ISJAEE
Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»
№ 10-11 (174-175) 2015
ISSN 1608-8298
Выходит дважды в месяц
Издается с июля 2000 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР А.Л.ГУСЕВ

Руководитель группы компаний «Водород»
А/я 683, 687, Саров, Нижегородская обл., 607183, Россия
Тел.: +7(83130) 94472, 63107, 91846, 90708, +79047884477; факс: +7 (83130) 63107, 90708 E-mail: gusev@hydrogen.ru

НАУЧНЫЙ СОВЕТ

С.М. Алдошин, акад. РАН (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
О.М. Алифанов, чл.-корр. РАН (МАИ, Москва, Россия)
Р.А. Амерханов, д-р техн. наук, проф. (Кубанский гос. аграрный университет, Краснодар, Россия)
В.М. Андреев, проф. (ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург, Россия)
В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Ереванский гос. университет, Ереван, Армения)
А.М. Архаров, д-р техн. наук (МГТУ им.Баумана, Москва, Россия)
Э.А. Бекиров, 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 ISJAEE
А.Г. Галеев, проф. (ФКП НИЦ РКП, Сергиев Посад, Россия)
А.А. Гарибов, д-р хим. наук (ИРП НАН Азербайджана)
С.А. Григорьев, д-р техн. наук (Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия)
Е.А. Гудилин, член-корр. РАН (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
Ю.А. Добровольский, д-р хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)
А.М. Домашенко, канд. техн. наук (ОАО «Криогенмаш», Москва, Россия)
В.В. Елистратов, д-р техн. наук (НОЦ «Возобновляемые источники энергии » СПбГПУ, 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)
М.Иоелович, д-р хим. наук (Designer Energy Company, Израиль)
Г.И. Исаков, д-р физ.-мат. наук (Институт физики НАН Азербайджана, Азербайджан), зам. главного редактора ISJAEE
А.Г. Забродский, чл.-корр. РАН (ФТИ им. Иоффе, С.-Пб, Россия)
Ю.К. Завалишин, д-р техн. наук (НИЯУ МИФИ, Саров, Россия)
Ю.П. Зайков, д-р хим наук (УрФУ)
М.А. Казарян, акад. НАН Армении (Ереван, Армения)
Я.Клеперис, д-р физ.-мат наук (Латвийский ун-т, Рига, Латвия)
А.С. Коротеев, акад. РАН (ФГУП «Центр Келдыша», Москва, Россия)
Б.Н. Кузык, член-корр. РАН (НИК НЭП, Москва, Россия)
С.О. Кудря, д-р техн. наук (ИВЭ НАН Украины, Киев)
В.И. Куприянов, канд. техн. наук, проф. (НТЦ «ТАТА», Саров, Россия)
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. Лунин, акад. РАН (МГУ, Москва, Россия)
М. Лутовац, акад, проф. (ФПИМ Университет «УНИОН», Белград, Сербия)
Ч. Марчетти, проф. (Сиеци, 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 (РНЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия)
О.С. Попель, д-р техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия)
В.Я. Попкова, 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-Грегуар, проф. (Университет Тулон-Вара, Франция), зам. главного редактора ISJAEE
Е.В. Соломин, д-р техн. наук (Южно-Уральский гос.университет, Челябинск, Россия)
А.Я. Столяревский, д-р техн. наук (Центр КОРТЭС, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
А.В. Стрелец, канд. техн. наук (ФГБНУ «Дирекция научно-техн. программ», Москва, Россия)
Б.П. Тарасов, канд. хим. наук (ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)
Ю.А. Трутнев, акад. РАН (РФЯЦ – ВНИИЭФ, Саров, Россия), зам. главного редактора ISJAEE
В.Е. Фортов, Президент РАН (ОИВТ РАН, Москва, Россия)
М.Д. Хэмптон, д-р, проф. (Университет Центральной Флориды, США), зам. главного редактора ISJAEE
А.Ю. Цивадзе, акад. РАН (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия)
Ю.Н. Шалимов, д-р техн. наук (ВГТУ, Воронеж, Россия)
А.Р. Щекин, ведущий сотрудник (ИВЭ НАН Украины, Киев), зам. главного редактора ISJAEE
С.Е. Щеклеин, д-р техн. наук, проф. (УрФУ, Россия)

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

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

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

Импакт-фактор РИНЦ двухлетний (2011 - 0,194; 2012 - 0,303; 2013 - 0,338); Импакт-фактор РИНЦ пятилетний (2011 - 0,164; 2012 - 0,255; 2013 - 0,243).

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

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

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

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.

ISJAEE
International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology
№ 10-11 (174-175) 2015
ISSN 1608-8298
2 times per month
Found in july 2000



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 ISJAEE
O.M. Alifanof, 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 ISJAEE
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 ISJAEE
M.Ioelovich, D.Sc. (Designer Energy Company, Izrael)
G.I. Isakov, Prof. (Institute of Physics of NAS of Azerbaijan, Azerbaijan), deputy editor-in-chief of ISJAEE
M.A. Kazaryan, Acad. NAS of Armenia (Yerevan, Armenia)
J.Kleperis, Dr. phys. (University of Latvia, Riga, Latvia)
A.S. Koroteev, Acad. RAS (Keldysh Research Center, Moscow, Russia)
S.O. Kudrya, Prof. (IRE of NAS of Ukraine, Kyev)
V.I. Kupriyanov, Prof. (STC "TATA", Sarov, Russia)
V.V. Kursheva, Dr. (STC "TATA", Sarov, Russia)
B.N. Kuzyk, Member Corresponding RAS (NIK NEP, Moscow, Russia)
A.M. Lipanov, Acad. RAS (UdSC UrB RAS, Izhevsk, Russia)
V.A. Lopota, Member Corresponding RAS (S.P. Korolev Rocket and Space Corporation "Energia", Russia)
V.V. Lunin, Acad. RAS (MSU, Moscow, Russia)
M. Lutovaz, Acad. (FPIM University "UNION", Belgrade, Serbia)
V.M. Lyatkher, Prof. (New Energetics Inc., Cleveland, USA)
Ch. Marchetti, Prof. (Sieci, Italy)
N.N. Mkhitaryan, 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 thermophysics 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 Institute", 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 ISJAEE
O.M. Salamov, PhD (IRP NAS, Azerbaijan)
Y.N. Shalimov, Prof. (VSTU, Voronezh, Russia)
S.E. Shcheklein, Prof. (UrFU, Russia)
A.R. Shckekin (IRE of NAS of Ukraine, Kyev), deputy editor-in-chief of ISJAEE
E.V. Solomin, Prof. (South Ural State University, Russia)
A.Ya. Stolyarevsky, Prof. (Center CORTES, Russia), deputy editor-in-chief of ISJAEE
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 ISJAEE
A.Yu. Tsivadze, Acad. RAS (A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia)
T.N. Veziroglu, Prof. (International Association for Hydrogen Energy (IAHE), deputy editor-in-chief of ISJAEE
A.Z. Zhuk, Prof. (ITPhES RAS, Moscow, Russia)
Yu.P. Zaikov, Prof. (UrB RAS, Russia)
Yu.K. Zavalishin, Prof. (SRNU MEPhU)
A.G. Zabrodsky, Member Corr. RAS (A.F. Ioffe Physical-Technical Institute of RAS, St.-Petersburg)

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

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

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

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

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

The journal has been registered at Russian Federal Service on Supervision of Observance of the Legislation in Sphere of Mass Communications and Protection of a Cultural Heritage (Certificate PI No FC77-21881) September 14, 2005.

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

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: академик РАН **В.Е. Фортов**
Сопредседатель: член.-корр. РАН **Е.А. Гудилин**

Члены Международного редакционного комитета (МРК) представлены на стр. 179-192 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. 179-192 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)

МЕМОРИАЛ

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ РЕЦЕНЗЕНТОВ

Председатель: Т.Н. Везироглу

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

INTERNATIONAL 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 179-192

INTERNATIONAL EDITORIAL ADVISORY BOARD

Chairman: Academician of the RAS **N.N. Ponomaryov-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 179-192

EXPERTS BOARD

Chairman: A.L. Gusev
Co-Chairmans:
B.P. Tarasov, Z.R. Ismagilov

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

MEMORIAL

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

INTERNATIONAL REVIEWERS BOARD

Chairman: T.N. Veziroglu

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

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

Международный центр развития водородной энергетики Департамента по вопросам промышленного развития ООН
United Nations Industrial Development Organization International Centre for Hydrogen Energy Technologies

Международная ассоциация водородной энергетики
International Association for Hydrogen Energy

Институт водородной экономики
Institute of Hydrogen Economy

Российская академия наук
Russian Academy of Sciences

Министерство образования и науки РФ
Ministry of Education and Science of the RF

Факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова
Faculty of Materials Science of MSU

Консорциум «Водород»
Consortium "Hydrogen"

Институт проблем химической физики РАН
Institute of Problems of Chemical Physics of RAS

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН
Boreskov 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 Assotiation "Luch"

Научная электронная библиотека
Scientific Electronic Library

Научно-технический центр «ТАТА»
Scientific Technical Centre "TATA"

В ЭТОМ НОМЕРЕ IN THIS ISSUE

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

В ЭТОМ НОМЕРЕ IN THIS ISSUE

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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Юбилей кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «МЭИ»

Поздравления

Российский Союз научных и инженерных общественных объединений (комитет по проблемам использования возобновляемых источников энергии).....14

Группа компаний РусГидро (*Е.В. Дод*).....15

Корпорация «ЕЭЭК» (*Перминов Э.М*).....15

Работники Саяно-Шушенской ГЭС.....16

Проректор по международным связям НИУ «МЭИ» *Замолодчиков В.Н*.....16

Член Научного совета РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии *Харченко В.В*.....17

Вступительная статья

Малинин Н.К., Рафаилова В.А., Шестопалова Т.А., Хазиахметов Р.М. Становление и развитие системы подготовки специалистов в области возобновляемых источников энергии в России.....18
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.001

I. Возобновляемая энергетика

1. Солнечная энергетика

1-3-3-0 Фотоэлементы
1-3-4-0 Фотовольтаический эффект в полупроводниковых структурах. Фотоэлектрические модули

Майоров В.А., Сагинов Л.Д., Стребков Д.С. Фотоэлектрические характеристики теплофотоэлектрического модуля с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором и фотоприемником на основе матричных солнечных элементов.....27
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.002

Кузнецова В.А., Пугачев Р.В., Росендо Чакон М.Е., Лопес Сааб А.С. Исследование эффективности использования систем энергоснабжения на основе фотоэлектрических модулей для автономных потребителей в Венесуэле.....36
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.003

1-5-4-0 Гелиоэнергетические установки

Кузнецова В.А., Пугачев Р.В., Росендо Чакон М.Е., Лопес Сааб А.С. Возможности использования потенциала солнечной радиации для энергоснабжения автономных потребителей в Венесуэле.....46
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.004

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Биографии: *Виссарионов Владимир Иванович.* 55

1-7-0-0 Концентраторы солнечного излучения

Матвеев А.В., Щеклеин С.Е., Пахалуев В.М.
Методика определения производительности плоского солнечного коллектора
с естественной циркуляцией теплоносителя в условиях Уральского региона.....56
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.005

2. Ветроэнергетика

Васьков А.Г., Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Чернов Д.А.
Исследование моделей вертикального профиля ветра на территории
Дальневосточного федерального округа.....63
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.006

Биографии: *Малинин Николай Константинович*.....74

Павлов Н.А., Рогачев Д.С., Синицкий А.В., Соломин Е.В.
Автономное энергоснабжение объектов Крайнего Севера.....75
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.007

4. Геотермальная энергетика

Сычёв А.О., Харченко В.В.
Пути повышения технико-экономических показателей теплонасосных
установок, использующих теплоту поверхностных вод.....84
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.008

Стариков Е.В., Никитин А.Д., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е.
Термомеханический насос с использованием низкопотенциальной
тепловой энергии.....91
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.009

8. Энергокомплексы на основе ВИЭ

Попель О.С., Фрид С.Е, Коломиец Ю.Г., Тарасенко А.Б.
Климатические аспекты создания фотоэлектрических светосигнальных устройств
на возобновляемых источниках энергии.....98
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.010

XII. Транспортные экологические средства

29. Бортовые аккумуляторы

Тягунов М.Г., Шуркалов П.С.
Эффективность использования установок на основе возобновляемых источников
энергии для зарядки электромобилей на территории России.....107
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.011

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

XVI. Проблемы нефтегазового комплекса

36. Проблемы нефтегазовой и угольной промышленности

Кузнецова В.А., Пугачев Р.В., Росендо Чакон М.Е., Лопес Сааб А.С.
Использование солнечной тепловой установки с параболоцилиндрическими концентраторами для повышения нефтеотдачи пластов в Венесуэле.....118
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.012

Биографии: *Матвиенко Николай Иванович*.....135

Кузнецова В.А., Пугачев Р.В., Росендо Чакон М.Е., Лопес Сааб А.С.
Определение параметров системы производства пара для нефтедобычи с использованием солнечной энергии для района Бачакеро в Венесуэле.....136
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.013

Акция «Архивные номера».....149

XVII. Оптические явления и устройства

38. Оптические явления и устройства

Кустов Е.Ф., Курчатов И.С.
Исследование спектрально-люминесцентных характеристик ИК (1,5-3μ) лазеров на основе полупроводников $A^{II}B^{VI}$, легированных ионами Fe^{2+}, Co^{2+}и Ni^{2+} 150
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.014

XIX. Экологически чистые производства

Коваленко Е.В., Тягунов М.Г.
Гибридные энергетические комплексы с когенерацией в изолированных энергетических системах.....167
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.015

XXII. Информация в области АЭЭ

41. Информация

41-5-0-0 Международные и российские конференции

Конференции, в которых принимали участие студенты и преподаватели кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «МЭИ».....178

Международная конференция «Решения и инновации для энергетики» 2016 (POWER-GEN Russia).....181

41-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей

Научно-технический центр "ТАТА" (Россия) осуществляет поставку заказчикам графеновых материалов: оксид графена, редуцированный оксид графена (RGO) в виде порошка, водной суспензии, пасты.....182

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

41-7-0-0 Новые научные книги

Книги и учебные пособия кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «МЭИ».....189

41-8-0-0 Интеллектуальная собственность

Патенты кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «МЭИ».....194

41-15-0-0 Новости науки и техники

Новости по тематике журнала.....200

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

На 1-й стр. обложки: *Главный учебный корпус "НИУ "МЭИ"*

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

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

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**

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

Все права принадлежат ООО НТЦ «ТАТА».

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
Максимова Полина Александровна
(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
Максимова Полина Александровна
(Россия, Саров)

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

Компьютерная графика
Валентин Александрович Гусев
(Россия, Саров)

CONTENT

Anniversary of "Hydropower and Renewable Energy" Department, NRU Moscow Power Engineering Institute

Congratulation Letters

The Russian Union of Scientific and Engineering Public Associations (Committee for the Use of Renewable Energy Sources).....14

JSC RusHydro (*E.V. Dod*).....15

Corporation Integral Electric Power Complex (*Perminov E.M.*).....15

The Staff Members of Sayano-Shushenskaya HPP.....16

Vice-Rector for International Relations of NRU Moscow Power Engineering Institute *Zamolodchikov V.N.*.....16

A Member of the Scientific Council of RAS for Non-Traditional Renewable Energy *Kharchenko V.V.*.....17

Introductory Article

Malinin N.K., Rafailova V.A., Shestopalova T.A., Haziahmetov R.M.
Formation and Development of Training System for Renewable Energy in Russia.....18
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.001

I. Renewable Energy

1. Solar Energy

1-3-3-0 Photoelectric cell
1-3-4-0 Photovoltaic effect in semiconductor structures. Photoelectric modules

Majorov V.A., Saginov L.D., Strebkov D.S.
Photovoltaic Features of PV-T Module with Asymmetric Parabolic-Cylindric Concentrator And Photoreceiver on the Basis of Matrix Solar Cells.....27
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.002

Kuznetsova V.A., Pugachev R.V., Rosendo Chacon M.E., Lopez Saab A.C.
Research of Efficiency of the Use of Power Supply Systems on the Basis of Photovoltaic Modules for Independent Consumers in Venezuela.....36
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.003

1-5-4-0 Solar Energy Units

Kuznetsova V.A., Pugachev R.V., Rosendo Chacon M.E., Lopez Saab A.C.
Possibilities of the Solar Energy Use for the Power Supply of Independent Consumers in Venezuela.....46
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.004

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Biographies: *Vladimir I. Vissarionov*. 55

1-7-0-0 Solar Radiation Concentrators

Matveev A.V., Shcheklein S.E., Pahaluev V.M.
Method for Determining of Capacity of Flat-Plate Solar Collector with Natural Circulation of Heat-Transfer Fluid in the Ural Region.....56
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.005

2. Wind Energy

Vaskov A.G., Derugina G.V., Tyagunov M.G., Chernov D.A.
Research of Wind Speed Profile Models at the Far Eastern Federal District, Russian Federation.....63
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.006

Biographies: *Nikolai K. Malinin*.....74

Pavlov N.A., Rogachev D.S., Sinickiy A.V., Solomin E.V.
Autonomous Power Supply for Extreme North Objects.....75
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.007

4. Geothermal Energy

Sychov A.O., Kharchenko V.V.
Ways to Improve Technical and Economic Indicators of a Surface Water Heat Pump Based Systems.....84
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.008

Starikov E.V., Nikitin A.D., Pahaluev V.M., Scheklein S.E.
Thermomechanical Pump with the Use of Low Grade Thermal Energy.....91
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.009

8. RES Based on Power Complexes

Popel O.S., Frid S.E., Kolomiets Yu.G., Tarasenko A.B.
Climatic Issues for Renewable Autonomous PV Light and Signal Units Development.....98
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.010

XII. Environmental Vehicles

29. On-Board Energy Accumulators

Tyagunov M.G., Shurkalov P.S.
Efficiency Use of Plants Based on Renewable Energy Sources for Charging Electric Vehicles in Russia.....107
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.011

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

XVI. Problems of Oil-and-Gas Complex

36. Problems of Oil, Gas and Coal Industry

Kuznetsova V.A., Pugachev R.V., Rosendo Chacon M.E., Lopez Saab A.C.
Use of Solar Thermal Plant with Parabolic Trough Concentrators for the Purpose of the Enhanced Oil Recovery in Venezuela.....118
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.012

Biographies: *Nikolai I. Matvienko*.....135

Kuznetsova V.A., Pugachev R.V., Rosendo Chacon M.E., Lopez Saab A.C.
Determination of Parameters of Steam Production Systems for Oil Production Using Solar Energy for Bachakero's Region in Venezuela.....136
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.013

Sale "Archive Journal Issues".....149

XVII. Optical Phenomena and Facilities

38. Optical Phenomena and Facilities

Kustov E.F., Kurchatov I.S.
Research of Spectral Characteristics of IR Lasers of Semiconductors $A^{II}B^{VI}$ Doped with Fe^{2+}, Co^{2+} and Ni^{2} Ions.....150
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.014

XIX. Environmentally Conscious Factories

Kovalenko E.V., Tyagunov M.G.
Hybrid Cogeneration Power Complexes in Insulated Energetic Systems.....167
doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.015

XXII. Information for AEE

41. Information

41-5-0-0 International Scientific Conferences

The Students and Lecturers of the "Hydropower and Renewable Energy" Department Take Part in Conferences....178

International Conference "Solutions and Innovation for Energy" in 2016 (POWER-GEN Russia).....181

41-6-0-0 Advertising Matters of Investment Companies and Manufacturers

Scientific Technical Centre "TATA" (Russia) Delivers Graphene Materials: Graphene Oxid, Reduced Graphene Oxid (RGO) in the Powder, Aqueous Suspension, and Paste Forms.....182

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

41-7-0-0 Review of Scientific Books

The Books and Textbooks of "Hydropower and Renewable Energy" Department,
NRU Moscow Power Engineering Institute.....189

41-8-0-0 Intellectual Property

Patents of "Hydropower and Renewable Energy" Department,
NRU Moscow Power Engineering Institute.....194

41-15-0-0 News

News.....200

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

1st of cover: *Main education building of National Research University "Moscow Power Engineering Institute"*

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

All rights reserved at STC «TATA».

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 Nemyshev (Russia, Sarov)

Editor, Proof-reader
Maximova Polina Alexandrovna (Russia, Sarov)

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

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

Computer design
Maximova Polina Alexandrovna (Russia, Sarov)

Content-manager of http://isjaee.hydrogen.ru
Nataliya Vladimirovna Fotina (Russia, Sarov)

Graphic design
Valentin Alexandrovich Gusev (Russia, Sarov)

РОССИЙСКИЙ СОЮЗ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ
КОМИТЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Глубокоуважаемый Расим Магсумович!
Глубокоуважаемые преподаватели и сотрудники кафедры
«Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии»
Национального исследовательского университета «МЭИ»

Мы знаем кафедру «Гидроэнергетика», а с конца 80-х годов XX века «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ «МЭИ» как старейшую ведущую кафедру в России по подготовке инженеров-гидроэнергетиков и инженеров по возобновляемым источникам энергии. Кафедра также является кузницей ученых: около 100 кандидатов технических наук и 10 докторов технических наук защитили здесь диссертации.

• В течение 28 лет с момента образования кафедру возглавлял видный советский ученый, блестящий лектор и энтузиаст гидроэнергетики, д-р техн. наук, профессор Теодор Лазаревич Золотарев, который смог сформировать высококвалифицированный состав преподавателей, внесших значительный вклад в развитие отечественной гидроэнергетики. Кафедрой написаны учебно-методические пособия, учебники по гидроэнергетике и оценке ресурсов возобновляемых источников энергии, которые выдержали несколько изданий и являются учебными пособиями для студентов как МЭИ, так и других вузов.

