модели описания процессов генерации водорода
 12-5-10-10 Перспективные направления развития метода для воплощения его на борту транспортных средств

12-5-11-0 Получение водорода из глубинного морского сероводорода

- И.М. Неклюдов* (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
Н.А. Азаренков (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
В.И. Ткаченко (Украина, Харьков, ХФТИ) (МРК)
 12-5-12-0 Новые способы получения водорода

12-6-0-0 Транспортирование водорода

- А.Г. Галеев* (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИХиммаш») (МРК)
 12-6-1-0 Транспортирование жидких криогенных продуктов по трубопроводам
А.М. Домашенко (Россия, Балашиха, ОАО «Криогенмаш») (МРК)
 12-6-2-0 Охлаждение магистралей криогенных систем
 12-6-3-0 Неуставившиеся процессы в криогенных системах

12-7-0-0 Топливные элементы

- Б.А. Соколов* (Россия, Королев, РКК «Энергия» им. С.П. Королева) (МРК)
Ю.Н. Шалимов (Россия, Воронеж, ВГТУ) (МРК)
В.П. Пахомов (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
 12-7-1-0 Разработка и производство топливных элементов
 12-7-1-1 Мембраны для топливных элементов
 12-7-1-2 Компьютерное моделирование функционирования топливных элементов
 12-7-2-0 Применение топливных элементов
 12-7-2-1 Устройства питания на топливных элементах с конверсией метанола в водород
 12-7-3-0 Топливные элементы с предварительной обработкой водородсодержащего топлива

12-8-0-0 Конструкционные материалы

- П.Г. Бережко* (Россия, Саров, 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, Саров, 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, Черногоровка, 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, Черногоровка, 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, Саров, 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 энергетике**

15-1-0-0 Аккумулирование электрической энергии

15-2-0-0 Сверхпроводящие материалы.

Сверхпроводимость. Сверхпроводимость в энергетике

15-3-0-0 Новые циклы и схемы термотрансформаторов

15-4-0-0 Проблемы освещения мегаполисов

**16. Применение гелия и специальных
материалов в транспортных средствах**

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (Россия, Москва, Международный инженерный университет) (РНС)

16-1-0-0 Дирижабли для перевозки крупногабаритных грузов

16-2-0-0 Дирижабли для контроля за чрезвычайными ситуациями в мегаполисах: автоинспекция, пожарная безопасность, антитерроризм, наблюдение за техническим и экологическим состоянием промышленных зданий и сооружений. Энергоназор (контроль тепловых утечек зданий в масштабе города)

16-3-0-0 Пожарные, нейтрализационные, полицейские дирижабли

**17. Энергетика и экология**

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

О.Л. Фиговский (Израиль, Мигдал Ха'Емек, Израильский исследовательский центр «Ролумате») (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 энергетике в России

22-2-0-0 Законодательное обеспечение инновационного развития водородной энергетике

22-3-0-0 Законодательная база альтернативной энергетике 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 энергетике 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, Черногловка, 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, Черногловка) (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, Черногловка, ИПХФ РАН) (МРК)

Н.Н. Вершинин (Россия, ИПХФ РАН, Черногловка)

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



XV. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ



35. Энергосберегающие технологии, системы, материалы и приборы

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)



XVI. ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



36. Проблемы нефтегазовой и угольной промышленности

А.Л. Гусев (Россия, Саров, 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



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, Саров, 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

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")

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 "NIHIMMASH") (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. Berezko (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

A.M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)

V.M. Chertov (Russia, Moscow) (IEB)

Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)

P.Saint-Gregoire (France, University de Toulon et du Var) (DECH)

F.A. Lewis (Great Britain, Belfast, The Queen's University of Belfast) (SEB)

A.T. Ponomarenko (Russia, Moscow, Enikolopov Institute of Synthetic Polymer Materials of RAS) (IEAB)

L.V. Spivak (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)

M.V. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, Donetsk STU) (IEAB)

N.M. Vlasov (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

I.I. Fedik (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

12-8-1-0 Hydrogen in metals and alloys

V.A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

L.F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

12-8-2-0 Hydrogen degradation

12-8-3-0 Structural materials hydrogenation systems

12-8-4-0 Static and dynamic strength of structural materials

N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)

12-8-5-0 Gasars. Application of gasars in marine and air fleet, motor-car construction

12-8-6-0 Electrical furnaces for thermovacuum processes

E.N. Marmer (Moscow, VNIIEO)