• Среди ученых и преподавателей, стоявших у истоков кафедры, организации учебного процесса и проведения научно-исследовательских работ, всеобщее признание получили Д.О. Сейфулла, Л.А. Король, Л.С. Лифшиц, С.Н. Никитин, И.А.Жежеленко, В.И. Обрезков, Е.Н. Чаплыгина, Н.А. Картвелишвили, В.В. Семенов, а в более поздние годы – В.И. Обрезков, П.С. Непорожний, В.И. Виссарионов, Л.Д. Дученко, М.И. Мисриханов, А.Ю. Александровский, Н.К. Малинин, М.Г. Тягунов и др. Новое поколение успешно продолжает работу, начатую её основателями.

Кафедрой в разные годы руководили видные ученые и организаторы науки: заслуженный деятель науки и техники, д-р техн. наук, профессор Валентин Иванович Обрезков (1963–1977 гг), министр энергетики и электрификации СССР, лауреат Ленинской премии, член-корр. РАН Петр Степанович Непорожний (1978–1987 гг), а в период с 1988 по 2004 годы , т.е. на протяжении 16-ти лет – д-р техн. наук, профессор, дважды лауреат премии Правительства РФ Владимир Иванович Виссарионов, при котором широкое развитие получили научная деятельность кафедры и подготовка специалистов по возобновляемым источникам энергии.

Кафедра в 1992–1995 годах являлась головной организацией по оценке перспектив развития возобновляемых источников энергии в ряде регионов России и разработке по заказу Минэнерго РФ «Концепции развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России» (1994 г.). Велись работы по подготовке стандартов ~~но~~ малой, солнечной и ветровой энергетики, обоснованию эффективности применения ветродизельных энергетических комплексов специального назначения и перспективам использования возобновляемых источников энергии в армии. Кроме того, кафедра в течение ряда лет сотрудничала с Управлением технического прогресса Минэнерго РФ. И в настоящее время под руководством д-ра техн. наук, профессора М.Г. Тягунова активно продолжают вестись работы по развитию и применению ВИЭ в России.

Ученые кафедры – д-р техн. наук, профессор В.И. Виссарионов и д-р техн. наук, профессор Н.К. Малинин – были среди основателей Комитета по проблемам использования возобновляемых источников энергии РосСНИО, объединяющего ученых России и специалистов в области возобновляемой энергетики.

Сердечно поздравляем коллектив кафедры со славным юбилеем и желаем творческих успехов в педагогической, научной и инженерной деятельности, активно продолжать работу по подготовке высококвалифицированных специалистов по гидро- и возобновляемой энергетике, крайне необходимых для развития электроэнергетики России в новых экономических условиях.

Председатель Комитета ВИЭ РосСНИО,
академик-секретарь РИА, Заслуженный
энергетик РФ, д-р техн. наук — П.П. БЕЗРУКИХ

Ученый секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО,
член-корр. РИА, почетный энергетик Минэнерго,
канд. техн. наук — С.В. ГРИБКОВ

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

РусГидро
ОАО «РусГидро»

Коллективу
Национального исследовательского
университета «МЭИ»

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Московский энергетический институт всегда был кузницей кадров, здесь учились и трудились представители инженерной элиты России. Начиная с 30-х годов, в соответствии с планом ГОЭЛРО, преподаватели МЭИ стали готовить инженерные кадры для стратегической отрасли – энергетики. Многие специалисты РусГидро также являются выпускниками МЭИ, и студенческие годы, проведенные в стенах ведущего энергетического вуза, не только бережно хранятся в их памяти, но и определяют всю дальнейшую профессиональную деятельность.

Для одного из крупнейших энергетических холдингов России – РусГидро – сотрудничать с МЭИ – большая честь. Вместе мы модернизировали кафедру гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии, которая на сегодняшний день стала базовой для компании. Мы надеемся, что новое оснащение лабораторий дополнит традиционно сильную фундаментальную подготовку необходимой производству практической составляющей.

Еще Никола Тесла говорил о том, что весь мир представляет собой энергию, а одна из главных задач человечества – найти способы, которые позволят добывать энергию. Эта фраза как нельзя лучше определяет то, чем на протяжении долгих лет со дня своего основания занимается МЭИ. Желаю и в дальнейшем оставаться на высоте энергетического сообщества!

Разрешите от лица ОАО «РусГидро» поздравить дружный коллектив Национального исследовательского университета «МЭИ» с юбилеем и пожелать успехов в профессиональной деятельности!

Ваш успех – залог процветания России. Пусть студенчество МЭИ хранит и преумножает традиции вуза, а профессорско-преподавательский состав продолжает оставаться сплоченным единой целью коллективом.

Председатель Правления Е.В. Дод

Уважаемые преподаватели, сотрудники, студенты и аспиранты кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» «НИУ «МЭИ»!

Примите наши искренние поздравления и наилучшие пожелания по случаю знаменательного юбилея – **80-летия со дня основания Вашей кафедры.**

За эти годы кафедра прошла вместе со страной трудный путь создания технической базы отечественной экономики, подготовки высококвалифицированных специалистов для важнейшей отрасли – электроэнергетики. Сотрудники кафедры всё это время занимались изучением, анализом и распространением передового отечественного и зарубежного опыта, который нарабатывался в ходе строительства и эксплуатации ГЭС; создавали алгоритмы решения водно-энергетических задач, что способствовало превращению гидроэнергетики в точную техническую науку; разрабатывали учебные планы, методическое обеспечение и учебные пособия, и сейчас не потерявшие своей актуальности.

Работая в Минэнерго СССР, Минтопэнерго России, ОАО «РАО ЕЭС» руководителем подразделений, которые отвечали за энергосбережение, возобновляемую энергетику, развитие новых энерготехнологий, и возглавляя секцию по «Нетрадиционной и возобновляемой энергетике», я сотрудничал с кафедрой по многим вопросам.

Так, мы тесно взаимодействовали с выпускником кафедры, директором Чиркейской ГЭС, генеральным директором «МЭС Центра», доктором технических наук, профессором Мисриханом Шапиевичем Мисрихановым и во время его руководства кафедрой в 2008–2011 гг., и во время его работы в структурах Минэнерго.

С 2011 года, когда и.о. зав. кафедрой была назначена кандидат технических наук, доцент Т.А. Шестопалова, я выступал оппонентом на защите кандидатских диссертаций нескольких аспирантов из Мьянмы, прошедших подготовку в магистратуре, а затем в аспирантуре на кафедре «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии».

Наше успешное сотрудничество продолжается и сейчас.

Развитие сферы возобновляемых энергоресурсов и нетрадиционных энерготехнологий в мире идёт быстрее, чем предполагалось ещё 10 лет назад. На наших глазах совершается новая техническая революция в мировой энергетике: родилась и за 30 лет выросла новая крупная энергетическая отрасль – возобновляемая энергетика, уже успешно конкурирующая технически и экономически с традиционными технологиями и

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

имеющая большие перспективы. Такие тенденции начинают проявляться и в нашей стране. Надеемся, что в России НВИЭ будут развиваться более активно, и роль кафедры в подготовке специалистов высокой квалификации для энергетики будущего будет возрастать.

Тем более что уже сейчас коллектив кафедры имеет полное право гордиться результатами своего, часто подвижнического, труда: за годы работы кафедра выпустила более 2 500 высококвалифицированных инженеров, бакалавров, магистров, кандидатов и докторов наук; среди её выпускников много крупных руководителей энергетики нашей страны и зарубежных стран, известных учёных.

Желаем всем сотрудникам кафедры новых творческих и финансовых успехов в укреплении энергетики нашей Родины, расширения сотрудничества, крепкого здоровья, большого счастья и благополучия их коллегам и близким на долгие годы!

канд. техн. наук, технический директор Корпорации «ЕЭЭК» вице-президент Международной энергетической академии, Член Бюро РНК «МИРЭС», Председатель секции «Возобновляемая и нетрадиционная энергетика «НТК НП «НТС ЕЭС». Перминов Э.М.

Корпорация «ЕЭЭК» 109044, Москва, Воронцовский переулок, 2/1. Тел/факс 8(495) 912-06-33, 8(495)911-74-30; e-mail: info@corp-eeek.ru, emp38@mail.ru.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Поздравление кафедре «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» в честь 80-летия от выпускников МЭИ – работников Саяно-Шушенской ГЭС

Дорогая кафедра ГВИЭ! Много лет прошло с тех пор, как мы, получив дипломы, ушли на объекты гидроэнергетики. Много воды утекло через турбины и водосливы Саяно-Шушенской ГЭС. Жизнь крупнейшего гидроузла страны богата событиями: были пуски агрегатов, ввод ГЭС в эксплуатацию, серьезнейшая авария и возрождение станции. Но работая в разных подразделениях ГЭС, мы, выпускники МЭИ, всегда стремились применять знания, которые были получены в годы учебы, реализовывать творческие устремления, заложенные прекрасными преподавателями кафедры. Мы гордимся выбранной профессией «Гидроэнергетика», с теплотой вспоминаем студенческие годы; многие из нас сами стали преподавателями в Саяно-Шушенском филиале Сибирского федерального университета, и теперь мы понимаем, как это не просто – учить нашей профессии молодежь.

Дорогие коллеги, от души поздравляем вас с юбилеем кафедры! Желаем сибирского здоровья, новых творческих взлетов, пытливых студентов, семейного благополучия и успешного развития.

Директор СШГЭС В.А. Кяри
Главный инженер СШГЭС Т.М. Юсупов
Начальник службы технологических систем управления А.Н. Сивцов
И другие…

Уважаемые коллеги!

Вот уже 80 лет кафедра гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии МЭИ готовит специалистов для самой передовой и актуальной области науки и техники.

Трудно переоценить тот огромный вклад, который кафедра внесла в развитие энергетики и в подготовку высококвалифицированных кадров России и многочисленных зарубежных государств. Сотни выпускников кафедры работают в компаниях, государственных структурах, научных и учебных центрах по всему миру и достигли высоких результатов. Достаточно вспомнить двух знаменитых иностранных выпускников кафедры, которыми гордится МЭИ: премьера Госсовета Китая в 1988–1998 гг Ли Пэна и Президента Румынии в 1990–1996 и 2000–2004 гг. Иона Илиеску.

Успехи кафедры в подготовке иностранных специалистов не ограничиваются только теми далекими годами. Кафедра была и остается лидером по обучению иностранных студентов и аспирантов. Только за последние 20 лет в ее стенах прошел обучение и успешно защитил кандидатскую диссертацию 21 аспирант из 14 стран, в том числе 5 аспирантов из Мьянмы. Начиная с 2000 года, кафедра выпустила 14 иностранных бакалавров, 5 специалистов и 26 магистров. Кафедра реализует совместные сетевые образовательные программы в рамках Российско-Киргизского консорциума технических университетов. В настоящее время на кафедре обучаются бакалавры из Кыргызстана, магистранты из Хорватии, Иордании и Украины, аспиранты из Венесуэлы и Мьянмы. Студенты активно участвуют в международных мероприятиях, по одному магистранту кафедра ежегодно направляет в европейские университеты по обменным программам. В научной сфере с кафедрой сотрудничают профессор Университета Корсики и доцент из Бразилии.

Управление внешних связей высоко ценит профессионализм и активность руководства кафедры и значимый вклад в развитие международного сотрудничества. Поздравляем кафедру с 80-летним юбилеем! Желаем творческих успехов всему коллективу кафедры и новых достижений во всех областях!

Проректор по международным связям Замолодчиков В.Н.

Уважаемые коллеги и друзья!

Кафедра «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Московского энергетического института отмечает большое событие – свое 80-летие. Хочется от всей души поздравить коллектив кафедры, бывших, настоящих и будущих ее выпускников, – всех тех, кто на кафедре сформировался как крупные ученые и прекрасные специалисты, кто сегодня с честью продолжает традиции этого замечательного подразделения главного энергетического вуза страны не только в России, но и во многих других странах.

В разные годы на кафедре трудились видные ученые, составлявшие цвет отечественной науки и немало сделавшие для того, чтобы превратить гидроэнергетику в точную техническую науку.

А началась история кафедры с легендарных времен ГОЭЛРО, и сама она, по сути, является живой легендой. Сотрудниками кафедры в тот давний период проведена титаническая работа по сбору, изучению, обобщению и реализации на практике отечественного и зарубежного опыта создания гидроэлектростанций; именно здесь фактически были заложены теоретические и методические основы проектирования, строительства и эксплуатации ГЭС, которые позволили реализовать программу создания электрогенерирующего потенциала страны, предусмотренного планом ГОЭЛРО.

Сегодня вряд ли найдется человек, который мог бы вспомнить и оценить весь пройденный кафедрой путь со дня основания до настоящих дней. Каждый, кто когда-то работал или обучался на кафедре, кто в той или иной форме сотрудничал с её коллективом, сможет, по-видимому, оценить только отдельные этапы ее развития. Так и автор поздравления познакомился с этим замечательным коллективом только в части, касающейся развития альтернативных источников энергии. Именно на этой кафедре началось активное их освоение в стране и подготовка специалистов для этого сектора энергетики.

Впервые о работе кафедры я узнал в 1988 году в Ташкенте, на международной конференции, где мне довелось встретиться с Владимиром Ивановичем Виссарионовым, в то время еще начинающим руководителем кафедры. Тогда он поразил меня своим оптимизмом, энтузиазмом, неуемным желанием преодолевать все препоны. Последующие годы показали, как все эти качества эффективно воплотились в реальные дела. Мы достаточно часто обменивались информацией, оказывали консультационные услуги. В последние годы активизировалась совместная работа по рецензированию и оппонированию диссертаций.

Не умоляя достоинств и заслуг всего коллектива, хочется отметить тот факт, что именно подвижничество В.И. Виссарионова мобилизовало коллектив кафедры на плодотворную работу, а его высокие личные награды и звания в значительной мере явились высокой оценкой работы всей кафедры. До последних дней он плодотворно трудился, принимал активное участие в работе диссертационного совета при ВИЭСХ, часто выступал в качестве оппонента на защите диссертаций нашими сотрудниками. Всегда был готов дать добрый совет или проконсультировать и молодых, и маститых ученых.

Руководство кафедры сменялось, но неизменным оставались присущие ее коллективу дух новаторства, постоянная готовность помочь коллегам из других вузов, научных учреждений и производственных предприятий.

Трудно, практически невозможно в кратком послании перечислить все достижения кафедры, которые вывели её в число явных лидеров как в научном плане, так и в вопросах подготовки кадров.

Сегодня кафедра переживает ренессанс, обусловленный подключением к ее развитию ОАО «РусГидро», благодаря чему существенно улучшается материально-техническая оснащенность учебного процесса, возрастает уровень научных исследований. В результате такого сотрудничества кафедра укрепляет свои позиции в качестве мощной базы подготовки высококвалифицированных специалистов как в области гидроэнергетики, так и в области возобновляемых источников энергии.

Я благодарен судьбе за счастливую возможность познакомиться с этим замечательным коллективом.

В день 80-летия кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» я желаю ей всяческих успехов и выражаю уверенность в том, что она и дальше будет не только развиваться, проводить исследования и готовить кадры для России и других стран, но останется местом паломничества специалистов самых разных организаций, самого разного уровня, которые всегда найдут здесь понимание и получат поддержку.

Здоровья вам и успехов, дорогие друзья, во всех ваших начинаниях!

С искренним уважением,
д-р техн. наук, профессор Харченко В.В.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 15.05.15. Ред. рег. № 2157 The article has entered in publishing office 15.05.15. Ed. reg. No. 2157

УДК 621.311.26

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

Н.К. Малинин, В.А. Рафаилова, Т.А. Шестопалова, Р.М. Хазиахметов

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51, e-mail: kafedragvie@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.001

Заключение совета рецензентов: 22.05.15 Заключение совета экспертов: 29.05.15 Принято к публикации: 05.06.15

В статье излагается история кафедры, начиная с ее создания в 1935 году и до настоящего времени. Рассказывается об участии кафедры в становлении гидроэнергетики и возобновляемой энергетики в стране, подготовке специалистов в этих областях для Российской Федерации и других стран. Особое внимание уделяется научной деятельности кафедры, развитию лабораторной базы и ее методического оснащения, совершенствованию учебного процесса, взаимодействию кафедры с ведущими компаниями страны. Показывается, что кафедра в своей научной и педагогической деятельности всегда учитывала тенденции развития энергетики страны: освоила новое направление – возобновляемые источники энергии – и активно участвовала в его формировании.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ВИЭ, НВИЭ, кафедра, история.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

FORMATION AND DEVELOPMENT OF TRAINING SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY IN RUSSIA

N.K. Malinin, V.A. Rafailova, T.A. Shestopalova, R.M. Haziahmetov

National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: +7(495)362-72-51, e-mail: kafedragvie@mail.ru

Referred 22 May 2015 Received in revised form 29 May 2015 Accepted 05 June 2015

The article presents the history of the department since its creation in 1935 until the present time and reports on the department participation in the development of hydropower and renewable energy in the country, specialist training in these areas for the Russian Federation and other countries. Particular attention is paid to the scientific activities of the department, the development of laboratory facilities and methodological equipment of the laboratory, improvement to the educational process, the department interaction with leading companies in the country. This article points out that the department takes into account the trends of energy development of the country in its research and teaching activities. Thus it has assimilated a new direction – renewable energy sources, and participated actively in its formation.

Keywords: renewable energy sources, RES, ARES, department, history.



Николай Константинович Малинин
Nikolai K. Malinin

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ «МЭИ».

Образование: Национальный исследовательский университет «МЭИ» (1962).

Область научных интересов: теоретические основы оптимального использования ВИЭ в экономике страны.

Публикации: 210, включая монографии, учебники, учебные и методические пособия и статьи в научных журналах.

Information about the author: DSc (engineering), associate professor of the "Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources" department, Moscow Power Engineering Institute.

Education: Moscow Power Engineering Institute (1962).

Research area: the theoretical foundations of the optimal use of renewable energy in the country's economy.

Publications: 210 including monographs, textbooks, and manuals and articles in scientific journals.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Вера Александровна Рафаилова
Vera A. Rafailova

Сведения об авторе: инженер кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ «МЭИ».

Образование: Национальный исследовательский университет «МЭИ» (2015).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии.

Публикации: 3.

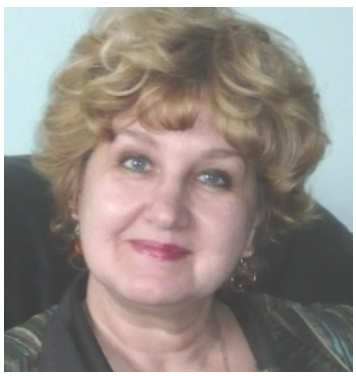
Information about the author: engineer of the "Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources" department, Moscow Power Engineering Institute.

Education: Moscow Power Engineering Institute (2015).

Research area: renewable energy sources.

Publications: 3.

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Татьяна Александровна Шестопалова
Tatiana A. Shestopalova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ «МЭИ».

Образование: Фрунзенский политехнический институт (1978).

Область научных интересов: электроснабжение автономных потребителей на базе возобновляемых источников энергии.

Публикации: 64.

Information about the author: PhD (engineering), docent of the "Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources" department, Moscow Power Engineering Institute.

Education: Frunzenskiy Polytechnic Institute (1978).

Research area: autonomous power supply of consumers based on renewable energy sources.

Publications: 64.



Расим Магсумович Хазиахметов
Rasim M. Khaziakhmetov

Сведения об авторе: профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ «МЭИ».

Образование: Казанский филиал Московского энергетического института (1977).

Область научных интересов: оптимизация системы управления производственными процессами в электроэнергетике.

Публикации: 105, включая СТО НП ИНВЭЛ и ОАО «РусГидро».

Information about the author: professor of the "Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources" department, Moscow Power Engineering Institute.

Education: Moscow Power Engineering Institute, Kazan branch (1977).

Research area: optimization of process control systems in the power industry.

Publications: 105.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

В 2015 году исполняется 80 лет кафедре «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» («НИУ «МЭИ»).

За годы работы кафедра выпустила более 2 500 высококвалифицированных инженеров, более 350 бакалавров, более 70 магистров техники и технологии.

Более 100 выпускников кафедры успешно защитили кандидатские, более 10-ти – докторские диссертации.

За столь долгий период кафедра претерпела ряд изменений, несколько раз меняла свое название, но всегда была верна одному направлению – выпуску специалистов по использованию возобновляемых источников энергии. На начальном этапе это были инженеры-гидроэнергетики.

История кафедры

20 марта 1930 года в соответствии с приказом № 1053 Высшего Совета Народного Хозяйства СССР (ВСНХ СССР) «Об объединении электротехнического и электропромышленного факультетов, принадлежащих отраслевым электротехническим вузам МВТУ имени Н.Э. Баумана и ИНХ имени Г.В. Плеханова в единый вуз» был создан Московский энергетический институт (МЭИ).

Обучение во вновь созданном вузе осуществлялось по десяти специальностям, в том числе «Центральные электрические станции» со специализациями по тепловым и гидростанциям.

В 1933 году на инженерно-экономическом факультете МЭИ Т.Л. Золотаревым был впервые прочитан полноценный курс «Гидроэнергетика», который включал в себя основы гидрологии, гидротехники, гидромашин.



Рис. 1. Основатель кафедры Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Т.Л. Золотарев
Fig. 1. The founder of the "Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources" department T.L. Zolotarev

Для реализации плана расширенного строительства ГЭС и обеспечения потребности в инженерах-гидроэнергетиках, знающих особенности этого направления, в 1935 году на электроэнергетическом факультете была создана кафедра для подготовки инженеров-гидроэнергетиков, которую возглавил профессор Т.Л. Золотарев. Это время считается началом появления в МЭИ направления подготовки инженеров-гидроэнергетиков.

Формирование системы обучения и научных исследований проходило в условиях бурного гидростроительства. Сотрудники кафедры активно включились в процесс сбора, изучения, обобщения и ти-

ражирования отечественного и зарубежного опыта, который нарабатывался в ходе проектирования, строительства и эксплуатации ГЭС, возводимых по плану ГОЭЛРО.

Во время Великой Отечественной Войны часть сотрудников кафедры, вместе с МЭИ, была эвакуирована в небольшой город Лениногорск Восточно-Казахстанской области Казахской ССР, где они продолжали вести занятия для студентов и проводили работы по увеличению мощности Ульбинской ГЭС.

После возвращения в Москву в январе 1943 года кафедра приступила к созданию современного комплекса гидролабораторий в новом здании МЭИ по адресу Красноказарменная улица, дом 17. В СССР уже в тот непростой период начались научно-исследовательские работы по скорейшему восстановлению разрушенных ГЭС и реализации программы нового строительства гидроэлектростанций: каскады на Волге и Днепре, новый вариант Волго-Донского канала. Опыт, накопленный кафедрой гидравлики и гидроэнергетики за эти годы, оказался полезным для страны и явился фундаментом для обоснования необходимости открытия в МЭИ специализированного факультета по подготовке специалистов в области гидроэнергетики. Как следствие, в сентябре 1945 года в МЭИ был открыт первый в стране гидроэнергетический факультет (ГЭФ) – в его состав вошли четыре новые кафедры, на которые разделилась кафедра гидравлики и гидроэнергетики: гидравлика, гидротехнические сооружения, гидравлические машины и, собственно, кафедра гидроэнергетики. Первым деканом ГЭФа с сентября 1945 года по февраль 1946 года был Ф.Ф. Губин, после него факультет возглавил Т.Л. Золотарев. Факультет готовил инженеров-гидроэнергетиков по специальности «Гидроэнергетические установки».

К середине 50-х годов на кафедре гидроэнергетики сложился высококвалифицированный состав преподавателей. Значительную роль здесь играли бывшие участники Великой Отечественной войны. В конце 1955 года в профессорско-преподавательский состав кафедры входили: Золотарев Теодор Лазаревич, Сейфулла Джафар Омарович, Кароль Лев Августович, Лившиц Лев Самуилович, Никитин Сергей Николаевич, Жежеленко Ирина Анатольевна, Обрезков Валентин Иванович, Чаплыгина Евгения Николаевна, Картвелишвили Николай Арчилович, Семенов Владимир Владимирович. Практически все преподаватели кафедры участвовали в НИР по актуальным проблемам гидроэнергетики, создавали современное учебно-методическое обеспечение кафедры, а также издавали учебные пособия для студентов-гидроэнергетиков всей страны. Учебные пособия, изданные Т.Л. Золотаревым и С.Н. Никитиным по разным проблемам гидроэнергетики, долгое время были основными и единственными изданиями, обязательными для студентов специальности «Гидроэнергетика» [1].

В 60-е годы в разных учебных, научных и проектных институтах СССР (МЭИ, ЛПИ, ВНИИЭ, СибНИИЭ, ЭСП, Гидропроект и т.д.) на базе созданного к этому времени специального математического и информационного обеспечения были разработаны алгоритмы и программы разного рода водноэнергетических расчетов.

Таким образом, были заложены современные теоретические основы гидроэнергетики, способствующие превращению ее в точную техническую науку. При этом стало очевидно, что общий курс «Гидроэнергетика», который читался кафедрой с момента ее создания, уже не может полностью отвечать задачам, которые возникали к этому времени как при проектировании, так и при эксплуатации и ведении режимов ГЭС в разных условиях. Простое увеличение объёма этого курса не могло больше удовлетворять потребностям народного хозяйства, поэтому следовало выделить в отдельные курсы «Теоретические основы гидроэнергетики» (по аналогии с «ТОЭ»), «Управление и эксплуатация ГЭС» и «Проектирование ГЭС».

Созданная на кафедре гидроэнергетики к началу 70-х годов современная лаборатория по вычислительной технике послужила хорошей базой для подготовки инженеров-гидроэнергетиков и проведения НИР по разработке специального математического обеспечения АСУ ТП ГЭС, ОАСУ «Энергия» и САПР ГЭС. Около 20 специальных программ было внедрено в практику эксплуатации Красноярской, Братской, Саратовской ГЭС, АСУ каскада Среднепровских ГЭС и т.д. ОДУ (Объединённое диспетчерское управление) «Юга» в городе Киев были переданы и внедрены в практику программы расчетов оптимальных длительных режимов Днепровского каскада ГЭС для ЭВМ типа «Siemens4004» на языке Фортран 4 [2, 3].

В этот период была защищена докторская диссертация В.И. Обрезковым и целый ряд кандидатских: В.Д. Уриным, П.Ю. Дубковым, Н.К. Малининым, В.В. Зубаревым, Н.К. Матвиенко, Ш.С. Чурквеидзе и другими. Кроме того, кандидатские диссертации по специальности 05.14.10 – «Гидроэлектростанции и гидроэнергетические установки» защитили и ряд иностранных аспирантов кафедры.

Для того чтобы на кафедрах МЭИ организовать учебно-методическую работу на более высоком уровне, с 1970–1971 гг были введены должности заместителя заведующего кафедрой по учебно-методической работе. На кафедре гидроэнергетики им был назначен 33-летний канд. техн. наук, доцент Н.К. Малинин, который и стал на долгие годы основным организатором учебно-методического обеспечения специальности 0307 – «Гидроэнергетические установки», а впоследствии «Гидроэлектроэнергетика» в МЭИ и других вузах СССР, где выпускались инженеры-гидроэнергетики.

С приходом на кафедру (1978–1987 гг) П.С. Непорожнего, министра энергетики СССР, очень изменился как ее внешний вид (были сделаны ремонт и

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

перепланировка), так и возможности организации современного учебно-методического обеспечения специальности 0307, а также усилилось использование научного потенциала кафедры в научной деятельности по хоздоговорным и госбюджетным работам государственного масштаба.

В частности, по заданию Гидропроекта с учётом интенсификации НИР по созданию САПР ГЭС кафедрой была разработана современная подсистема выбора и обоснования параметров основного энергетического оборудования ГЭС (ПСВО). Эта работа учитывала и аккумулировала в своих алгоритмах весь отечественный и мировой опыт на основе экспертных опросов ведущих и главных инженеров проектов (ГИП) Гидропроекта (руководитель НИР Н.К. Малинин). Подсистема выбора основного энергетического оборудования (элемент САПР ГЭС) прошла успешные испытания в Гидропроекте, где ее освоили около 30 специалистов, более того, она прошла промышленную приемку в Минэнерго СССР и была внедрена в практику проектирования Гидропроекта.

Вместе с тем были разработаны пакеты прикладных программ для решения отдельных задач в рамках АСУ ТП ГЭС и САПР ГЭС. В середине-конце 70-х годов XX века кафедра выполнила большой объем НИР по изучению и обобщению современного и мирового опыта в области малой гидроэнергетики (МГЭ). Результаты этих НИР были переданы в Гидропроект и способствовали росту интереса к МГЭ в нашей стране. Этому же способствовали и публикации кафедры по проблемам МГЭ в научно-технических журналах страны (авторы М.Г. Тягунов и Н.К. Малинин). Для изучения мирового опыта в данной области во 2-й международный центр по МГЭ в городе Гуаньджоу (Китай) был направлен доцент кафедры М.Г. Тягунов В апреле 1984 года на очередном заседании Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) стран Варшавского договора было впервые классифицировано технико-экономическое понятие «малая гидроэнергетика» в СССР.

В конце 80-х годов кафедра выполняла существенный объем работ по тренажёрным системам в области гидроэнергетики (руководитель НИР М.Г. Тягунов).

Наконец, особо следует отметить огромную роль П.С. Непорожнего в интенсификации издательской деятельности кафедры в общесоюзных издательствах.

Так, были подготовлены планы-проекты четырех учебников в Энергоатомиздате СССР: «Введение в специальность «Гидроэлектроэнергетика» (П.С. Непорожний, В.И. Обрезков); «Теоретические основы гидроэнергетики» (Н.К. Малинин); «Управление и эксплуатация ГЭС» (М.Г. Тягунов); «Проектирование ГЭС» (А.Ю. Александровский). Быстрее всего было написано и издано учебное пособие по курсу «Введение в специальность – гидроэлектроэнергетика». Далее было принято решение вместо издания учебников отдельно по каждому разделу науки выпустить один общий учебник «Гидроэнергетика».

В результате к его написанию привлекли не только сотрудников кафедры гидроэнергетики, но и ведущих специалистов других организаций Минтопэнерго СССР, а за основу учебника было принято содержание, разработанное Н.К. Малининым ещё в 1976 году.

Первое издание учебника вышло в свет в 1981 году, второе – в 1988 году. За оригинальное содержание учебник был отмечен Премией имени Б.И. Веденеева.

После этого П.С. Непорожний поставил перед кафедрой задачу написать еще три учебника по отдельным составляющим гидроэнергетики. К сожалению, был написан только учебник «Теоретические основы гидроэнергетики» (Н.К. Малинин), который вышел в свет в конце 1985 года.

Конец 80-х годов XX века ознаменовался усилением кризисных явлений в экономике России, резким замедлением темпов энергетического и практически полным прекращением гидроэнергетического строительства.

Этот период характеризуется рядом негативных для системы высшего образования моментов: были разрушены связи вузов с производством; после принятия Россией условий Болонского соглашения была реорганизована система образования, и в состав профессий, которые готовит высшая школа, были включены понятия «бакалавр» и «магистр», и исключено понятие «инженер», тем самым ушла в прошлое признанная одной из лучших в мире система подготовки инженерных кадров. Кроме того, нарушение существовавших в СССР взаимосвязей различных организаций, резкое сокращение заработной платы преподавателям вузов и стипендий студентам, приватизация ряда общежитий вузов и других принадлежащих ему зданий, а также резкое уменьшение как госбюджетных, так и хоздоговорных НИР поставило практически все вузы страны и, в частности, МЭИ в очень тяжелые условия.

Решение отмеченных выше проблем требовало от кафедры очень больших усилий. Тем не менее кафедра ГЭВИ в самом начале 90-х годов заключила договоры о совместной подготовке школьников для поступления в МЭИ на специальность кафедры с помощью организованного в МЭИ факультета довузовской подготовки (О.Л. Калмыкова) − две школы в Москве и одна школа в г. Дедовск Московской области, где был расположен филиал Гидропроекта. Кафедра при этом обязалась вести в профилирующих классах этих школ занятия по профориентации школьников, а также, по возможности, помогать школам в техническом оснащении. Также кафедра активно участвовала и в профориентационной работе в общеинститутском лицее № 1502. Особо при этом следует отметить следующих сотрудников кафедры ГЭВИ: Н.А. Соболенко (школа № 2 города Дедовска) и Д.Н. Кунакина (школа № 331-УПК 1877).

Все это позволило кафедре в значительной мере

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

решить проблему набора студентов на свои специальности. Однако основную роль в решении указанной проблемы сыграло появление новой перспективной специальности – НВИЭ, которая сразу же привлекла к себе особое внимание не только москвичей и жителей Московской области, но и иногородних студентов. В первую очередь это произошло благодаря очень высокому уровню подготовки специалистов, что давало им после окончания МЭИ б**о**льшие возможности по устройству на работу при отсутствии в России гарантированного распределения выпускников вузов, как это было в СССР.

Появление НВИЭ прежде всего связано с тем фактом, что одним из перспективных направлений развития электроэнергетики страны в то время стали новые виды возобновляемой энергетики. По заданию Государственного комитета по науке и технике, разных министерств и ведомств кафедра начала более интенсивно заниматься научными разработками, направленными на расширенное использование солнечной (фотоэлектрической) и ветровой, волновой и приливной энергии, малых ГЭС, низкотемпературного тепла и т.д.

Работы по развитию исследовательской и учебной деятельности в этом направлении особенно активизировались после того, как в 1987 году кафедру возглавил профессор В.И. Виссарионов. Этот год ознаменовался значительным усилением внимания кафедры к изучению в МЭИ нетрадиционных для страны в тот период источников энергии.

Это привело к очередным изменениям в названии кафедры: сначала – «Гидроэнергетика и возобновляющиеся источники энергии» (ГЭВИ), на которой и была открыта новая специальность «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (НВИЭ). В 1994 году, в связи с открытием «НВИЭ» со специализацией «Гидроэнергетические установки», был произведен последний набор студентов на специальность «Гидроэлектроэнергетика», а кафедра получила название «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НВИЭ)» [4].

При этом для «НВИЭ» потребовалось разработать абсолютно новый учебный план, структуру, содержание и список определяющих ее дисциплин. Эту работу в течение 1993–1994 годов выполнил Н.К. Малинин, заместитель заведующего кафедрой по учебной работе. При разработке учебных планов 1994 года специальности «НВИЭ», в которую вошли три специализации (гидроэнергетические установки, возобновляемые источники энергии, нетрадиционные источники энергии), содержание учебных дисциплин отвечало уровню знаний того времени по всем аспектам, касающимся НВИЭ. Приоритетным направлением здесь, конечно, осталась традиционная гидроэнергетика: связанные с ней дисциплины составили более 60–70 % объема всех курсов специальности НВИЭ в целом. Однако в учебный план были введены и принципиально новые дисциплины, которые до этого отсутствовали в вузах страны.

Все сделанные за этот период разработки составляют основу современных учебных планов специальности «НВИЭ», что во многом позволило сохранить профессорско-преподавательский состав, учебный и научный потенциал кафедры. В то время на кафедре было защищено 18 кандидатских и 3 докторских диссертации (Н.К. Малинин, А.Ю. Александровский, М.Г. Тягунов). Следует отметить, что в те годы в России подготовка специалистов по «НВИЭ» осуществлялась приблизительно в 10-ти вузах страны.

Предпринятые кафедрой шаги в отмеченных выше направлениях вскоре принесли свои плоды: в течение всех 90-х годов, начиная с 1994 года, кафедра была единственной на Электроэнергетическом факультете МЭИ, которая полностью обеспечивала планы приема абитуриентов на свои специальности. И вторая по значимости проблема на всех кафедрах МЭИ – их материально-финансовое обеспечение – в начале 90-х годов на кафедре ГЭВИ была полностью решена благодаря гигантской по трудности и широте регулируемых вопросов работе, выполненной практически одним человеком – заведующим кафедрой В.И. Виссарионовым. Его подвижничество и активное сотрудничество с внешними организациями вскоре дали прекрасные результаты во всех сферах деятельности кафедры. Последнее было отмечено и в ежегодных рейтингах выпускающих кафедр МЭИ, где ГЭВИ регулярно входила в первую тройку и даже занимала первые места. Благодаря усилиям В.И. Виссарионова в 90-е года кафедра практически полностью обеспечила свое материальное содержание на современном уровне. В основном за счёт НИР, связанных с использованием НВИЭ в различных отраслях и ведомостях народного хозяйства России (как гражданских, так и специальных).

В 1992–1995 годах кафедра ГЭВИ была назначена Минтопэнерго РФ головной организацией по разработке методического, математического, информационного и программного обеспечения новых современных технико-экономических докладов (ТЭД) по оценке перспектив использования региональных ресурсов возобновляемой энергетики России. Были разработаны ТЭДы по 10 наиболее характерным регионам России (Бурятия, Карелия, Мурманская, Архангельская, Кировская, Владимирская, Ростовская, Псковская, Вологодская, Нижегородская области).

Кроме того, на основе выполненных НИР и других разработок кафедры Минтопэнерго России назначило ее головной организацией и в области малой гидроэнергетики при разработке в 1994 году «Концепции развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России» (руководитель всех работ – П.П. Безруких). В этот же период кафедрой были внесены предложения по развиваемым в России стандартам малой гидроэнергетики, солнечной и ветровой энер-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

гетики. Особо значимые результаты были получены кафедрой в области обоснования эффективности использования ветродизельных энергокомплексов для энергоснабжения автономных потребителей специального назначения.

Очень крупные работы по исследованию перспектив использования НВИЭ для нужд Минобороны России были выполнены кафедрой под руководством В.И. Виссарионова по заданию этого министерства.

Кафедра значительно повысила свой научный уровень в области комплексного использования НВИЭ в разных сферах деятельности и создала хорошую базу для разработки современного учебно-методического обеспечения специальности НВИЭ в МЭИ и в России в целом. Это потребовало вновь изменить название кафедры – 11 ноября 1997 года она была переименована в «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

В конце 90-х годов XX века кафедра НВИЭ разработала и выпустила более 10 учебных и методических пособий по разным видам НВИЭ, в том числе, по МГЭ, солнечной и ветровой энергетике. По результатам проведенных НИР по возобновляемым источникам энергии кафедра выпустила в свет большой справочник «Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии» (под редакцией В.И. Виссарионова), который и сегодня является настольной книгой для студентов и специалистов в области НВИЭ. Также на основе выполненных НИР кафедры НВИЭ МЭИ и других организаций были разработаны рекомендации по расчету ресурсов и оценке эффективности использования ВИЭ в России, опубликованные в книге «Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России» (коллектив авторов под редакцией П.П. Безруких). В этой книге кафедра была ведущей по разделу «Малая гидроэнергетика».

В 2004 году по достижении 65-летнего возраста оставил должность заведующего кафедрой НВИЭ, очень много сделавший для самой кафедры и для популяризации НВИЭ в России, д-р техн. наук, проф., действительный член Академии РАЭН, дважды Лауреат Госпремии Правительства России В.И. Виссарионов.

Далее с 2004 по 2009 год кафедрой руководил Л.И. Дудченко. В этот период сотрудниками кафедры были изданы два новых учебных пособия по НВИЭ в издательстве МЭИ, в которых были обобщены результаты НИР, выполненных на кафедре за последние годы, в том числе учебное пособие «Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии» (А.А. Бурмистров, В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Д.Н. Кунакин, Н.К. Малинин) и учебное пособие для вузов «Солнечная энергетика» (В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин). Эти книги к настоящему времени уже несколько раз переиздавались.

В 2009 году было принято решение назначить и.о. зав. кафедрой НВИЭ канд. техн. наук, доцента Т.А. Шестопалову, а зам. зав. кафедрой по учебной работе – канд. техн. наук, доцента Р.В. Пугачева, который заменил на этой должности д-ра техн. наук, проф. Н.К. Малинина. К этому времени кафедра значительно снизила свой рейтинг в МЭИ (ТУ), опустившись в нижнюю половину этого списка и на последнее место в ИЭЭ (институт электроэнергетики). Все это потребовало от Т.А. Шестопаловой крайнего напряжения сил по стабилизации катастрофического материального и социального состояния кафедры: очень много было сделано по мобилизации всех сотрудников на участие в решении острых проблем, по открытости процесса финансирования всех аспектов деятельности. В этом ей очень помогали М.Г. Тягунов, Р.В. Пугачев, Г.В. Дерюгина, Д.Н. Кунакин, А.Г. Васьков и другие сотрудники. В рассматриваемый период наконец были оплачены заказанные в Екатеринбурге универсальные научно-учебные стенды по СФЭУ и ВЭУ (4 стенда). Эти стенды были установлены вместо АВМ кафедры и быстро освоены А.Г. Васьковым и Н.И. Матвиенко, сразу же введены в учебный процесс кафедры НВИЭ. Был интенсифицирован выпуск с защитой в срок отечественных аспирантов, улучшено финансирование НИР кафедры. На кафедру было направлено на обучение в магистратуре, а затем в аспирантуре много студентов из Мьянмы. Все они с отличием закончили магистратуру кафедры и шесть из них поступили в аспирантуру МЭИ. Более того, уже четыре аспиранта из Мьянмы успешно защитили кандидатские диссертации в 2013–2014 гг. Руководителями выступали В.И. Виссарионов, Т.А. Шестопалова, Р.В. Пугачев; консультантом у всех аспирантов из Мьянмы – Н.К. Малинин.

Современный этап

В 2012-м году ОАО «РусГидро» заключила соглашение с МЭИ о своем участии в развитии кафедры НВИЭ в качестве базовой для подготовки высококвалифицированных специалистов как в сфере гидроэнергетики, так и в других сферах энергетики, использующих возобновляемые источники энергии. Инициаторами такого сотрудничества от кафедры явились Т.А. Шестопалова, М.Г.Тягунов и О.Г. Лушников.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Рис. 2. Церемония открытия в МЭИ кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии». Ректор «НИУ «МЭИ» Николай Рогалев и председатель Правления ОАО «РусГидро» Евгений Дод
Fig. 2. The opening ceremony of the “Hydropower and renewable energy” department at the MPEI. Rector of «NRU «MPEI» Nicholay Rogalev and Chairman of the Board of JSC "RusHydro" Evgeny Dod

Создание в МЭИ базовой кафедры ОАО «РусГидро» «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» и ее современной лабораторной базы является одним из путей реализации Концепции [5], создания базы знаний о технологических и производственных процессах объектов гидроэнергетики и опережающего развития кадрового потенциала ОАО «РусГидро» «От новой школы к рабочему месту».