12-8-7-0 New structural materials for renewable energy structures

12-9-0-0 Synthesis-gas production methods

A.Ya. Stolyarevskiy (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

12-9-1-0 Adiabatic conversion of the natural gas

12-10-0-0 Hydrogen fuel vehicles and engines

T.Gaertig (Germany, Berlin) (IEB)

A.L. Dmitriev (Russia, S.-Petersburg, RSC "Applied Chemistry") (IEB)

A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)

A.Yu. Ramenskiy (Russia, Moscow, Audit-Premier) (IEAB)

V.S. Sokolov (Russia, S.Petersburg) (IEAB)

12-11-0-0 Hydrogen filling stations

12-12-0-0 Hydrogen for providing buildings, structures and houses with energy. Micro hydrogen power plants based on fuel cells



V. STRUCTURAL MATERIALS



13. Nanostructures

A.M. Lipanov, Acad. RAS (Russia, Izhevsk, Institute of Applied Mechanics UB RAS) (IEB)

Yu.M. Shul'ga (Russia, Chernogolovka, JSC "Cryogenmash") (IEB)

V.I. Kodolov (Russia, Izhevsk, BRHE Centre of Chemical Physics and Mesoscopy) (IEAB)

Yu.S. Nechaev (Russia, Moscow, Bardin Research Institute of the Ferrous-Metals Industry) (IEAB)

B.P. Tarasov (Chernogolovka, IPCP RAS) (IEAB)

Yu.D. Tretiakov, Acad. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

13-1-0-0 Nanosystems: synthesis, properties, and application

E.A. Goodilin, Member Corresp. RAS (Russia, Moscow, FMS MSU) (SEB)

V.V. Kyrsheva (Russia, Sarov, STC "TATA")

13-2-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for heat insulation

13-3-0-0 Fullerene structures and carbon nanomaterials for hydrogen sensors

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEAB)

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

13-4-0-0 Computer simulation of synthesis of carbon nanomaterials with specified properties

13-5-0-0 Carbon nanostructures for vehicles



VI. THERMODYNAMIC BASICS OF AEE



14. Thermodynamic analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

14-1-0-0 Thermodynamic analysis of basic energy generation processes in alternative energy

14-2-0-0 Exergetic analysis of basic energy generation processes in alternative energy



VII. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ENERGY



15. Basic problems of energy and renewable energy

15-1-0-0 Electric energy storage

15-2-0-0 Superconductive materials. Superconductivity. Superconductivity of energy

15-3-0-0 New cycles and schemes for thermotransformers

15-4-0-0 Problems of megapolise illumination



**16. Application of helium and special materials in vehicles**

Yu.A. Ryjov, Acad. RAS (Russia, Moscow, International Univ. of Engineering) (SEB)

16-1-0-0 Airships to transfer large-sized cargoes

16-2-0-0 Airships to control states of emergency in megapolises: car inspection, fire safety, terrorism combat, technical and ecological state control of industrial buildings and structures. Energy control (heat leak control in buildings on a city's scale)

16-3-0-0 Fire fighting airships, counteracting, and police airships

**17. Energy and ecology**

O.L. Figovsky (Israel, Israel Research Center Polymate) (IEB)

M.V. Vorobiova (Russia, Moscow, GIREDMET) (IEB)

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

17-1-0-0 Greenhouse gas effect

17-2-0-0 Ecological problems of industrial megapolises

17-3-0-0 Ecology of air atmosphere and space

17-4-0-0 Ecology of water resources

17-5-0-0 Problems of unhealthy atmospheric emissions by heat-electric generating plants

17-6-0-0 Problems of ground pollution by energy carriers

17-7-0-0 Ecological tourism and ecological resorts

17-8-0-0 Problems of factory and domestic waste utilization

17-9-0-0 Reliability of complex energy systems

**18. Energy efficiency methods and facilities for aggressive gas mixture separation and purification**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Moscow, P.N. Lebedev FIAN) (IEB)

A.A. Bobrova (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF)

**19. Ecology and power resources of deserts****20. Water, its properties. Water preparation, application****21. Acoustic effects of energy facilities on the environment****VIII. LEGISLATIVE BASIS, MASS MEDIA, STATE SUPPORT****22. Legislative basis**

P.B. Shelishch (Russia, Moscow, RF State Duma, President of National Association of Hydrogen Energy) (IEAB)