В настоящее время в рамках реализации задач, изложенных в Концепции, сотрудниками кафедры разрабатываются учебные программы, восстанавливается её лабораторная база. В 2015-м году компания «РусГидро» подарила кафедре лабораторный комплекс, который включает в свой состав электромеханические модели ВЭС и ГАЭС, модель СЭС, элементы для моделирования ЛЭП и управляемой комплексной нагрузки, а также программируемую SCADA-систему. Новый учебно-исследовательский комплекс позволит преподавательскому составу и студентам базовой кафедры РусГидро изучать режимы управления гибридным интеллектуальным энергетическим комплексом с электростанциями на основе ВИЭ при меняющихся внешних условиях. Теперь стало возможным моделировать работу станций не только в нормальных, но и аварийных режимах, а также оценивать совместную работу разных источников энергии.

Профессорско-преподавательский состав активно вовлекается в процесс повышения квалификации сотрудников «РусГидро», разработку профессиональных стандартов и реализацию программ научных исследований и разработок.



Рис. 3. Вручение символических путевок в жизнь
Fig. 3. Awarding of symbolic roads to life

International Publishing House for scientific periodicals “Space”
Международный издательский дом научной периодики “Спейс”

Мы находимся в самом начале большого пути совместной деятельности по созданию высококвалифицированного специалиста, удовлетворяющего требованиям современного производства.

Приложение

Заведующие кафедрой:

1. 1935–1963 гг. – доктор технических наук, профессор Золотарев Теодор Лазаревич.

2. 1963–1977 гг. – заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук, профессор Обрезков Валентин Иванович.

3. 1977–1987 гг. – министр энергетики и электрификации СССР, лауреат Ленинской премии, член-корреспондент РАН Непорожний Пётр Степанович.

4. 1987–2004 гг. – доктор технических наук, профессор, дважды лауреат премии Правительства РФ Виссарионов Владимир Иванович.

5. 2004–2009 гг. – доктор технических наук, профессор Дудченко Леонид Николаевич.

6. 2009–2011 гг. – доктор технических наук, профессор Мисриханов Мисрихан Шапиевич.

7. 2011–2013 гг. – кандидат технических наук, доцент Шестопалова Татьяна Александровна.

8. 2013 г. – по нынешний день – профессор Хазиахметов Расим Магсумович.

Список литературы:

1. 50 лет Московского ордена Ленина Энергетического института имени В.В. Молотова. М.: Госэнергоиздат, 1955.

2. МЭИ 1930–1980. Московский ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетический институт. М.: Энергия. 1980.

3. Московский ордена Ленина энергетический институт. М.: Энергия. 1975.

4. Московский энергетический институт (технический университет). 1930-2005. М.: Наука, 2005.

5. Концепция создания кафедры ОАО «РусГидро» «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» в ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Приложение к дополнительному соглашению № 2 к соглашению о стратегическом партнерстве между ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» и Открытым акционерным обществом «Федеральная гидрогенерирующая компания – РусГидро» (ОАО «РусГидро»). Москва, 2012.

References

1. 50 let Moskovskogo ordena Lenina Ènergetičeskogo instituta imeni V.V. Molotova. Moscow: Goènergoizdat Publ., 1955 (in Russ.).

2. MÈI 1930–1980. Moskovskij ordena Lenina i ordena Oktâbr'skoj Revolûcii ènergetičeskij institut. Moscow: Ènergiâ Publ., 1980 (in Russ.).

3. Moskovskij ordena Lenina ènergetičeskij institut. Moscow: Ènergiâ Publ., 1975 (in Russ.).

4. Moskovskij ènergetičeskij institut (tehničeskij universitet). 1930–2005. Moscow: Nauka Publ., 2005 (in Russ.).

5. Koncepciâ sozdaniâ kafedry OAO «RusGidro» «Gidroènergetika i vozobnovlâemye istočniki ènergii» v FGBOU VPO «Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «MÈI». Priloženie k dopolnitel'nomu soglašeniû no. 2 k soglašeniû o strategičeskom partnerstve meždu FGBOU VPO «Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «MÈI» i Otkrytym akcionernym obŝestvom «Federal'naâ gidrogeneriruûŝaâ kompaniâ – Rus-Gidro» (OAO «Rus-Gidro»). Moscow, 2012 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

RENEWABLE ENERGY

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

SOLAR ENERGY

ФОТОЭЛЕМЕНТЫ. ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ

PHOTOELECTRIC CELL. PHOTOVOLTAIC EFFECT IN SEMICONDUCTOR STRUCTURES. PHOTOELECTRIC MODULES

Статья поступила в редакцию 16.01.15. Ред. рег. № 2170

The article has entered in publishing office 16.01.15. Ed. reg. No. 2170

УДК 621.383

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ С АСИММЕТРИЧНЫМ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИМ КОНЦЕНТРАТОРОМ И ФОТОПРИЕМНИКОМ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.А. Майоров, Л.Д. Сагинов, Д.С. Стребков

Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства
Россия 109456, Москва, 1-й Вешняковский проезд, 2
тел.: (499)171-19-20; e-mail: viesh@dol.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.002

Заключение совета рецензентов: 18.02.15 Заключение совета экспертов: 16.03.15 Принято к публикации: 07.04.15

Разработка и создание теплофотоэлектрических модулей в настоящее время – одно из важнейших направлений развития солнечной энергетики. Целью этих работ является повышение эффективности преобразования солнечной энергии за счёт снижения потерь поступающей солнечной энергии и, в конечном счёте, снижение себестоимости получаемой энергии. В работе рассмотрены новые теплофотоэлектрические модули, включающие фотоприемники и концентраторы, обеспечивающие эффективное преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую. Проведено математическое моделирование для создания алгоритма расчёта конструкции теплофотоэлектрического модуля с заданными энергетическими параметрами с применением законов геометрической оптики, фотоэнергетики, а также тепло- и массообмена. При использовании подобных модулей, в основе которых находится параболоцилиндрический концентратор и фотоприёмник с системой протока теплоносителя, возможно создание когенерационных установок для выработки электричества и тепла. Разработанные по такой методике образцы модулей исследуются на стендах и испытываются в натурных условиях. Солнечный модуль с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором и площадью миделя 66x70 см^2, с линейчатым фотоприёмником концентрированного излучения на базе матричных фотопреобразователей площадью 6x68 см^2 с системой протока теплоносителя обеспечивает электрическую мощность более 27 Вт. Расчёт оптического КПД даёт значение 0,64, что для данной конструкции концентраторного модуля не является пределом; тем не менее сравнительная оценка количества фотоэлектрической энергии, поступающей от данного модуля и стандартной планарной солнечной батареи, даёт прирост на уровне 26 %. При увеличении же оптического КПД до 80 %, что вполне реально при имеющихся технологических запасах, этот прирост возрастает до 50 % и выше.

Ключевые слова: асимметричный параболоцилиндрический концентратор, солнечное излучение, линейчатый приёмник концентрированного излучения, матричный солнечный элемент (МСЭ), фотоэлектрическая вольт-амперная характеристика (ВАХ), оптический КПД концентраторного модуля, теплофотоэлектрический фотоприёмник.

PHOTOVOLTAIC FEATURES OF PV-T MODULE WITH ASYMMETRIC PARABOLIC-CYLINDRIC CONCENTRATOR AND PHOTORECEIVER ON THE BASIS OF MATRIX SOLAR CELLS

V.A. Majorov, L.D. Saginov, D.S. Strebkov

The All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture
2, 1-st Veshnyakovsky proezd, Moscow, 109456 Russia
ph.: (499)171-19-20; e-mail: viesh@dol.ru

Referred 18 February 2015 Received in revised form 16 March 2015 Accepted 07 April 2015

Design and development of photovoltaic-thermal (PV-T) modules is currently one of the important directions of solar energy application. These projects are aimed at increasing the effectiveness of solar energy conversion through combining electric and thermal energy generation in one device by decreasing solar energy losses and consequently decreasing energy generation costs. The paper discusses the new PV-T modules, including photoreceiver and solar illumination concentrator which provides efficient conversion of solar energy into heat and electricity. The mathematical modeling is used to create an algorithm for calculating of PV-T module design with the specified energy parameters. The laws of geometrical optics, photovoltaics, as well as heat and mass transfer are used. Such modules, based on a symmetrical parabolic-cylindrical concentrator and a photoreceiver with a coolant system flow may serve as a cogeneration installation for electricity and heat generation. Developed solar prototypes were investigated at testing ground and in field conditions with sun illumination. Solar module with asymmetric parabolic-cylindric concentrator with the midsection area 66x70 cm^2 and concentrated radiation photoreceiver on the basis of 6x68 cm^2 area matrix solar cells, with the flow coolant system provides 27 electrical powerwatts. The calculation of optic efficiency results in 0,64, which is not the limit for this concentrator module construction; and the comparison of photoelectric energy received from this module and a standard planar solar battery with the same area and equal effectiveness of photoconverters during the period between winter and summer solstice gives an increase of 26%. Increasing the optic efficiency up to 80%, which is realistic at current technologic reserves, this increase can reach 50%.

Keywords: asymmetric parabolic-cylindric concentrator, solar radiation, linear photoreceiver of concentrated radiation, matrix solar cell (MSC), PV current-voltage diagram, optical efficiency of concentrator module, PV-T photoreceiver.



Майоров Владимир Александрович
Vladimir A. Majorov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, заведующий лабораторией солнечных концентраторных систем и нетрадиционных источников энергии Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства.

Образование: факультет автоматики и радиоэлектроники Всесоюзного заочного политехнического института (1979), Московский физико-технический институт (1985).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, гелиотехника, теплофизика, теплотехника.

Публикации: 87, из них 15 свидетельств на изобретения СССР и патентов РФ.

– РИНЦ: 33, 48 цитирований, индекс Хирша 1, SPIN 1183-0275;

– Scopus: 4 публикации, 1 цитирование.

Information about the author: PhD (engineering), the Head of the Laboratory of Solar Concentrator Systems and Unconventional Energy Sources of The All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture

Education: the Automatics and Radioelectronics department of the All-Union Correspondence Polytechnic Institute (1979), Moscow Physical-Technical Institute (1985)

Research area: renewable energy sources, heliotechnics, heating physics, heating engineering.

Publications: 87, including 15 patents;

– Russian Scientific Citation Index:
33 publications, 48 citations, h-index 1, SPIN 1677-3738.

– Scopus: 4 publications, 1 citation.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Сагинов Леонид Дмитриевич
Leonid D. Saginov

Сведения об авторе: канд. физ.-мат. наук, заведующий отделом возобновляемых источников энергии Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства. Почетный машиностроитель (2006 г.)

Образование: факультет физической и квантовой электроники Московского физико-технического института (1973).

Область научных интересов: спектроскопия и фотоэлектрические явления в полупроводниках, фотопреобразователи и фотоэнергетика, фотоприемники инфракрасного диапазона спектра, тепловидение.

Публикации: 132, из них 14 свидетельств на изобретения СССР и патентов РФ.

– РИНЦ: 63 публикации, 158 цитирований, индекс Хирша 6, средневзвешенный импакт-фактор журналов, в которых опубликованы работы 0,263; SPIN 1677-3738;

– Scopus: 22 публикации, 18 цитирований, индекс Хирша 3.

Information about the author: PhD (physics and mathematics), the Head of Renewable Energy Sources department of The All-Russian Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture.

Education: Moscow Physical-Technical Institute (1973).

Research area: spectroscopy and photoelectric phenomena in semiconductors, PV cells and modules, infrared photodetectors, thermovision.

Publications: 132, including 14 patents.

– Russian Scientific Citation Index: 63 publications, 158 citations, h-index 6, average impact factor of the journals where articles were published 0,263; SPIN 1677-3738;

– Scopus: 22 publications, 18 citations, h-index 3.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Стребков Дмитрий Семенович
Dmitry S. Strebkov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, директор Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) с 1987 г. по настоящее время; заведующий кафедрой МГАУ и ЮНЕСКО, член-корреспондент ВАСХНИЛ, РАСХН (1991); академик РАСХН (1997), академик РАН (2013). Заслуженный деятель науки РФ (2008); председатель Российской Секции Международного общества по солнечной энергии с 1992 года; заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии с 2002 года.

Руководитель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергетики.

Образование: факультет электрификации Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (1959) и вечернее отделение Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Математика» (1967).

Область научных интересов: исследования и разработки в области электрификации сельскохозяйственных территорий и производств; возобновляемая энергетика.

Публикации: более 1 400 из них более 450 авторских свидетельств на изобретения СССР и патенты РФ, в том числе 60 зарубежных.

– РИНЦ: 441 публикация, 1 184 цитирования, индекс Хирша 10, SPIN2864-5630;

– Scopus: 63 публикации, 42 цитирования, индекс Хирша 3.

Information about the author: DSc (engineering), professor, director of The All-Russia Scientific-Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH). In 1985 he received the academic status of professor at the All-Union Correspondence Polytechnic Institute, became a corresponding member of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences and of the Russian Academy of Agricultural Sciences (1991), an academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences in 1997 and Russian Academy of Sciences (2013). Since 1992, he is the Chairman of the Russian Section of the International Solar Energy Society, Vice-President of the Russian Committee on the Use of Renewable Energy Sources (2002) and the Head of the Working Group of the European UNESCO Bureau on education in the field of solar energy.

Education: Moscow Institute of Agriculture Mechanization and Electrification (now Moscow State Agricultural Engineering University), faculty of Electrification (1959), Evening Department of the Lomonosov Moscow State University, faculty of Mechanics and Mathematics, specialty "Mathematics" (1967).

Research area: electrification of agriculture, as well as in the field of renewable energy.

Publications: more than 1400, including more than 450 patents, and 16 USA patents.

– Russian Scientific Citation Index: 441 publications, 1184 citations, h-index 10; SPIN2864-5630;

– Scopus: 63 publications, 42 citations, h-index 3.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Разработка и создание теплофотоэлектрических модулей (photovoltaic-thermal, PV-T modules) является одним из важнейших направлений развития солнечной энергетики [1]. Это обусловлено очевидной необходимостью повышения эффективности преобразования солнечной энергии, в данном случае путём получения как электрической, так и тепловой энергии в одном устройстве за счёт снижения потерь поступающей солнечной энергии и снижения себестоимости получаемой энергии. В настоящей работе этот эффект достигается с помощью теплофотоэлектрического устройства на основе матричных солнечных элементов (МСЭ, Vertical Multi-junction Photovoltaic Cell) в конструкции с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором солнечного излучения. Преимущества использования концентраторов при фотоэлектрическом преобразовании солнечного излучения хорошо известны [2] – фактическая замена дешёвыми зеркальными отражателями различной формы более дорогих фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). При этом, однако, нужно сохранить эффективность фотоэлектрического преобразования концентрированного солнечного излучения. Другие проблемы, с которыми сталкиваются при использовании планарных кремниевых фотоэлектрических преобразователей:

– снижение КПД планарных кремниевых ФЭП при высоких концентрациях солнечного излучения;

– низкие напряжения на одном планарном ФЭП (~0,5 В) приводят к необходимости последовательной коммутации большого числа ФЭП в солнечном фотоэлектрическом модуле для получения напряжения 12 В и выше, приемлемого для дальнейшего использования в электрических аккумуляторах, инверторах и т.п., однако последовательная коммутация большого числа ФЭП уменьшает надежность системы, так как выход из строя одного элемента цепи приводит к отказу всей цепи.

В число актуальных задач входят: обеспечение работы солнечного фотоэлектрического модуля при высоких концентрациях и равномерного освещения фотоприемника; получение на одном ФЭП (модуле) технически приемлемого напряжения (12В и выше); повышение эффективности преобразования и снижение стоимости вырабатываемой энергии. Здесь значительные возможности даёт использование МСЭ [3], отличительными особенностями которых являются:

– получение высокого напряжения (до 15–18 вольт на сантиметр) на кремниевых элементах, изготавливаемых по групповой полупроводниковой технологии;

– снижение требований по однородности светового потока в системах с концентрацией излучения;

– повышение КПД МСЭ-фотопреобразователей с увеличением степени концентрации солнечного излучения.

Целью работы является исследование фотоэлектрических характеристик солнечного модуля с линейчатым фотоприемником на основе МСЭ и асимметричным параболоцилиндрическим концентратором солнечного излучения.

Результаты и их обсуждение

Разработка нового фотоэлектрического модуля проводится на основе методики математического моделирования функционирования отдельных блоков с использованием законов геометрической оптики, фотоэлектрических характеристик МСЭ для получения фотоэнергетических характеристик модуля. Разработанные по такой методике образцы исследуются на соответствующих стендах и испытываются в натурных условиях.

Схема конструкции теплофотоэлектрического модуля с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором и фотоприемником на основе матричных солнечных элементов представлена на рис. 1.

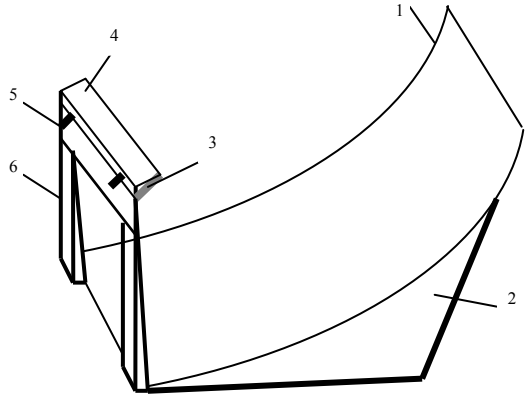


Рис. 1. Схема конструкции фотоэлектрического модуля с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором: 1 – концентратор; 2 – стойки крепления концентратора; 3 – линейчатый фотоэлектрический приемник с солнечными элементами; 4 – устройство протока теплоносителя; 5 – штуцера для входа и выхода теплоносителя; 6 – опорные стойки фотоприемника
Fig. 1. Photovoltaic module construction scheme with asymmetric parabolic-cylindric concentrator: 1 – concentrator; 2 – concentrator mounting rack; 3 – linear photoreceiver with solar cells; 4 – heat transfer agent flow device; 5 - inlet and outlet heat transfer agent connecting pipes; 6 – photoreceiver supporting racks

Фотоэлектрический модуль включает асимметричный параболоцилиндрический концентратор с миделем размером *R*x*L* (*L* – длина цилиндрической оси, *R* – ширина концентратора); линейчатый фотоприемник, выполненный из скоммутированных параллельно-последовательно МСЭ шириной *d*, закрепленных на устройстве охлаждения и установленных в фокальной области концентратора.

Схема хода лучей в модуле от поверхности концентратора до поверхности планарного фотоприемника шириной *d* представлена на рис. 2.

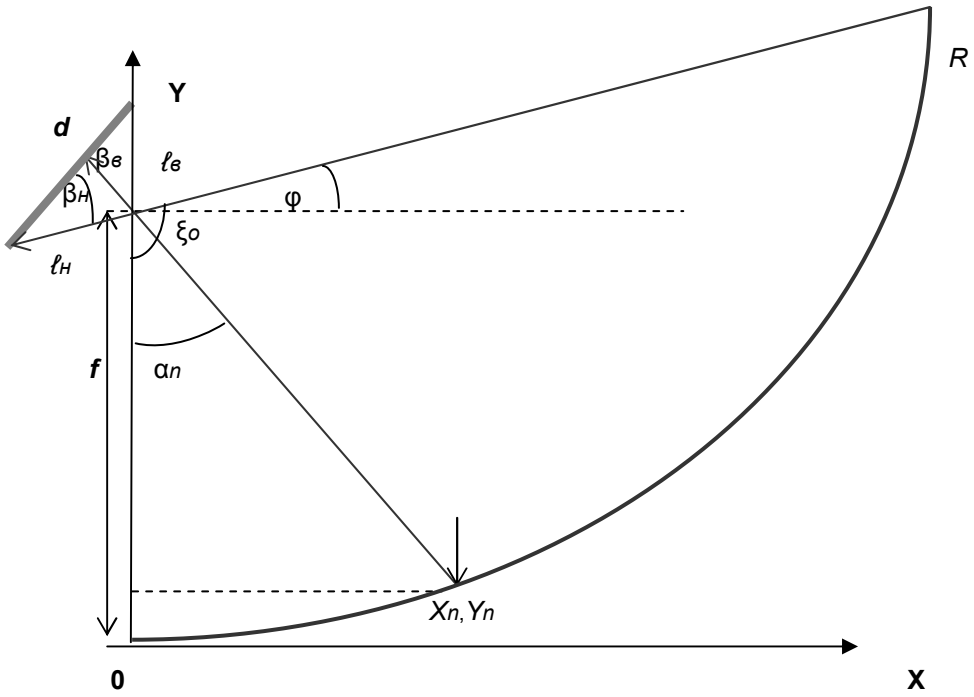


Рис. 2. Схема хода лучей в модуле
Fig. 2 Diagram of ray tracking in module

На рис. 2 введены следующие обозначения: f – фокусное расстояние параболы; α_n – угол между осью ординат и отрезком, соединяющим корреспондирующиеся интервалы фотоприёмника и параболы; ξ_o – угол между координатной осью $0Y$ и отрезком, соединяющим крайние точки параболы с координатами $\{Y_a,R\}$ и фотоприемника $\{X_н,Y_н\}$; $\beta_н$ – угол между плоскостью фотоприемника и отрезком с координатами $\{Y_a,R\}:\{X_н,Y_н\}$; $\beta_в$ – угол между плоскостью фотоприемника и осью ординат; φ – угол между отрезком с координатами $\{Y_a,R\}:\{X_н,Y_н\}$ и прямой $Y=f$, параллельной оси абсцисс; $l_н$ и $l_в$ – отрезки, соединяющие фокус с нижним и верхним краем фотоприёмника соответственно (рассчитываются по нижеприведённым формулам); значения параметров f, $\beta_в$, $К_г$ (коэффициент геометрической концентрации) устанавливаются исходя из граничных условий, определяемых габаритами модуля.