22-1-0-0 Legislation basis for renewable energy in Russia

22-2-0-0 Legislation assurance for innovation development of hydrogen energy

22-3-0-0 Legislation basis for renewable energy in CIS

22-4-0-0 Legislation basis for ecology

**IX. PERSONNEL MANAGEMENT AND EDUCATION****23. Education and scientific research centres**

B.F. Reutov (Russia, Moscow, Federal Agency for Education and Sciences of RF) (IEB)

A.V. Chuvikovskiy (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)

Yu.P. Shcherbak (Russia, Sarov, Sarov Physicotechnical Institute) (IEB)

J.-P. Contzen (Belgium, von Karman Institute for Fluid Dynamics) (IEB)

23-1-0-0 Educational activities in the field of alternative energy and ecology

23-1-1-0 Educational activity within school program

23-1-2-0 Educational activity in institutes of higher education

23-2-0-0 Hydrogen trading estates and science and research cities

23-3-0-0 Young people in alternative energy and ecology science and technology

**X. ECONOMIC ASPECTS OF AEE****24. Economical aspects**

24-1-0-0 Investment attractiveness of various countries and companies in renewable energy

24-2-0-0 Resources of conventional energy sources in exporting countries and world resources

24-3-0-0 National scientific and technological programmes of the development of hydrogen economy

24-4-0-0 Economical analysis in renewable energy

V.A. Khusnutdinov (Russia, Moscow, RAO UES of Russia) (IEB)

24-5-0-0 Business-planning in renewable energy

**XI. INNOVATION SOLUTIONS, TECHNOLOGIES, FACILITIES AND THEIR INNOVATION****25. Nanotechnology for renewable energy**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

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

O.N. Efimov (Russia, Sarov, STC "TATA")

**26. Innovative solutions in alternative energy and ecology**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

**27. Information technologies (IT)**

**XII. ENVIRONMENTAL VEHICLES****28. Cryogenic and pneumatic vehicles**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

28-1-0-0 Cryogenic nitrogen transport

28-2-0-0 Inert gas-based cryogenic vehicles for hazardous structures: fire engines, air port auxiliary vehicles, fuel and lubricant storage, vehicles in dangerously explosive chemical production

28-3-0-0 Pneumatic vehicles

**29. On-board energy accumulators**

29-1-0-0 Thermal energy accumulators

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

29-1-1-0 Temperature above 273 K

29-1-2-0 Temperature below 273 K

29-1-3-0 Temperature below 77 K

29-2-0-0 Flywheel energy accumulators

29-3-0-0 Electrical energy accumulators

29-4-0-0 Spring energy accumulators

29-5-0-0 Compressed-air energy accumulators

29-6-0-0 Chemical energy accumulators

**30. Multy mode vehicles**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

O.B. Baklitskaya (Russia, Sarov, STC "TATA")

M.A. Kazaryan (Russia, Sarov, STC "TATA")

**31. External and onboard vehicle energy recovery systems**

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

**32. Lithium-ion current sources and supercapacitor****XIII. RECOVERY TECHNIQUES FOR AEE****33. Juvenile hydrogen in geotectonics and geochemistry processes**

S.V. Digonskiy (Russia, Ekaterinburg, FGUP "Urangologorazvedka") (IEB)

V.L. Syvorotkin (Russia, Moscow, M.V. Lomonosov MSU) (IEB)

33-1-0-0 Role of hydrogen in chemical composition of the universe

33-2-0-0 Diving forces in the evolution of Earth and planets

33-3-0-0 Hydrogen in the Earth's core

33-4-0-0 Geology and geochemistry of natural gases in deep fault areas

33-5-0-0 Transport of juvenile hydrogen through the Earth stratum and formation of electrically charged zones

33-6-0-0 Natural synthesis of carbon-based substances

33-7-0-0 Deep degasifying of the Earth, global disasters and anomalous phenomena

**XIV. CATALYSIS FOR AEE****34. Catalysis for renewable energy**

Z.R. Ismagilov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis) (IEB)

S.M. Aldoshin, Acad. RAS (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS) (SEB)

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

V.A. Kirillov (Russia, Novosibirsk, Boreskov Institute of Catalysis of SD RAS) (IEB)

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

N.N. Vershinin (Russia, Chernogolovka, IPCP RAS)

34-1-0-0 Catalytic methods for synthesis of alternative fuel

34-2-0-0 Catalysis in combined schemes «energy generation and production of useful products from natural gas»