Исходя из условий компактности многомодульной конструкции солнечной установки, работающей с минимальными потерями падающего солнечного излучения, верхний уровень фотоприемника должен находиться примерно на одном уровне с верхним краем концентратора, располагаться за фокусом, находясь с ним и нижнем краем концентратора (вершина параболы) на одной оси.

Конструктивные параметры модуля определяются системой уравнений соответствующих условию как можно более равномерной освещенности поверхности фотоэлектрического приемника, выполненного в виде линейки шириной d из коммутированных ФЭП и расположенного под углом к миделю концентратора с параболической формой отражающей поверхности $Y(X)$:

$X^2 = 4fY$, $X_n = (f - Y_n)/\mathrm{tg}\alpha_n$, $d_n = l_в \sin\alpha_n / \sin(\alpha_n + \beta_в)$, $\xi_0 = \pi/2 + \varphi$, $X_н = d\sin\beta_в$, $Y_н = f - X_н tg\varphi$, $l_в = d\sin\beta_н / \sin\xi_0$, $X_в = 0$, $Y_в = Y_н + d\cos\beta_в$, $l_н = d\sin\beta_в / \sin\xi_0$, $Y_a = R^2/4f$, $К_г = R/d$.

Для проведения расчётов абсцисса элементов параболы делится на N интервалов с координатами $X_1 \ldots X_N (0 < X < R)$, с однородной освещённостью падающего излучения в каждом из отрезков $X_{n+1} - X_n$ $(1 < n < N)$. В силу однозначного соответствия, отражаемое концентрированное излучение будет попадать в корреспондирующиеся интервалы $d_{n+1} - d_n$ вдоль ширины d фотоприёмника.

Геометрическая концентрация освещенности фотоэлектрического приемника $К_n$ в интервалах координатных значений концентратора $X_{n+1} - X_n$ и в интервалах координатных значений фотоприемника $(d_{n+1} - d_n)$

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

С учётом данных формул проведен расчет профиля модуля, на основании которого вычерчены лекала для изготовления концентратора и модуля в целом.

Обеспечение оптимальной работы солнечного фотоэлектрического модуля достигается оптимиза-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

цией конструктивных параметров модуля (фотоприемника и концентратора) при необходимых значениях концентрации и равномерности освещения фотоприемника, при которых могут быть получены заданные эксплуатационные фотоэнергетические параметры разрабатываемой установки.

С целью увеличения выработки электроэнергии модуль закреплен на опоре с устройством слежения за Солнцем, т.е. солнечное излучение всегда падает по нормали к миделю концентратора.

На рис. 3 представлена форма профиля модуля с фотоприемником шириной d = 6 см и параболоцилиндрическим концентратором с шириной миделя R = 66 см.

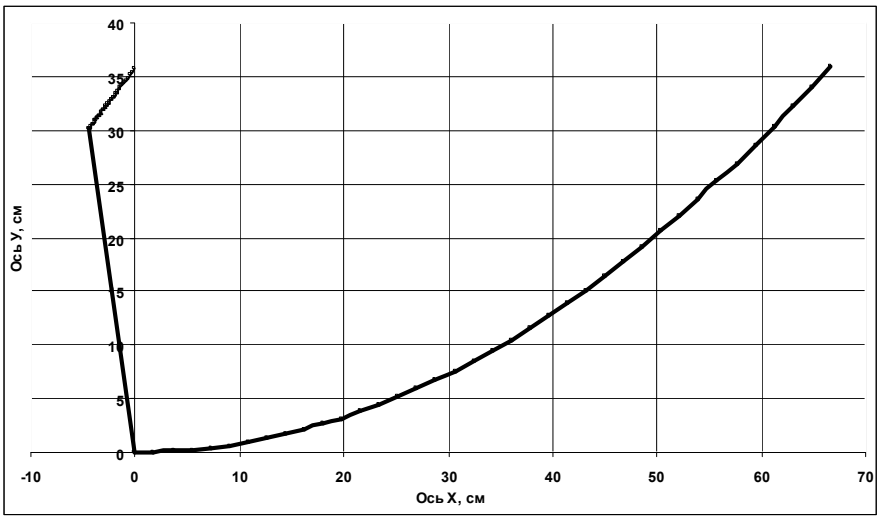


Рис. 3. Форма профиля модуля с фотоприемником шириной d = 6 см и параболоцилиндрическим концентратором с шириной миделя R = 66 см
Fig. 3. Photoreceiver module profile with width d = 6 cm and the parabolic-cylindric concentrator with the width of the midsection area R = 66 cm

На рис. 4 показан график распределения концентрации освещенности на поверхности линейчатого фотоэлектрического приемника от ширины фокальной области (от 0 до d).



Рис. 4. Распределение концентрации излучения на поверхности линейчатого фотоприемника в зависимости от ширины фокальной области (от 0 до d)
Fig. 4. The concentration distribution of the radiation on the photoreceiver surface depending on the focal region width (0 to d)

Изменение концентрации излучения на фотоприёмнике достигается посредством уменьшения его ширины при соответствующем изменении профиля концентратора и/или положения фотоприёмника. Следовательно, можно изменять концентрацию излучения фотоэлектрического приемника, не меняя габаритных размеров концентратора и выбранного типа фотоэлектрических преобразователей.

Из приведенных характеристик видно, что изменение концентрации излучения по ширине фокальной области теплофотоэлектрического приемника не превышает ±20 % и не влияет на электрофизические

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

и тепловые характеристики солнечного модуля.

Таким образом, на основании приведенной расчетной модели и графиков распределения концентрации по рабочей поверхности линейчатого фотоприемника можно оптимизировать габаритные размеры блоков модуля, величину концентрации и распределение освещенности на рабочих поверхностях фотоприемника.

В соответствии с формулой (2) можно рассчитать выработку энергии W солнечной батареи (СБ) [4]:

$$W = E_{\text{o}} \eta_{\text{опт}} \cos j_{\text{ср}} S \tau , \qquad (2)$$

где E_o – солнечная освещенность, $\eta_{\text{опт}}$ – оптический КПД солнечной батареи; $\cos j_{\text{ср}}$ – средняя дневная величина $\cos j$ в пределах значений $j_{\min}$ и $j_{\max}$ (j – угол наклона солнечного излучения к нормали миделя СБ); S – площадь миделя СБ; τ – дневное время работы СБ.

На рис. 5 представлены сравнительные расчетные характеристики выработки электроэнергии (без учета прозрачности атмосферы) модуля планарной СБ, работающего в стационарном режиме, площадью 3м^2 с КПД фотопреобразователей 15 % и модуля СБ, работающего в режиме слежения за Солнцем с концентратором и площадью миделя 3 м^2 коэффициентом отражения $\eta_{\text{отр}}$ = 0,8, КПД фотопреобразователей 15 % (широта местности 56,5°).

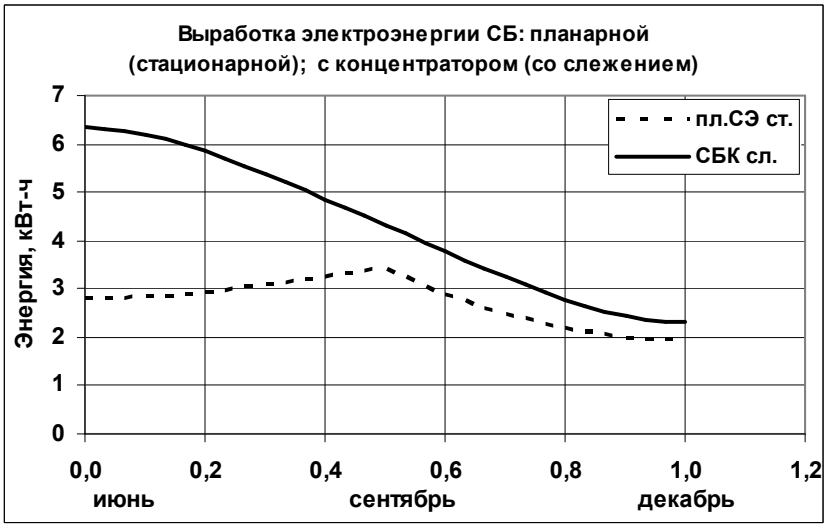


Рис. 5. Расчетные характеристики выработки электроэнергии модуля планарной СБ площадью 3м^2 и $\eta_{\text{ФП}}$ = 15 % в стационарном режиме работы и модуля СБ с концентратором с площадью миделя 3 м^2, $\eta_{\text{отр}}$= 0,8, $\eta_{\text{ФП}}$ = 15 %, со слежением, широта 56,5°

Fig. 5. Design characteristics of PV planar unit power generation with area of 3m^2 and PV cell efficiency 15 % in steady-state operation and of the PV concentration module with an midsection area of 3m^2, reflection efficiency 0.8, PV cell efficiency 15 % and tracking, latitude 56,5°

Приведенные характеристики показывают, что концентраторные СБ в режиме слежения за Солнцем могут увеличить годовую выработку электроэнергии до полутора раз. Однако следует отметить, что целесообразнее применять модули солнечных батарей с концентраторами меньших размеров, так как в этом случае:

– снижается количество дефицитных матричных фотоэлектрических преобразователей;

– концентраторы можно изготавливать из тонких листов алюминия (0,3–0,5 мм) с зеркальной рабочей поверхностью;

– снижаются требования по точности слежения за Солнцем;

– уменьшаются процессы деформации конструкции в целом;

– менее трудоемки процессы сборки, юстировки, замены вышедших из строя модулей, их ремонт.

На базе разработанных математических моделей расчета оптико-энергетических параметров солнечных модулей с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором изготовлен макетный образец солнечного модуля с габаритными размерами (66x70x35) см на основе линейчатого фотоприемника с системой водяного охлаждения, на котором закреплены высоковольтные матричные кремниевые элементы размером 6x3,5 см в количестве 19 шт с параллельным электрическим соединением. Параболоцилиндрический концентратор на основе тонкого листа алюминия Alanod толщиной 0,3 мм со светоотражающим покрытием с коэффициентом отражения рабочей поверхности 0,8 закреплен посредством ребер жесткости на стойках, изготовленных с применением лекал.

Солнечный модуль с параболоцилиндрическим концентратором, линейчатым фотоприемником и системой водяного охлаждения представлен на рис. 6.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Рис.6. Солнечный модуль с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором, линейчатым фотоприемником и системой водяного охлаждения
Fig.6. PV module with asymmetric parabolic-cylindric concentrator, linear photoreceiver and water cooling system

На экспериментальном полигоне ФГБНУ ВИЭСХ (г. Москва) проведены натурные испытания изготовленного образца линейчатого фотоприемника на основе МСЭ и модуля концентраторной СБ.

При исследовании характеристик концентраторного параболоцилиндрического модуля использовались: пиранометр «ПЕЛЕНГ СФ-06», быстродействующие платы АЦП, вольт-амперметры, регулятор сопротивления, термометры и др. приборы для измерения фотоэлектрических характеристик разработанных на экспериментальном полигоне устройств.
При измерении фотоэлектрических вольт-амперных характеристик (ВАХ) с ориентацией фотоприёмника перпендикулярно солнечным лучам параметры ВАХ регистрировались от режима холостого хода до режима короткого замыкания за счет изменения сопротивления нагрузки (интенсивность суммарной радиации определяют в начале и по окончании измерений). Точность измеряемых характеристик и параметров (с учётом точности приборов и разрядности АЦП) была не ниже 4%.

На рис. 7 показана ВАХ линейчатого фотоприёмника на основе МСЭ размером 6х68 см^2 для параболоцилиндрического концентратора, полученная при натурном солнечном облучении с освещённостью 866 Вт/м^2 без использования концентратора.

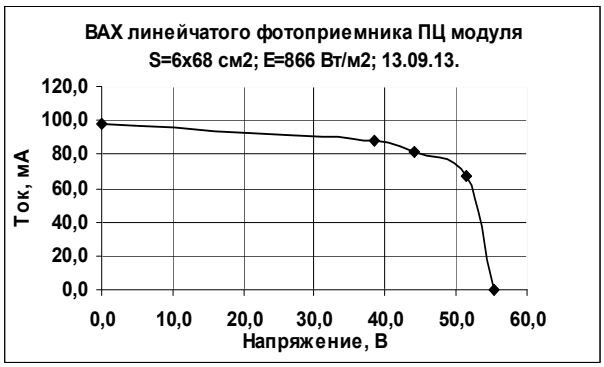


Рис. 7. ВАХ фотоприемника при солнечной освещенности E = 866 Вт/м^2
Fig. 7. Current-voltage diagram of photoreceiver with sunlight illumination E = 866 W / m^2

Как видно на рис. 7, фотоприёмник показал рабочее напряжение 44 В, вырабатываемый ток 0,081 А, коэффициент заполнения ВАХ FF = 0,659 и электрическую мощность 3,6 Вт.

На рис. 8 представлена экспериментальная ВАХ, измеренная при натурном солнце, модуля СБ с параболоцилиндрическим концентратором и фотоприёмником, ВАХ которого показана на рис. 7.

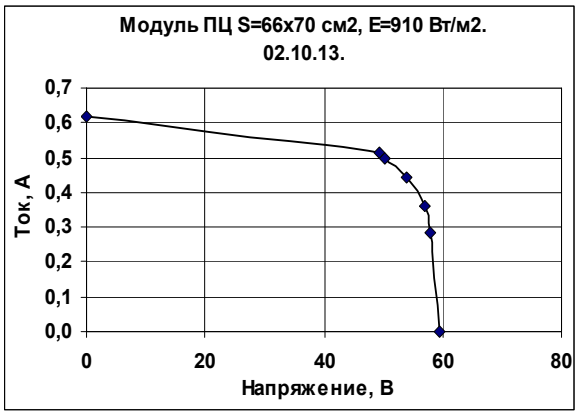


Рис. 8. ВАХ концентраторной СБ при солнечной освещенности E = 910 Вт/м^2
Fig. 8. Current-voltage diagram of parabolic-cylindric concentrator module with sunlight illumination E = 910 W/m^2

Проведенные натурные испытания солнечного модуля подтвердили соответствие заданным техническим параметрам: рабочее напряжение модуля ~ 50 В, вырабатываемый ток более 0,5 А, коэффициент заполнения ВАХ FF = 0,705 и электрическая мощность образца выше 27 Вт при пересчете на освещённость 1 000 Вт/м^2.

Оптический КПД модуля $\eta_{опт}$ определяется из соотношения: $\eta_{опт} = (J_{СБК}/J_{фп})/K_г$, где $J_{СБК}$ – ток короткого замыкания СБ с концентратором; $J_{фп}$ – ток короткого замыкания фотоприемника при той же освещенности, приходящей на мидель концентратора; $K_г$ – геометрическая концентрация модуля, равная отношению площади миделя концентратора к площади фотоприемника. На основании приведенных на рис. 7 и рис. 8 ВАХ оптический КПД модуля составляет $\eta_{опт}$ = 0,64.

В соответствии с формулой (2) и расчетными характеристиками выработки энергии стандартными планарными СБ и СБ с концентраторами в течение года для широты местности $\varphi = 56{,}5^{o}$, показанными на рис. 4, в таблице 1 приведены параметры отношения годовой выработки энергии $W_к$ СБ с концентратором (работающей в режиме слежения за солнцем) к годовой выработке энергии планарной СБ $W_{пл}$ (работающей в стационарном режиме с углом наклона к горизонту оптимизированным по широте местности) в зависимости от оптического КПД $\eta_{опт}$ СБ с концентратором.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таблица 1

Зависимость отношения $W_к/W_{пл}$ от оптического КПД $\eta_{опт}$ для широты местности $\varphi = 56{,}5^o$

Table 1

The ratio dependence $W_к/W_{пл}$ on the optical efficiency $\eta_{опт}$ for latitude $\varphi = 56.5^o$

$\eta_{опт}$	0,9	0,8	0,7	0,64	0,55
$W_к/W_{пл}$	1,77	1,57	1,38	1,26	1,08

Из таблицы видно, что для широты местности $\varphi = 56{,}5^o$ годовая выработка энергии модуля СБ с концентратором $W_к$, работающим в режиме слежения за солнцем и при оптическом КПД модуля $\eta_{опт} = 0{,}64$, на 26 % выше годовой выработки энергии стандартной планарной СБ $W_{пл}$, работающей в стационарном режиме. Снижение себестоимости вырабатываемой модулем энергии примерно обратно пропорционально повышению выработки электроэнергии. При увеличении оптического КПД модуля за счет технологического усовершенствования конструкции концентратора до $\eta_{опт} = 0{,}8$ выработка энергии модуля увеличится по сравнению с планарным модулем более чем в полтора раза.

Заключение

Разработанные математические модели расчета оптико-энергетических параметров солнечных модулей с асимметричным параболоцилиндрическим концентратором и фотоприёмником на основе МСЭ адекватно отражают реальные параметры функционирования изготовленных солнечных модулей СБ. Проведенные натурные испытания солнечного модуля подтвердили соответствие заданным техническим параметрам: рабочее напряжение модуля соответствует ~ 50 В, вырабатываемый ток более 0,5 А и электрическая мощность макетного образца при 1 000 Вт/м^2 выше 27 Вт, при этом коэффициент заполнения ВАХ МСЭ увеличился с 0,659 при однократном солнце до 0,705 при концентрированном излучении, что подтверждает эффективность их использования в концентраторных СБ.

При увеличении оптического КПД модуля за счет технологического усовершенствования конструкции концентратора до $\eta_{опт} = 0{,}8$ выработка энергии модуля увеличится на 57 % в режиме слежения за Солнцем, что приведёт к снижению себестоимости вырабатываемой фотоэлектрической энергии.

Список литературы

1. PV-T Collector Development: Providing a structure beyond the collector http:// www.ises.org/index.php?id=246 // Режим доступа 10.12.2014г.

2. Стребков. Д.С., Тверьянович Э.В. Концентраторы солнечного излучения. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.

3. Стребков Д.С., Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М., Майоров В.А., Поляков В.И., Сагинов Л.Д. Солнечные концентраторные модули с матричными солнечными элементами // Труды IX-й Международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика-2012». М.: Россия, 2012.

4. Майоров В.А. Исследование среднегодовой выработки энергии солнечных батарей с параболоцилиндрическими концентраторами // Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Экология и сельскохозяйственная техника». С-Петербург: Россия, 2009. Т. 3. С. 169–173.

References

1. PV-T Collector Development: Providing a structure beyond the collector. Available at: http://www.ises.org/index.php?id=246 (10.12.2014) (in Eng.).

2. Strebkov D.S., Tver'yanovich È.V. Koncentratory solnečnogo izlučeniâ, Moscow: GNU VIÈSH Publ., 2007 (in Russ.).

3. Strebkov D.S., Arbuzov Yu.D., Evdokimov V.M., Majorov V.A., Polyakov V.I., Saginov L.D. Solnečnye koncentratornye moduli s matričnymi solnečnymi èlementami. *Works of IXth International Conference "Vozobnovlâemaâ i malaâ ènergetika-2012",* Moscow, Russian Federation, 2012 (in Russ.).

4. Majorov V.A. Issledovanie srednegodovoj vyrabotki ènergii solnečnyh batarej s parabolocilindričeskimi koncentratorami. *Materialy 6th International Scientific and Practical Conference «Èkologiâ i sel'skohozâjstvennaâ tehnika»*, St. Petersburg, Russian Federation, 2009, vol. 3, pp. 169–173 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 30.04.15. Ред. рег. № 2252 The article has entered in publishing office 30.04.15. Ed. reg. No. 2252

УДК 621.311.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ВЕНЕСУЭЛЕ

В.А. Кузнецова[1], Р.В. Пугачев[1], М.Е. Росендо Чакон[1,2], А.С. Лопес Сааб[1,2]

[1]ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51; e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2] Национальный экспериментальный политехнический университет
национальных вооруженных сил
Венесуэла 02101, Маракай, ул. Маракай-Марияра
тел.: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.003

Заключение совета рецензентов: 12.05.15 Заключение совета экспертов: 19.05.15 Принято к публикации: 27.05.15

В республике Венесуэла принята программа развития электроснабжения населения на базе использования солнечной энергии. В связи с этим актуальной задачей является определение структуры и параметров схем энергоснабжения, а также оценка эффективности использования солнечных модулей различных типов для условий страны. Цель статьи – анализ коэффициента полезного действия (КПД) солнечного модуля на основе кремния и солнечного модуля с голографическим концентратором с системой водяного охлаждения и без него, при эксплуатации в условиях области Алта Гуахира в Боливарианской Республике Венесуэла. В статье приводятся результаты исследования влияния системы охлаждения на характеристики голографического и обычного солнечного модуля.

Ключевые слова: солнечный модуль, голографический концентратор, система водяного охлаждения.

RESEARCH OF EFFICIENCY OF THE USE OF POWER SUPPLY SYSTEMS ON THE BASIS OF PHOTOVOLTAIC MODULES FOR INDEPENDENT CONSUMERS IN VENEZUELA

V.A. Kuznetsova[1], R.V. Pugachev[1], M.E. Rosendo Chacon[1,2], A.C. Lopez Saab[1,2]

[1]National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: +7(495)362-72-51, e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2]Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional
Vieja Maracay-Mariara St., Maracay, 02101 Venezuela
ph.: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

Referred 12 May 2015 Received in revised form 19 May 2015 Accepted 27 May 2015

In the Republic of Venezuela, the government adopted a development program of power supply of the population on the basis of solar energy use. Therefore an urgent task is to determine the structure and parameters of scheme of power supply, and also to evaluate the efficiency of use of different types of solar modules for the conditions of the country. The purpose of this paper is to analyze the efficiency of silicon solar modules and solar modules with a holographic concentrator, each with and without water cooling systems, in the operational conditions of the area Alta Guajira in the Bolivarian Republic of Venezuela. The paper presents the study results of the effect of the cooling system on the characteristics of the holographic and conventional solar module.