34-3-0-0 Catalysis in generation of working fluid in gas turbines as an effective alternative flare generation method

34-4-0-0 Catalysis of fuel cells

34-5-0-0 Catalysis in processes of production of synthesis gas and hydrogen

34-6-0-0 Catalytic methods of hydrogen treatment

34-7-0-0 Catalysis in treating of power reactor waste gases

34-8-0-0 Catalysis in process water treatment systems

34-9-0-0 Photocatalytic and electrocatalytic methods for hydrogen production

34-10-0-0 Development and study of material properties to form catalytic layers in fuel cells

34-11-0-0 On mechanism of catalytic action. Effect of metal nature and degree of oxidation thereof on catalytic activity

34-12-0-0 Nanocomposites for application as catalysts. Effect of dimension factor on catalytic activity

34-13-0-0 Alternative catalysts with no platinum

34-14-0-0 Problems of catalyst poisoning

34-15-0-0 Catalyst carriers: design, synthesis, and properties

A. Ya. Vul' (Russia, St. Petersburg, Ioffe Institute)

34-16-0-0 Catalytic layers for fuel cells in planar design

34-17-0-0 Sol-gel process for production of catalysts and catalyst carriers

**XV. ENERGY SAVING****35. Energy-saving technologies, materials, systems, and instruments**

A.L. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

**XVI. PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX****36. Problems of oil, gas, and coal industry**

A.L. 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



XXI. EARTH SCIENCES



XXII. INFORMATION FOR AEE



40. Information

A.I. Salikov (Russia, Moscow, CNIIATOMINFORM) (IEAB)
E.M. Tararaeva (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**

SEB — Scientific Editorial Board
 IEB — International Editorial Board
 IEAB — International Editorial Advisory Board
 EB — Experts Board
 IRB — International Reviewers Board



International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ПОДПИСКА НА РОССИЙСКИЕ НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ

eLIBRARY.RU

Научная Электронная Библиотека продолжает кампанию по подписке на отечественную научную периодику в электронном формате на 2015 г. Полнотекстовая коллекция включает журналы по всем отраслям современного знания. Всего на платформе eLIBRARY.RU сейчас размещено более 14 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 2500 российских научно-технических журналов, в том числе более 1300 журналов в открытом доступе.

Десятилетиями научные организации, вузы и библиотеки оформляли подписку на печатные версии этих журналов, а теперь они стали доступны в электронном виде на платформе eLIBRARY.RU:

Российские журналы на платформе eLIBRARY.RU представлены в виде нескольких коллекций:

- Журналы издательства НАУКА • Российские журналы на eLIBRARY.RU •
- Журналы Дальневосточного отделения РАН •
- Журналы Самарского государственного технического университета •
- Реферативные журналы ВИНТИ • Реферативные журналы ИНИОН
- Реферативные журналы ЦНСХБ •

Полный перечень подписных журналов представлен в Каталоге 2015 г.

Оформить годовую подписку на текущие и архивные выпуски журналов, приобрести отдельные номера изданий могут частные лица и организации любой формы собственности и вида деятельности – университеты, институты РАН и других академий, отраслевые НИИ и научные центры, библиотеки, государственные органы и коммерческие структуры. Российские журналы доступны теперь в электронном виде не только отечественным, но и зарубежным подписчикам. Научная Электронная Библиотека работает со всеми, кого интересует научная периодика.

Для того чтобы получить доступ к подписным изданиям, необходимо зарегистрироваться на сервере eLIBRARY.RU и подписать Лицензионное соглашение, которое регламентирует порядок и правила работы и использования электронных ресурсов.

Заявки на подписку, вопросы, комментарии направляйте в отдел маркетинга и продаж

Тел.: 7 (495) 935 0101 Факс: 7 (495) 935 0002

Email: sales@elibrary.ru





ПОДПИСКА – 2015 на июль - декабрь по Объединенному каталогу «Пресса России»

На почте с апреля 2015 г. проводится
подписная кампания на

Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»

по Объединенному каталогу Пресса России
«ПОДПИСКА-2015, второе полугодие»
индекс: **41935**

Условия оформления подписки
(аннотация, индексы, стоимость)
вы найдете в I томе каталога