Keywords: solar module, holographic concentrator, water cooling system.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Валентина Андреевна Кузнецова
Valentina A. Kuznetsova

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1972).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика, гидроэнергетика.

Публикации: более 60.

Information about the author: senior lecturer of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1972).

Research area: renewable energy, solar and wind energy, hydropower.

Publications: more than 60.



Роман Викторович Пугачев
Roman V. Pugachev

Сведения об авторе: доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1999).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии.

Публикации: 40.

Information about the author: professor of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1999).

Research area: renewable energy.

Publications: 40.



Милица Елена Росендо Чакон
Militza E. Rosendo Chacon

Сведения об авторе: аспирантка кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydro power and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.



Андрес С. Лопес Сааб
Andres C. Lopez Saab

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

В 2013 году Венесуэла вышла на первое место в мире по доказанным запасам нефти, которые составляют 298,350 млрд баррелей, а также на восьмое место по доказанным запасам природного газа. Как один из основателей Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК) Венесуэла является важным игроком на мировом рынке нефти, поэтому основную роль в экономике страны играет её добыча и нефтеперерабатывающая промышленность, дающие основной приток валютных поступлений [1].

Из общего потребления первичных энергоресурсов на долю гидроэлектроэнергии и природного газа приходится более 50 процентов, в то время как на долю угля всего 2 процента. За последнее десятилетие доля потребления нефти в общем энергетическом балансе страны выросла до 47 процентов, в основном благодаря субсидиям, которые выделяет правительство Венесуэлы.

Несмотря на великолепную обеспеченность традиционными энергоносителями, Венесуэла заинтересована в использовании нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Во-первых, потребности в энергии в стране непрерывно растут, во-вторых, энергия возобновляемых источников может внести свой вклад в решение задачи энергообеспечения труднодоступных и удаленных районов, не подключенных к общим сетям, особенно в районах с дефицитом традиционных источников энергии.

Последний пункт имеет большое значение, так как доставка топлива в эти районы является серьёзной проблемой: огромные расстояния и значительные транспортные расходы приводят к частым аварийным отключениям в некоторых из этих районов и дезорганизуют жизнь сельских местностей, нанося огромный ущерб сельскохозяйственному производству.

Проблема нехватки энергии влечет за собой социально-экономические проблемы: безработицу, увеличение заболеваемости, – и экологические проблемы: опустошение лесных массивов из-за вырубки деревьев с целью получения энергии.

В этой ситуации электроэнергия, генерируемая с использованием некоторых НВИЭ, уже сейчас может быть дешевле, чем от дизельных генераторов. Кроме того, исключаются проблемы, связанные с транспортировкой традиционного топлива и прокладкой линий электропередачи.

В связи с этим правительство Венесуэлы начало развивать в стране направление альтернативной энергетики. Так, в области использования солнечной энергии реализуется государственная программа по установке фотоэлектрических станций в сельской местности. Программа носит название «Посеем свет» и включает три этапа: первый этап направлен на обеспечение школ, медицинских учреждений и коммунальных служб, второй – на подключение домашних хозяйств и третий – на подключение промышленных предприятий [2, 3].

Таким образом, правительство планирует увеличить инвестиции в развитие энергетики на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) с целью сокращения потребления органического топлива внутри страны и увеличения доходов от экспорта нефти.

В Венесуэле среднедневной приход солнечной радиации составляет 5,5 (кВт*ч)/м^2, а в некоторых северных регионах достигает 6,7 (кВт*ч)/м^2 в сутки. К тому же эти показатели практически не меняются в течение года, поэтому страна имеет все условия для эффективного использования солнечной энергии (рис. 1).

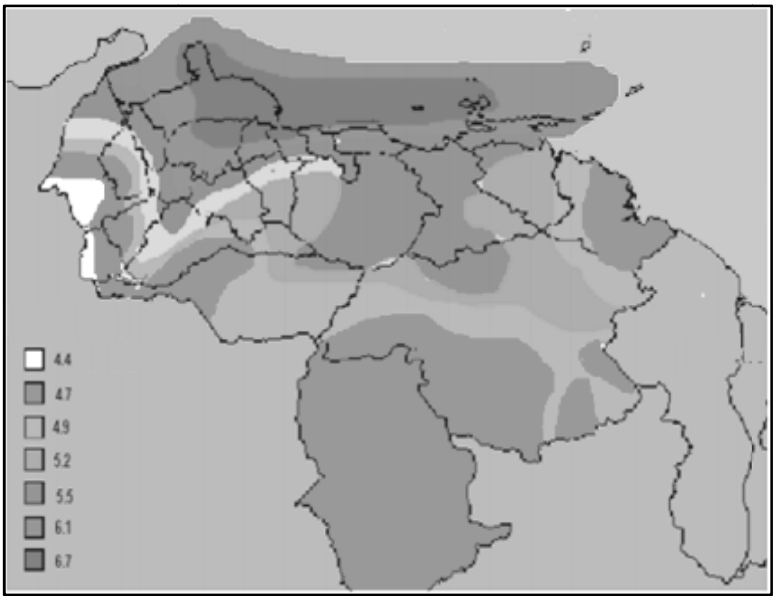


Рис. 1. Солнечная радиация в Венесуэле (кВт*ч)/м^2
Fig. 1. Solar radiation in Venezuela (kW*h)/m^2

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Возможность использования солнечной энергии в области Алта Гуахира

Типичным энергодефицитным регионом, где проблемы электроснабжения могут быть решены с помощью солнечной энергетики, является область Алта Гуахира, которая расположена в северо-западной части Венесуэлы между 11º26'53,5" и 11º51'19" северной широты и 71º19'35,0" и 72º03'00,3" западной долготы. Общая площадь области составляет 519 км^2. В Алта Гуахира среднемесячная температура колеблется от 26,9 ºС до 29,1 ºС.

Экономика области основана на сельскохозяйственном производстве и животноводстве. В настоящее время Алта Гуахира занимает в Венесуэле второе место по производству таких овощных культур, как помидоры, юкка, кукуруза, а также различных фруктов: гуава, манго, папайя, кокос и другие. Кроме того, область является крупнейшим производителем соли и поставщиком рыбы, хотя потенциал этого ресурса не используется надлежащим образом [4].

Однако Алта Гуахира – одна из областей страны, которая не получает электроэнергию от объединенной энергосистемы, и население живет практически без электричества.

В настоящее время в этой области 65 % жителей вообще не имеют доступа к электроэнергии, около 14 % снабжаются от собственных генераторов и только около 21 % подключены к электросети [4]. Поэтому проблема электроснабжения в Алта Гуахира, как и в некоторых других автономных областях стоит очень остро.

Ресурсы солнечной энергии в области Алта Гуахира

Алта Гуахира обладает значительными ресурсами солнечной энергии (рис. 2). Согласно международной базе данных "METEONORM", величина среднемесячной радиации колеблется от 3,74 ((кВт*ч)/м^2)/сут до 4,96 ((кВт*ч)/м^2)/сут. Минимальное поступление солнечной радиации приходится на период с октября по январь (3,74–4,23 ((кВт*ч)/м^2)/сут, и максимальное – на период с февраля по сентябрь (4,44–4,96 ((кВт*ч)/м^2)/сут, что позволяет эффективно использовать солнечную энергию для электроснабжения автономных и централизованных потребителей этой области с помощью фотоэлектрических установок (СФЭУ).

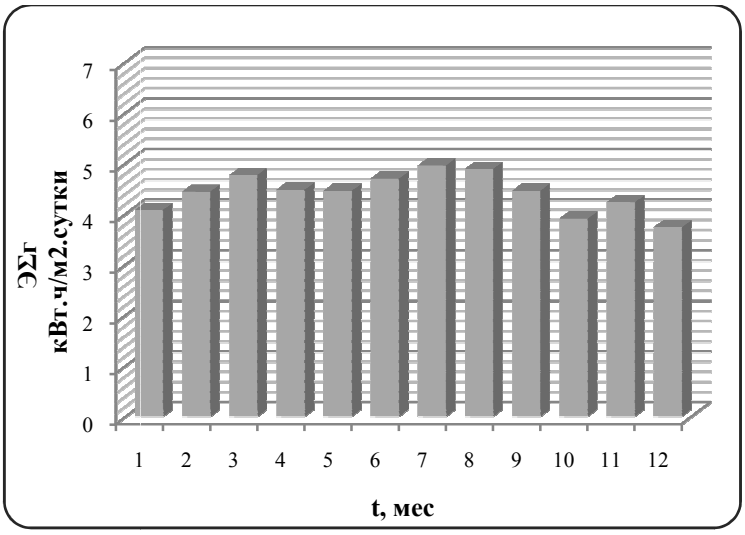


Рис. 2. Среднемесячное поступление солнечной радиации на горизонтальную площадку (БД "METEONORM")
Fig. 2. Average monthly solar radiation on horizontal surface (database "METEONORM")

Использование солнечной энергии в области Алта Гуахира

В настоящее время использование солнечных модулей для электроснабжения потребителей стремительно растет, причем на рынке солнечных модулей представлены различные типы, которые отличаются друг от друга конструкцией, технологией изготовления и материалами, из которых производятся.

При этом, помимо обычных солнечных модулей на основе кремния, все шире применяются солнечные модули с концентраторами. Особенно перспективно использование СМ с голографическими концентраторами, позволяющими отказаться от систем наведения на солнце.

Как правило, в солнечном модуле в точке максимальной мощности только 5–20 % падающей на него солнечной энергии преобразуется в электричество, остальная превращается в тепло. В результате этого эффекта в солнечные дни повышение температуры существенно влияет на характеристики солнечного

модуля, уменьшая напряжение, а следовательно, и выходную мощность. Кроме того, повышение температуры приводит к некоторым нежелательным последствиям: росту напряжения, связанному с термическим расширением, а также увеличению скорости деградации примерно в два раза на каждые 10 градусов температуры.

Рабочая температура солнечного модуля является результатом равновесия между теплом, вырабатывающимся в модуле, и теплом, уходящим в окружающую среду, – и для каждого типа солнечного модуля рассчитывается по-разному.

Влияние температуры на энергетические характеристики обычного солнечного модуля на основе кремния

С повышением температуры сила тока короткого замыкания фотоэлемента увеличивается, а напряжение холостого хода падает. Количественно влияние температуры на значение выдаваемой мощности фотоэлектрических элементов можно оценить, исследуя по отдельности зависимости силы тока и напряжения от температуры. Положим, I_o и U_o – сила тока короткого замыкания и напряжение холостого хода при температуре T, а α и β − их температурные коэффициенты (20 mu/°C и 5mu/°C). Если рабочая температура повышается на ΔT, то сила тока и напряжение меняются примерно в той же пропорции, что и сила тока короткого замыкания, и напряжение холостого хода [5].

При повышении температуры получим изменение мощности фотоэлемента:

$$N = N_o \{1 + (\alpha - \beta)\Delta T\} = N_o \{1 - 0,005\Delta T\}, \quad (1)$$

где N – мощность фотоэлемента; N_o – мощность фотоэлемента при 25ºС; ΔT – повышение температуры фотоэлемента.

Это выражение показывает, что повышение рабочей температуры фотоэлемента на 1 ºС приводит к снижению выдаваемой мощности на 0,5 %. Так как сила тока увеличивается значительно меньше, чем падает напряжение, происходит снижение мощности при более высокой температуре эксплуатации СМ.

Для расчёта температуры поверхности необходимы следующие данные: $N_{ОСТ}$ – нормальная температура эксплуатации солнечного элемента (СЭ), то есть температура фотоэлементов в модуле при температуре воздуха 20 ºС, СИ 800 Вт/м^2 и скорости ветра 1 м/с; $T_{o.c}$ – температура окружающей среды, ^{o}C; R – поступление солнечной радиации, Вт/м^2. Как видно из формулы (2), температура СМ ($T_{СМ}$) зависит от температуры окружающей среды ($T_{o.c}$) и поступления солнечной радиации (R) [6]:

$$T_{СМ} = T_{o.c} + \frac{R}{800}\left(N_{ОСТ} - 20^{o}C\right). \quad (2)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) солнечного модуля зависит от его температуры и очевиден из следующего уравнения [7,8]:

$$\eta_{СМ} = \eta_0 \left(1 - \beta(T_{СМ} - 25)\right), \quad (3)$$

где $\eta_{СМ}$ – КПД солнечного модуля, %; η_0 – КПД солнечного модуля при 25 ºС, %; $T_{СМ}$ – температура СМ, ºС; β – температурный коэффициент.

Влияние температуры на энергетические характеристики солнечного модуля с голографическим концентратором

Принципиальная схема солнечного модуля с голографическим концентратором приведена на рисунке 3.

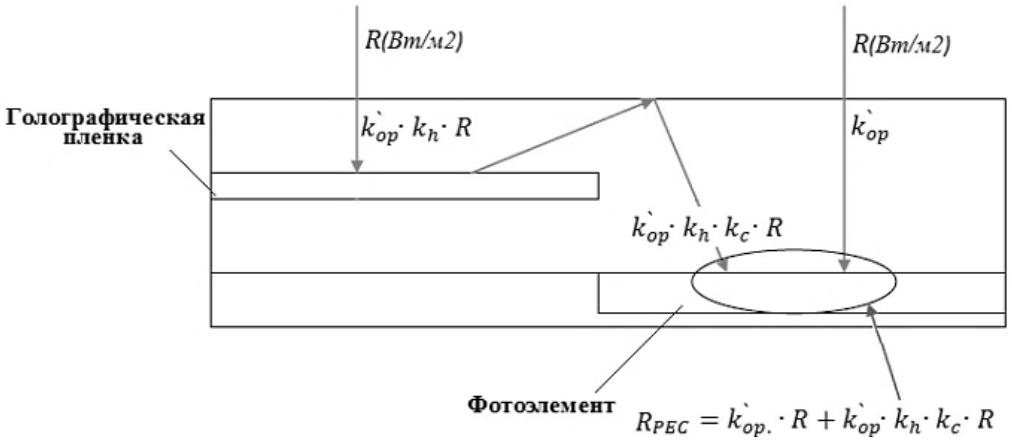


Рис. 3. Схема солнечного модуля с голографическим концентратором
Fig. 3. Scheme of the solar module with the holographic concentrator

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Интенсивность солнечной радиации, поступающей на фотоэлемент, в 6–10 раз выше естественной и определяется в соответствии с [9] по формуле (4):

$$R_{PEC} = k'_{op.} R + k'_{op.} k_h k_c R, \quad (4)$$

где R_{PEC} – поступление солнечной радиации, попадающей на поверхность СЭ, (Вт/м^2); R – поступление солнечной радиации, Вт/м^2; $k'_{op.}$ – оптический коэффициент проводимости поликарбонатного слоя; k_h – коэффициент эмиссии голографической плёнки; $k_c = \dfrac{S_{hf}}{S_{PEC}}$ – коэффициент концентрации.

Для определения рабочей температуры солнечного модуля с голографическим концентратором используется формула (5) [10,11]:

$$T_{\text{СМ}} = T_{\text{о.с}} + kR_{PEC}, \quad (5)$$

где $T_{\text{о.с}}$ – температура окружающей среды в расчетной точке, ºС; k – коэффициент, полученный экспериментальным путем; R_{PEC} – поступление солнечной радиации, попадающей на поверхность СЭ (Вт/м^2). КПД солнечного модуля с голографическим концентратором рассчитывается по формуле (3).

Расчеты производились для суток, когда максимум дневной температуры достигал 29,3 ºС, а приход солнечной радиации составлял 1,019 (кВт)/м^2. При этом рассматривались кремниевый модуль, выпускаемый фирмой Astronergy, с КПД 15,4 % и модуль фирмы AsGaSpectrolab с голографическим концентратором, имеющий следующие параметры: КПД = 19 %; S_{PEC} = 0,127 м^2; S_{hf} = 0,873 м^2; $k'_{op.}$ = 0,87; k_h = 0,97 [12,13].

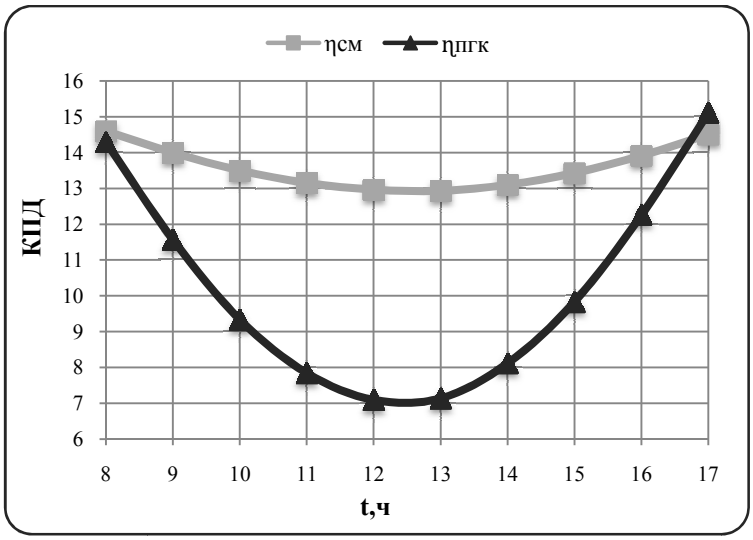


Рис. 4. Изменение КПД обычного СМ и СМ с голографическим концентратором
Fig. 4. Change of efficiency of conventional solar module and solar module with a holographic concentrator

На рисунке 4 представлены результаты расчётов, которые показывают, что в условиях климата Венесуэлы КПД кремниевых СМ может снижаться примерно на 2,47 %, в то время как КПД солнечного модуля с голографическим концентратором при максимальной температуре от оптимального КПД уменьшится на 11,9 %.

Таким образом, для условий Венесуэлы учет воздействия температуры на изменение энергетических характеристик СМ может оказать существенное влияние на экономические показатели системы солнечного энергоснабжения. Особенно это касается СМ с концентратором солнечного излучения. Одним из способов, позволяющих уменьшить отрицательное влияние повышенной температуры поверхности модуля, является использование системы водяного охлаждения.

Система водяного охлаждения для любого солнечного модуля

Солнечный модуль с водяным охлаждением представляет собой соединение солнечного модуля, расположенного сверху, и водяного коллектора, находящегося снизу. При возрастании температуры солнечного модуля эффективность его уменьшается, вода же отводит тепло от модуля, в результате чего температура понижается и, следовательно, его эффективность возрастает.

Таким образом, наличие системы водяного охлаждения позволяет снизить отрицательное влияние высокой температуры модуля, и, кроме того, получить некоторый объем подогретой воды, которая может использоваться для нужд горячего водоснабжения.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

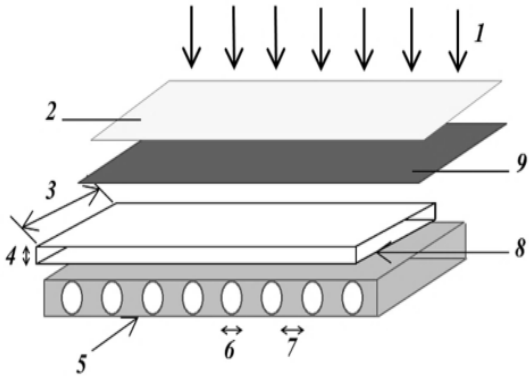


Рис 5. Схема системы охлаждения СМ:
1 – поступление солнечной радиации; 2 – стеклянное покрытие; 3 – длина трубы; 4 – толщина поглотителя; 5 – теплообменник; 6 – диаметр трубы; 7 – расстояние между трубами; 8 – поглотитель; 9 – солнечный модуль
Fig. 5. Scheme of the cooling system of the solar module:
1 – solar radiation, 2 – glass coating, 3 – tube length, 4 – absorber thickness, 5 – heat exchanger, 6 – tube diameter, 7 – distance between the tubes, 8 – absorber, 9 – solar module

На рисунке 5 представлена схема модуля с охлаждением, на которой видно, что трубы работают как теплообменник, охлаждающий солнечный модуль; между трубами теплообменника размещен поглотитель толщиной δ. Каждый из компонентов, показанных на рисунке 5, характеризуется различными параметрами: это коэффициенты поглощения $\alpha(\lambda)$, излучения $\varepsilon(\lambda)$, отражения $\rho(\lambda)$ и пропускания $\tau(\lambda)$. Они обычно связаны отношениями:

$$\rho(\lambda)+\alpha(\lambda)+\tau(\lambda)=1,$$
$$\alpha(\lambda)=\varepsilon(\lambda). \qquad (6)$$

Для определения тепловой эффективности системы охлаждения в работе используется зависимость [14–17]:

$$\eta_A = \frac{mCp}{RLW}\left(T_{\text{o.c}}-T_{\text{вх}}-\frac{q(T_{\text{o.c}})}{q'(T_{\text{o.c}})}\right)\left(1-\exp\left(\frac{q'(T_{\text{o.c}})L}{mCp}\right)\right), \qquad (7)$$

где η_A – тепловая эффективность охлаждения системы, %; m – массовый расход воды, кг/с; Cp – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·ºК; R – поступление солнечной радиации, Вт/м^2; L_m – длина трубы, м; W – расстояние между трубами, м; $T_{\text{o.c}}$ – температура окружающей среды, ºК; $T_{\text{вх}}$ – температура входящей воды, ºК; $q(T_{\text{o.c}})$ – удельная тепловая мощность, поглощаемая ребром поглотителя, Вт/м; $q'(T_{\text{o.c}})$ – производное по $T_{\text{o.c}}$ удельной тепловой мощности поглощения, Вт/м·ºК, согласно выражению (8):

$$q'(T_{\text{o.c}}) = WF'(T_{\text{o.c}})S - W\sigma\times$$
$$\times\left[F'(T_{\text{o.c}})F_R(T_{\text{o.c}})T_{\text{o.C}}^4 + F(T_{\text{o.c}})F'_R(T_{\text{o.c}})T_{\text{o.c}}^4 + 4F(T_{\text{o.c}})F_R(T_{\text{o.c}})T_{\text{o.c}}^3\right] - WU_L\left(T_{\text{o.c}}-T_{\text{o.c}}\right)F'(T_{\text{o.c}}), \qquad (8)$$

где $F(T_{\text{o.c}})$ – коэффициент эффективности поглотителя; F_R – коэффициент потерь излучения; F'_R – производная коэффициента потерь излучения; U_L – коэффициент тепловых потерь, Вт/м^2·ºК; σ – постоянная Стефана-Больцмана, 5,67·10^{-8} Вт/м^2·ºК^4; S – поглощение солнечной радиации поглотителем, Вт/м^2; $F'(T_{\text{o.c}})$ – производная коэффициента эффективности поглотителя. В свою очередь

$$F'_R\left(T_{\text{o.c}}\right) = \frac{\left(-4F_R\dfrac{W-D}{D}F_f T_{\text{oc}}^{-1}\right)}{\left(1+\dfrac{W-D}{D}\right)F_f}, \qquad (9)$$

где F_f – коэффициент эффективности ребра; D – диаметр трубы;

$$F'\left(T_{\text{o.c}}\right) = -\frac{\dfrac{D}{W}\left(1+\dfrac{W-D}{D}F_f\right)\left(\dfrac{12F_R\sigma T_{\text{o.c}}^2}{U_{AF}}\right)}{1+\left[\dfrac{U_L\left(1+\dfrac{W-D}{D}F_f+4F_R\sigma T_{\text{o.c}}^3\right)}{U_{AF}}\right]^2}, \qquad (10)$$

где U_{AF} – коэффициент теплопередачи от поглотителя к циркулирующей воде, Вт/м^2·ºК;

$$q(T) = WF(T)\left[S-F_R(T)\sigma T^4 - U_L(T-T_{\text{o.c}})\right], \qquad (11)$$

где T – температура циркулирующей воды, ºК;

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

$$F_R(T) = \frac{\left(1 + \frac{W - D}{D} F_f \frac{T_{o.c}^4}{T^4}\right)}{\left(1 + \frac{W - D}{D} F_f\right)} F_R, \quad (12)$$

$$F(T) = \frac{\frac{D}{W}\left(1 + \frac{W - D}{D} F_f\right)}{1 + \frac{\left(U_L\left(1 + \frac{W - D}{D} F_f\right) + 4F_R \sigma T^3\right)}{U_{AF}}}, \quad (13)$$

$$U_L = \frac{U'_{Aa} + \frac{W - D}{D} F_f U''_{Aa}(T_{o.c})}{\left(1 + \frac{W - D}{D} F_f\right)}, \quad (14)$$

где U'_{Aa} – коэффициент теплопотерь поглотителя, Вт/м^2·ºК;

$$F_f = \frac{\tanh\left(\omega \frac{(W - D)}{2}\right)}{\omega \frac{(W - D)}{2}}, \quad (15)$$

где U''_{Aa} – модифицированный коэффициент теплопотерь поглотителя, Вт/м^2·ºК;

$$\omega^2 = U''_{Aa}(T_a)(k\delta)^{-1}, \quad (16)$$

где k – теплопроводность поглотителя, Вт/м·ºК; δ – толщина поглотителя, м;

$$U''_{Aa}(T_a) = U'_{Aa} + 4F_R \sigma T_a^3, \quad (17)$$

$$S = \left(\{\tau_c \tau_s \alpha_A\} + \frac{U_{SA}(\{\tau_c \alpha_S\} - \eta_0)}{U_{SA} + U_{Sa} - cR}\right) R, \quad (18)$$

где U_{SA} – коэффициент теплопередачи от солнечного модуля к поглотителю, Вт/м^2·ºК; U_{Sa} – коэффициент теплопередачи от солнечного модуля в окружающую среду, Вт/м^2·ºК; c –удельная теплоемкость поглотителя, Дж/кг·ºК; η_0 – КПД солнечного модуля, %; $\varepsilon_A\alpha_A$ – коэффициент излучения и поглощения поглотителя; $\varepsilon_A\alpha_S$ – коэффициент излучения поглотителя и поглощения солнечного модуля; $\tau_C\alpha_S$ – коэффициент пропускания стеклянного покрытия и поглощения солнечного модуля; $\tau_C\alpha_S\alpha_A$ – коэффициент пропускания стеклянного покрытия, поглощения солнечного модуля и поглощения поглотителя;

$$F_R = \left(\{\varepsilon_A \bar{\alpha}_A\} - \frac{U_{SA}\{\varepsilon_A \alpha_S\}}{U_{SA} + U_{Sa} - cR}\right), \quad (19)$$

где α_S – коэффициент поглощения солнечного модуля;

$$U'_{Aa} = U_{Aa} + \frac{U_{SA}(U_{Sa} - cR)}{U_{SA} + U_{Sa} - cR}. \quad (20)$$

С зависимостями (7)–(20) при известной конструкции и технических параметрах системы охлаждения можно рассчитать эффективность, ее использование, а также выявить, какие параметры оказывают наиболее заметное влияние на режим работы системы охлаждения.

Анализ изменения различных параметров обычного солнечного модуля с водяным охлаждением

Основными параметрами, которые влияют на работу системы охлаждения солнечного модуля, являются: диаметр трубы, массовый расход воды, поступление солнечной радиации, температура входящей воды, температура окружающей среды и длина трубы.

Для определения степени влияния перечисленных параметров был проведен параметрический анализ эффективности охлаждения солнечного модуля. Расчеты проводились по зависимостям (7)–(20) в соответствии с параметрами системы охлаждения СМ, приведенной в [15]: $\{\tau_C\alpha_S\}$ = 0,7; $\{\varepsilon_A\alpha_A\}$ = 0,1; $\{\tau_c t_s \alpha_A\}$ = 0,15; $\{\varepsilon_A\alpha_S\}$ = 0,05; c = 5·10^{-4}; U_{Aa}= 1 Вт/м^2·ºК; U_{AF} = 200 Вт/м^2·ºК; U_{SA} = 100 Вт/м^2·ºК; U_{Sa} = 6 Вт/м^2·ºК; k = 385 Вт/м·ºК (для меди); Cp = 4 200 Дж/кг·ºК; δ = 5·10^{-4} м.

С целью определения эффективности модуля были проанализированы различные системные параметры, в частности, диаметр трубы, массовый расход воды и поступление солнечной радиации как наиболее важные. Варьирование этих параметров приводит к различным изменениям теплового КПД.

Анализ результатов показывает, что при изменении диаметра трубы с 0,01м до 0,07м тепловая эффективность увеличивается с 47 % до 60,81 %, а при колебании массового расхода воды с 3·10^{-5}кг/с до 0,1 кг/с – с 52,58 % до 60,90 %. При изменении поступления солнечной радиации с 200 Вт/м^2 до 1 100 Вт/м^2 тепловая эффективность увеличивается с 52,35 % до 61,69 %. При повышении температуры входящей воды с 287 ºК до 315 ºК эффективность снижается с 60,99 % до 60,18 %, а при повышении температуры окружающей среды с 287 ºК до 315 ºК – с 61 % до 60,70 %. В случае изменения длины трубы с 1,5 м до 2 м эффективность также незначительно снижается с 60,82 % до 60,79 %.

Результаты расчетов показали, что наибольшее влияние имеют следующие параметры: массовый расход, диаметр трубы и поступление солнечной радиации, то есть при увеличении этих параметров тепловой КПД существенно повышается. Все вышепе-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

речисленные условия могут быть использованы для оптимального применения системы охлаждения солнечного модуля.

Приведенный анализ показал, что оптимальными параметрами теплообменника обычного солнечного модуля являются: m – массовый расход воды, $3 \cdot 10^{-4}$ кг/с; W – расстояние между соседними трубами, 0,1 м; $L_т$ – длина трубы, 1,64 м; $T_{вх}$ – температура входящей воды, 287 ºК; D – диаметр трубы, 0,07 м. Для солнечного модуля с голографическим концентратором наиболее оптимальными являются следующие параметры: m – массовый расход воды, $3 \cdot 10^{-3}$ кг/с; W– расстояние между трубами, 0,21 м; $L_т$ – длина трубы, 0,88 м; $T_{вх}$ – температура входящей воды, 287 ºК; D – диаметр трубы, 0,07 м.

Таким образом, применение системы охлаждения позволяет в часы наиболее высокой температуры избежать снижения КПД на 8,43 % для модулей с голографическим концентратором и на 2,5 % для обычного кремниевого модуля.

На рисунке 6 показано, что $\eta_{СМ(ОХЛ)}$ СМ с водяным охлаждением в 12^{00} час составляет 15,49 %, а КПД СМ с голографическим концентратом 15,46 %. Кроме того, применение водяного охлаждения солнечных модулей позволяет получить достаточный для нужд автономного потребителя объём горячей воды, что дает возможность либо сократить расходы на горячую воду, либо вообще отказаться от системы горячего водоснабжения.

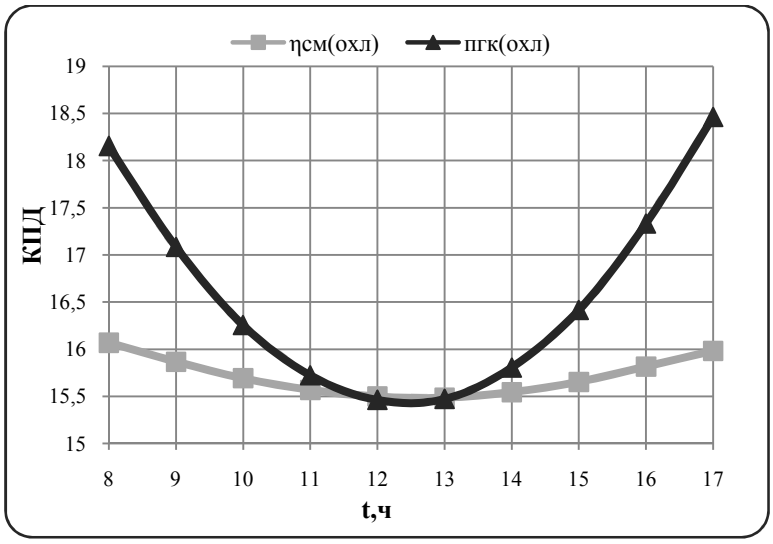


Рис. 6. Изменение КПД обычного СМ и СМ с голографическим концентратором с системой водяного охлаждения
Fig. 6. Change of efficiency of conventional solar module and solar module with a holographic concentrator with water cooling system

Заключение

Использование фотоэлектрических модулей в странах с жарким климатом ведет к снижению эффективности их эксплуатации вследствие значительного снижения КПД из-за повышения температуры поверхности модуля.

Это изменение КПД СМ должно учитываться в расчетах объектов солнечной энергетики. Отрицательное влияние высокой температуры воздуха, свойственное территории Венесуэлы, может быть частично компенсировано системой водяного охлаждения солнечных модулей. При этом снижение КПД не будет превышать 0,58 % для обычных СМ и 2,69 % для модулей с голографическими концентраторами. Решение о целесообразности применения СМ с системой охлаждения должно приниматься на основе финансово-экономического анализа с учетом конкретных условий создания схемы энергоснабжения автономного потребителя.

Список литературы

1. OPEC. Annual Statistical Bulletin, 2014. Сайт доступа: http://www.opec.org/.

2. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012.

3. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico. http://www.fundelec.gov.ve/.

4. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Octubre 2013. http://www.ine.gov.ve.

5. Patel M.R. Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation. New York, USA Taylor & Francis, 2006.

6. Jakhrani A.Q., Othman A.K., Rigit A.R.H. and Samo S.R. Comparison of Solar Photovoltaic Module Temperature Models // World Applied Sciences Journal. 2011. No 14. P. 1–18.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

7. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations // Solar Energy. 2009. Vol. 83. No. 5. P. 614–624.

8. Kalogirou S.A., Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press, New York, 2009.

9. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator // 1st International Symposium on electrical Arc and Thermal Plasma in Africa. 17–22 October, 2011.

10. Castillo J.E., Russo J.M., Aspnes E., and Rosenberg G. Low concentration planar holographic cigs, in Optics for Solar Energy // OSA Technical Digest. 2010. Paper STuD3.

11. Castillo-Aguilella J.E. Non imaging applications of volume diffractive optics, PhD thesis, Department of electrical and computer engineering, the university of Arizona, USA 2012.

12. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Modelling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration // Electrical Engineering Research (EER). April 2013. Vol. 1. Issue 2. P. 35–41.

13. PrismSolar компании производителей плоских голографических концентраторов. [Электронный ресурс] http://prismsolar.com/.

14. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, MSc thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Scotland; 2001.

15. Bergene T. and Lovvik O.M. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cell // Solar Energy. 1995.Vol. 55, No. 6. P. 453–462.

16. Croitoru A.M., Badea A. Water cooling of photovoltaic panels from passive house located inside the University Politehnica of Bucharest // Scientific bulletin. Series C: electrical engineering and computer science. 2013. Vol. 75. P. 277–290.

17. Tripanagnostopoulos Y., Nousia Th., Souliotis M. and Yianoulis P. Hybrid photovoltaic/thermal solar systems, Solar Energy. 2002. No 72(3). P. 217–234.

References

1. OPEC. Annual Statistical Bulletin, 2014. Available at: http://www.opec.org/ (in Eng.).

2. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012 (in Span.).

3. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico. Available at: http://www.fundelec.gov.ve/ (in Span.).

4. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Octubre 2013. Available at: http://www.ine.gov.ve (in Span.).

5. Patel M.R. Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation. New York, USA Taylor & Francis, 2006 (in Eng.).

6. Jakhrani A.Q., Othman A.K., Rigit A.R.H. and Samo S.R. Comparison of Solar Photovoltaic Module Temperature Models. *World Applied Sciences Journal*, 2011, no. 14, pp. 1–18 (in Eng.).

7. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations. *Solar Energy*, 2009, vol. 83, no. 5, pp. 614–624 (in Eng.).

8. Kalogirou S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press, New York, 2009 (in Eng.).

9. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator. *1st International Symposium on electrical Arc and Thermal Plasma in Africa*, 17-22 October 2011 (in Eng.).

10. Castillo J.E., Russo J.M., Aspnes E., and Rosenberg G. Low concentration planar holographic cigs, in Optics for Solar Energy. *OSA Technical Digest*, 2010, paper STuD3 (in Eng.).

11. Castillo-Aguilella J.E. Non imaging applications of volume diffractive optics, PhD thesis, Department of electrical and computer engineering, the university of Arizona, USA 2012 (in Eng.).

12. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Modelling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration. *Electrical Engineering Research (EER)*, April 2013, vol. 1, issue 2, pp. 35–41 (in Eng.).

13. Prism Solar kompani i proizvoditelej ploskih golografičeskih koncentratorov. Available at: http://prismsolar.com/ (in Russ.).

14. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, MSc thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland; 2001 (in Eng.).

15. Bergene T. and Lovvik O.M. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cell. *Solar Energy*, 1995, vol. 55, no. 6, pp. 453–462 (in Eng.).

16. Croitoru A.M., Badea A. Water cooling of photovoltaic panels from passive house located inside the University Politehnica of Bucharest. *Scientific bulletin, series C: electrical engineering and computer science*, 2013, vol. 75, pp. 277–290 (in Eng.).

17. Tripanagnostopoulos Y., Nousia Th., Souliotis M. and Yianoulis P. Hybrid photovoltaic/thermal solar systems, *Solar Energy, 2*002, no. 72(3), pp. 217–234 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 30.04.15. Ред. рег. № 2253 The article has entered in publishing office 30.04.15. Ed. reg. No. 2253

УДК 621.311.26

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ВЕНЕСУЭЛЕ

В.А. Кузнецова[1], Р.В. Пугачев[1], М.Е. Росендо Чакон[1,2], А.С. Лопес Сааб[1,2]

[1]ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51; e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2]Национальный экспериментальный политехнический университет
национальных вооруженных сил
Венесуэла 02101, Маракай, ул. Маракай-Марияра
тел.: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.004

Заключение совета рецензентов: 12.05.15 Заключение совета экспертов: 19.05.15 Принято к публикации: 27.05.15

В связи с принятой в Венесуэле государственной программой развития электроснабжения на базе солнечной энергии анализируются графики электрической нагрузки различных потребителей в зависимости от уровня их жизни, приводятся параметры элементов схем теплоснабжения и электроснабжения на основе использования солнечной энергии. Подчеркивается важность задачи энергоснабжения автономных потребителей в удаленных районах Венесуэлы. Производится сравнение технических параметров схем энергоснабжения при использовании различных типов солнечных модулей для условий области Алта Гуахира в Боливарианской Республике Венесуэла. Рассматривается использование вакуумных солнечных коллекторов для горячего водоснабжения потребителей.

Ключевые слова: солнечный модуль, схема энергоснабжения, автономный потребитель.

POSSIBILITIES OF THE SOLAR ENERGY USE FOR THE POWER SUPPLY OF INDEPENDENT CONSUMERS IN VENEZUELA

V.A. Kuznetsova[1], R.V. Pugachev[1], M.E. Rosendo Chacon[1,2], A.C. Lopez Saab[1,2]

[1]National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: +7(495)362-72-51, e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2]Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional
Vieja Maracay-Mariara St., Maracay, 02101 Venezuela
ph.: +58(243)554-64-21, e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

Referred 12 May 2015 Received in revised form 19 May 2015 Accepted 27 May 2015

The paper analyzes the schedules of the electric load to the different consumers depending on their level of life, and the parameters of the elements of heat and power supply based on schemes of the solar energy use concerning the adopted Venezuela's government program of development of power supply on the basis of solar energy. In addition, it stresses the importance of a problem of power supply of independent consumers in remote areas of Venezuela. Moreover the paper presents a comparison of the technical parameters of schemes of power supply using different types of solar modules for the conditions of the Alta Guajira area in the Bolivarian Republic of Venezuela and examines the use of vacuum solar collectors for hot water supply consumers.

Keywords: solar module, scheme of power supply, independent consumer.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Валентина Андреевна Кузнецова
Valentina A. Kuznetsova

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1972).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика, гидроэнергетика.

Публикации: более 60.

Information about the author: senior lecturer of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1972).

Research area: renewable energy, solar and wind energy, hydropower.

Publications: more than 60.



Роман Викторович Пугачев
Roman V. Pugachev

Сведения об авторе: доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1999).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии.

Публикации: 40.

Information about the author: professor of the "Hydropower and Renewable Energy" Department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1999).

Research area: renewable energy.

Publications: 40.



Милица Елена Росендо Чакон
Militza E. Rosendo Chacon

Сведения об авторе: аспирантка кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.



Андрес С. Лопес Сааб
Andres C. Lopez Saab

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

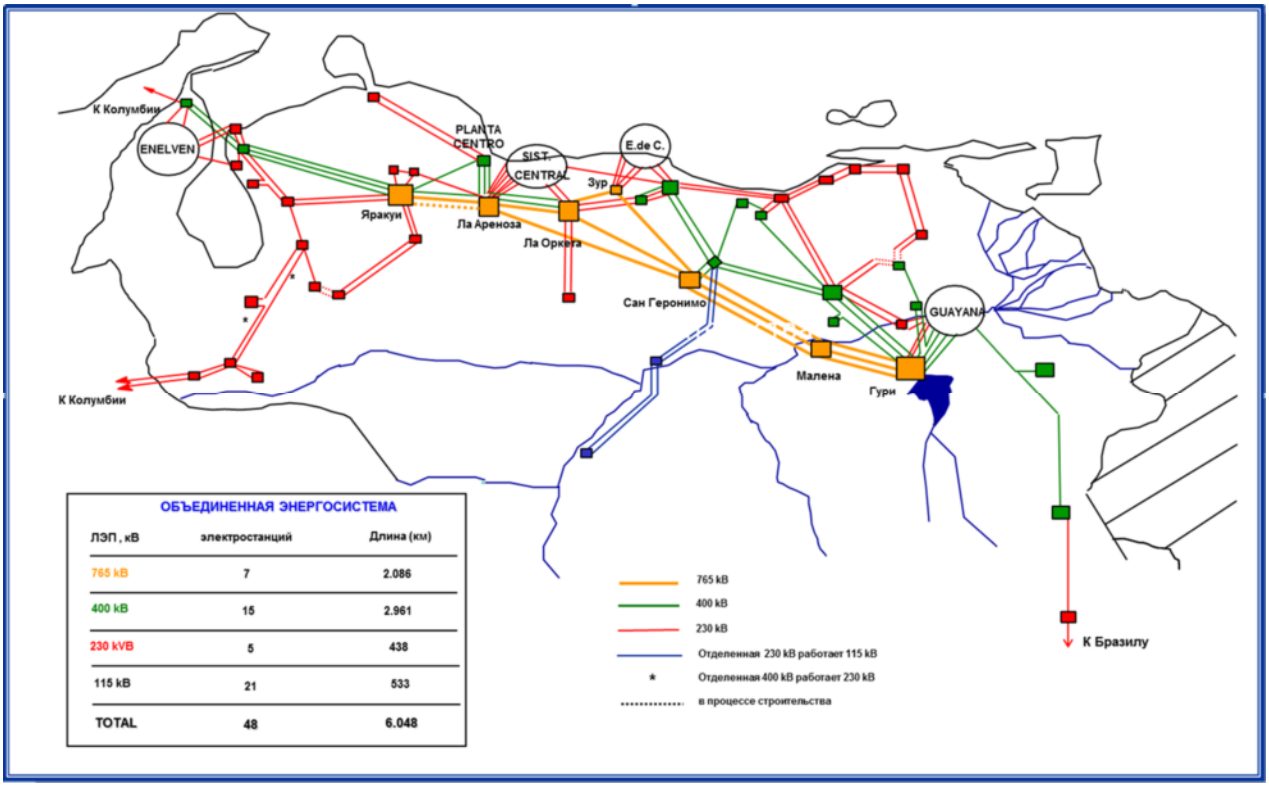
Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Энергоснабжение автономных изолированных от электрических сетей сельских жителей – одна из главных проблем развивающихся стран. В настоящее время объединенная энергосистема Венесуэлы не покрывает всю территорию страны (рис. 1). Существуют районы, которые не получают электроэнергию от объединенной энергосистемы, и население которых практически не имеет доступа к электричеству (313 057 человек). В некоторых районах сельские жители сами производят электричество, используя дизельные генераторы, однако не все могут себе это позволить, а строительство линий электропередачи в регионах со сложными географическими и климатическими условиями обходится очень дорого. В связи с этим сегодня особое внимание уделяется освоению солнечной энергетики [1,2].