**ТРЕБУЙТЕ ОБЪЕДИНЕННЫЙ КАТАЛОГ
НА ПОЧТЕ!**

Контактный номер телефона специалиста
по распространению (495) 661-20-30





ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAEE

Уважаемые коллеги! 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 «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
	<p style="text-align: center;">ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа)</p> <p style="text-align: center;">5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа)</p> <p>N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа)</p> <p>В ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты)</p> <p style="text-align: center;">к/с 30101810200000000721</p> <p style="text-align: center;">042204721 БИК</p> <p style="text-align: center;">(*наименование платежа)</p> <p>Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп.</p> <p>Плательщик (подпись) _____</p>
Кассир	Форма ПД-4
Квитанция	<p style="text-align: center;">ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа)</p> <p style="text-align: center;">5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа)</p> <p>N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа)</p> <p>В ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты)</p> <p style="text-align: center;">к/с 30101810200000000721</p> <p style="text-align: center;">042204721 БИК</p> <p style="text-align: center;">(*наименование платежа)</p> <p>Дата _____ Сумма платежа: _____ руб. ____ коп.</p> <p>Плательщик (подпись) _____</p>
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 2002г.





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
	<p>ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа)</p> <p>5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа)</p> <p>N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа)</p> <p>В ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты)</p> <p>к/с 30101810200000000721</p> <p>042204721 БИК</p> <p>(*наименование платежа)</p> <p>Дата _____ Сумма платежа: 42_000_руб. ____ коп.</p> <p>Плательщик (подпись) _____</p>
Кассир	Форма ПД-4
	<p>ООО НТЦ «ТАТА» (наименование получателя платежа)</p> <p>5254022656 / 525401001 (ИНН получателя платежа)</p> <p>N 40702810900000001679 (номер счета получателя платежа)</p> <p>В ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров (наименование банка и банковские реквизиты)</p> <p>к/с 30101810200000000721</p> <p>042204721 БИК</p> <p>(*наименование платежа)</p> <p>Дата _____ Сумма платежа: 42_000_руб. ____ коп.</p> <p>Плательщик (подпись) _____</p>
Квитанция	
Кассир	

*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, «Золотая коллекция», например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, «Золотая коллекция».



Стоимость подписки для различных категорий подписчиков на 2015 год

Категория подписчиков	Цена, руб.	
	за полугодие	за год
Аспиранты	5000	10000
Пенсионеры	6000	12000
Физические лица	7500	15000
Малые предприятия	9000	18000
Вузы	10000	20000
Научно-исследовательские организации	12000	24000
Российские научные центры	12500	25000
Муниципальные библиотеки	13000	26000
Национальные библиотеки	14000	28000

<p>Информация о плательщике:</p> <p>_____</p> <p>(Ф.И.О., адрес плательщика)</p> <p>_____</p> <p>(ИНН налогоплательщика)</p> <p>N _____</p> <p>(номер лицевого счета (код) плательщика)</p>	
<p>Информация о плательщике:</p> <p>_____</p> <p>(Ф.И.О., адрес плательщика)</p> <p>_____</p> <p>(ИНН налогоплательщика)</p> <p>N _____</p> <p>(номер лицевого счета (код) плательщика)</p>	

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

ISJAEЕ

Dear Colleagues! Subscription for the year 2015 is available

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEЕ)

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 ISJAEЕ
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 4070284060000001680
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

ISJAEЕ

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 (ISJAEЕ)

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 ISJAEЕ
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 _____

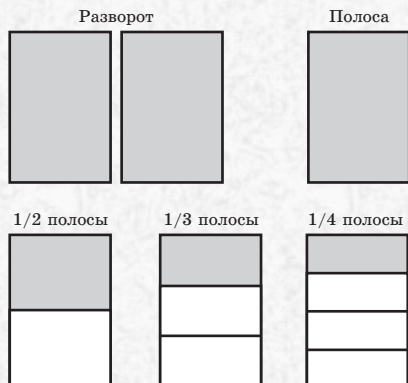
Signed _____ Date _____



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 полторный. 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.

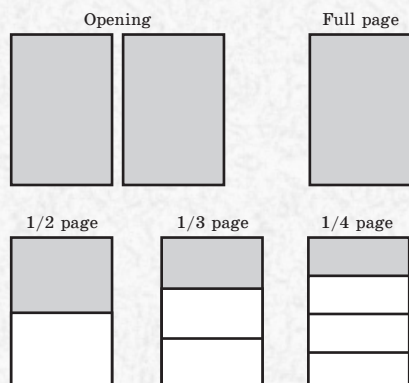
Редакция журнала оставляет за собой право отбора поступивших рекламных объявлений.



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 12.08.2015 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»).*