ОБЪЕДИНЕННАЯ ЭНЕРГОСИСТЕМА

ЛЭП, кВ	электростанций	Длина (км)
765 kB	7	2.086
400 kB	15	2.961
230 kVB	5	438
115 kB	21	533
TOTAL	48	6.048

Рис. 1. Схема объединенной электроэнергетической системы Венесуэлы
Fig. 1. Scheme of the electric power transmission system of Venezuela

Развитие солнечной энергетики в мире идет быстрыми темпами: так, в 2013 году было установлено 39 Гвт фотоэлектрических мощностей, в итоге суммарная мощность всех фотоэлектрических установок составила в 139 Гвт. В настоящее время в Венесуэле, несмотря на значительные ресурсы, использование солнечной энергии очень невелико. В стране существует программа развития солнечной энергетики, которая включает, в частности, обеспечение электроэнергией автономных потребителей в удаленных районах. В ходе реализации этой программы учитываются не только потребности различных районов в электроэнергии, но и возможности софинасирования государственной программы жителями региона. В данной работе на примере области Алта Гуахира рассмотрены характерные группы автономных потребителей, структура и параметры схем энергоснабжения.

Для электроснабжения автономных потребителей этой области предполагается применять как обычные солнечные модули (СМ) на основе кремния, так и солнечные модули с голографическим концентратором. Учитывая экваториальное положение страны и весьма высокие дневные температуры, можно ожидать существенного снижения энергоотдачи кремниевых фотоэлектрических модулей. Поэтому при оценке финансовой эффективности проектов энергоснабжения на базе фотоэлектричества важно учитывать влияние температуры воздуха на энергоотдачу. Использование водяного охлаждения моду-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

лей позволит уменьшить отрицательное влияние высокой температуры, хотя и приведёт к некоторому увеличению стоимости системы энергоснабжения.

Доминирующий климат в этой области – сухой и полусухой – характеризуется высокой температурой воздуха в течение всего года. Средняя температура колеблется от 26,9 ºС до 29,1 ºС; интенсивность дождя колеблется между 200 и 600 мм; среднее годовое испарение превышает 1 800 мм из-за сильной дневной интенсивности солнечного излучения (10,2 час и 11,2 час) и низкой облачности. Даже в сезон дождей осадков выпадает недостаточно, но существует еще сухой сезон, который продолжается с декабря по апрель. Эти климатические характеристики объясняются географическим положением области.

В настоящее время только около 21 % жителей этой области подключены к электросети, около 14 % снабжаются от собственных генераторов, а 65 % вообще не обеспечиваются электроэнергий, поэтому проблема электроснабжения автономных областей, в том числе Алта Гуахира, стоит очень остро.

Потребности в электроэнергии во многом зависят от категории дома, в котором проживает население: 67 % имеют большие дома, остальные 33 % – маленькие. В соответствии с этим для определения количества солнечных модулей рассматриваются два типа потребителей [3,4].

Электрическая нагрузка автономного потребителя

График нагрузки потребителя определяется набором электроприборов в доме, который связан со стилем жизни и зависит от таких факторов, как доходы семьи, привычные условии жизни, стремление и возможность приобретения современных электрических приборов, размер дома.

Анализ информации об условиях жизни в области Алта Гуахира показал, что уровень потребления относительно невелик: большую часть населения составляют семьи со средним и низким доходом. Эти две группы населения были приняты за типовые при оценке энергопотребления.

Семьи со средним доходом используют такие электроприборы, как холодильник, микроволновая печь, утюг, блендер и кондиционер и имеют, как правило, большие дома (130,5 м^2). Ежедневное потребление электроэнергии этой категорией составляет 33,2 кВт/ч (рис. 2).

Ежедневное потребление электроэнергии семьями с низким доходом очень невелико, так как электричество необходимо им для обеспечения минимальных потребностей в электроприборах, таких как холодильник, лампы, вентилятор и радио. Семьи этой категории имеют маленькие дома (72 м^2), следовательно, их нагрузка тоже очень низкая. Таким образом, ежедневное потребление энергии семьями с низким доходом составляет 16,8 кВт/ч (рис. 2).

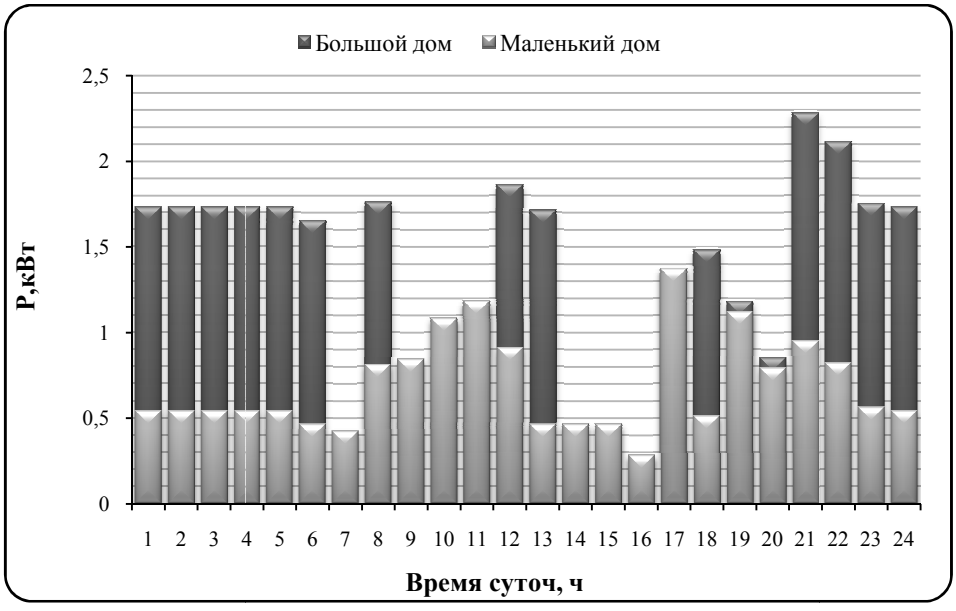


Рис. 2. Суточный график электрической нагрузки для выходного дня
Fig. 2. Schedule of the daily electrical load for the weekend

Так как нагрузка кондиционеров и вентиляторов составляет существенную долю потребления, а температура воздуха в течение года изменяется мало, графики нагрузки потребителя можно принять постоянными для всего расчетного периода.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

В связи с тем, что разница в потреблении электроэнергии в будний и выходной день составляет менее 17 %, представленный график нагрузки был принят одинаковым для всех дней года.

Тепловая нагрузка автономного потребителя

Рассматриваемая схема энергоснабжения базировалась на установках, использующих возобновляемые источники энергии: фотоэлектрические модули, солнечные коллекторы. В качестве источника электрической энергии рассматривались фотоэлектрические модули, для обеспечения горячего водоснабжения рассматривались вакуумные солнечные коллекторы.

Предложенная система разработана для решения проблемы горячего водоснабжения каждого дома этой области. Исходя из того, что потребление горячей воды в течение года стабильно, а температура практически не изменяется, был предложен постоянный ежедневный профиль тепловой нагрузки на целый год для всех домов.

Средний расход теплоты на горячее водоснабжение (ГВС) за *j*-й час определяется по формуле:

$$Q_{\text{г.в}\,j} = q_j n_{\text{чел}} \left(t_{\text{г.в}} - t_{\text{х.в}}\right) \rho C_p , \qquad (1)$$

где $Q_{\text{г.в}\,j}$ – тепловая нагрузка на ГВС, кВт/ч; q_j – расход горячей воды одним человеком в час, л/чел-час; $n_{\text{чел}}$ – количество проживающих в доме человек, 5; ρ – плотность воды, равная 1 кг/л; $t_{\text{г.в}}$ – температура горячей воды 55 ºС; $t_{\text{х.в}}$ – температура холодной воды, 14ºС; C_p – удельная изобарная теплоемкость воды, C_p = 4 190 Дж/ (кг·ºС) = 1,164 Вт·ч/(кг·ºС).

На рисунке 3 представлены данные о количестве необходимой энергии для горячего водоснабжения.

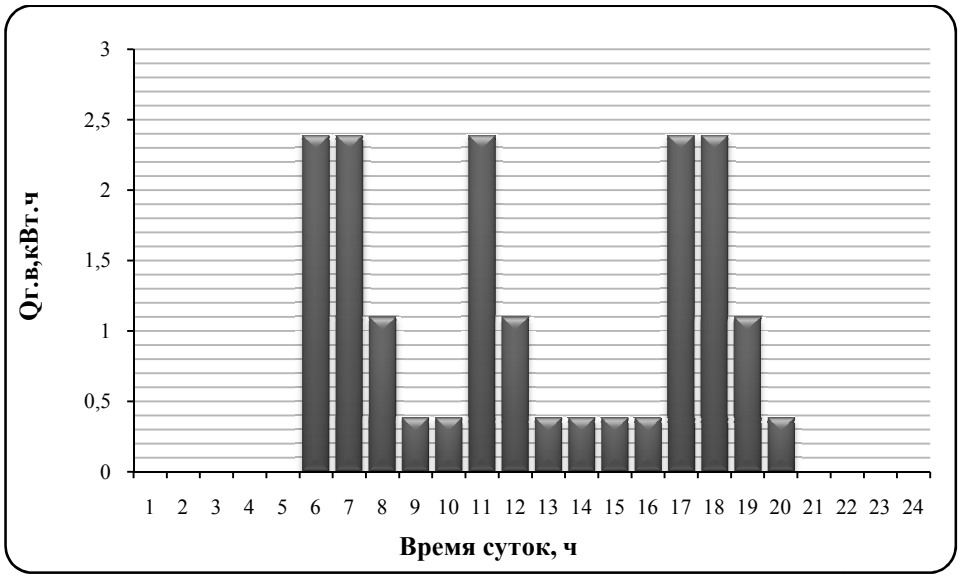


Рис. 3. Суточный график тепловой нагрузки для выходного дня
Fig. 3. Schedule of the daily heat load for the weekend

Схема системы автономного электроснабжения

Энергоснабжение автономного потребителя предполагается осуществлять следующим образом: электрическая нагрузка частично или полностью обеспечивается за счет фотоэлектрических батарей, при этом рассматриваются солнечные модули различных типов, наличие или отсутствие системы охлаждения. В качестве дополнительного или резервного источника электроэнергии используется бензиновый или дизельный генератор.

Горячее водоснабжение обеспечивается частично или полностью за счет использования вакуумных солнечных коллекторов. В качестве дополнительного источника горячей воды выступает нагреватель. Также рассматривается возможность утилизации тепла, полученного жидкостью в системе охлаждения СМ, для получения горячей воды.

Система автономного электроснабжения (САЭС) должна включать следующие функциональные элементы:

- ✓ Солнечная фотоэлектрическая установка (СФЭУ) для производства электрической энергии.
- ✓ Вакуумные солнечные коллекторы (ВСК) для обеспечения горячего водоснабжения.
- ✓ Аккумуляторные батареи (АБ) для хранения выработанной энергии и обеспечения потребителя в ночные часы или пасмурные дни.
- ✓ Инвертор – прибор преобразования постоянного тока, вырабатываемого СФЭУ, в переменный, который требуется потребителю.
- ✓ Контроллер – устройство обеспечения корректного функционирования аккумуляторной батареи (режимы заряд/разряд).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

✓ Резервный источник энергии – бензиновый или дизельный двигатель-генератор (бензиновая электроустановка, БЭУ).

✓ Электронагреватель – дополнительное обеспечение горячего водоснабжения.

Целесообразно использовать вариант схемы соединения элементов в САЭС, представленный на рис. 4. В рассматриваемой структурной схеме СФЭУ подключена к контроллеру заряда аккумуляторных батарей. Конструкция контроллера позволяет передавать вырабатываемые СФЭУ мощности непосредственно на инвертор, минуя АБ. В случае избытка или недостатка в системе вырабатываемой мощности контроллер осуществляет заряд или разряд аккумуляторных батарей.

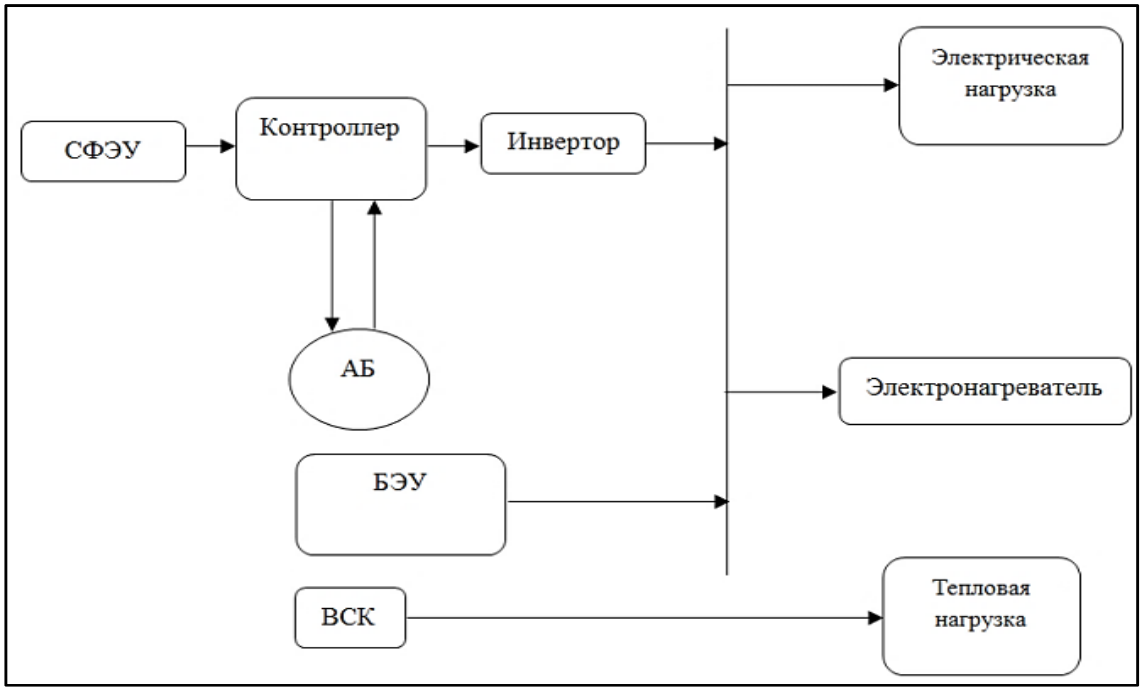


Рис. 4. Схема системы автономного электроснабжения на базе солнечных модулей
Fig. 4. Scheme of the autonomous power supply system based on solar modules

АБ и обычные генераторы на традиционном топливе являются еще одним важным компонентом системы. АБ необходимы для хранения избыточной энергии, полученной в периоды высокого производства солнечной энергии и для обеспечения нагрузки в период низкого производства. Бензиновый или дизельный генератор используется в периоды, когда приходящей и запасенной в АБ солнечной энергии недостаточно для питания потребителя или в случае временной неисправности отдельных элементов системы [5].

Модели элементов системы автономного теплоснабжения и электроснабжения

Выходная мощность вакуумного коллектора, Вт, описывается уравнением

$$N_{CKJ}^{T} = A\left(\eta_0 R_{J\Sigma}^{\beta} - a_1 \Delta T - a_2 \Delta T^2\right), \qquad (2)$$

где A – площадь апертуры, м^2; η_0 – оптический коэффициент полезного действия без учёта потерь тепла, т.е. при равенстве максимально достижимой температуры нагрева жидкости T_m и температуры окружающей среды T_a; $R_{J\Sigma}^{\beta}$ – интенсивность суммарного солнечного излучения в плоскости коллектора, Вт/м^2; a_1 – коэффициент тепловых потерь при температуре рабочей жидкости, приведенной к температуре окружающей среды, Вт/м^2·ºК; a_2 – температурная зависимость коэффициента тепловых потерь, Вт/м^2·ºК^2; ΔT – разница температур между средней температурой рабочей жидкости в коллекторе (T_T) и температурой окружающей среды (T_a), ºК.

$$T_T = \frac{\left(T_{out} + T_{in}\right)}{2}, \qquad (3)$$

где T_{in} – температура холодной рабочей жидкости на входе в коллектор, ºК; T_{out} – температура горячей рабочей жидкости на выходе из коллектора, ºК.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

В работе рассматривался коллектор типа ВСК, имеющий следующие параметры: η_0 = 67,99 %; a_1 = 1,696 Вт/м^2.ºК; a_2 = 0,0099 Вт/м^2·ºК^2; A = 1,876 м^2.

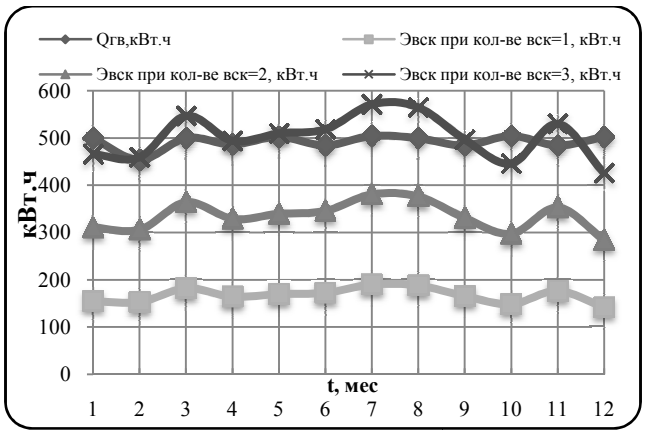


Рис. 5. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различных коллекторов и необходимая энергия $Q_{ГВС}$
Fig. 5. Annual load of consumers using various collectors and necessary energy for heat load

Из представленных данных видно, что в течение года для выработки около 70 % тепловой энергии достаточно двух ВСК, а 3 ВСК полностью обеспечивают потребности в горячей воде. На рисунке 5 представлена выработка коллекторов и необходимая энергия $Q_{ГВС}$ в течение года [6].

Для определения электрической мощности, вырабатываемой СФЭУ, используется формула:

$$Э_{СФЭУ} = Э_{уд} n F_м n_м, \quad (4)$$

где $Э_{СФЭУ}$ – энергия, получаемая от солнечных модулей, Вт·ч; $Э_{уд}$ – удельное поступление солнечной радиации на приемную площадку, Вт·ч/м^2; n – количество солнечных модулей, шт; $F_м$ – площадь одного солнечного модуля, м^2; $\eta_м$ – коэффициент полезного действия солнечного модуля, % [7–10]. В качестве фотоэлектрической солнечной установки рассматривались: кремниевый модуль, выпускаемый фирмой Astronergy, с КПД 15,4% и модуль фирмы AsGaSpectrolab с голографическим концентратором, имеющий следующие параметры: КПД = 19 % , S_{PEC} = 0,127 м^2, S_{hf} = 0,873 м^2, $k'_{op.}$ = 0,87, k_h = 0,97.

На рисунках 6–9 представлено потребление и различное количество солнечных модулей на основе кремния без системы охлаждения и с ней в течение года.

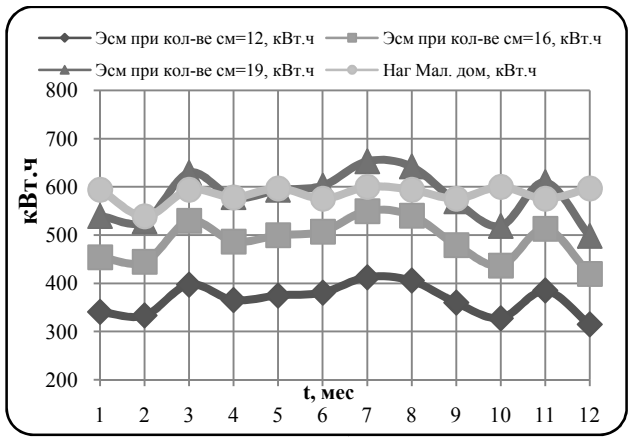


Рис. 6. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей без системы охлаждения в маленьком доме
Fig. 6. Annual load of consumers using different numbers of solar modules without the cooling system in a small house

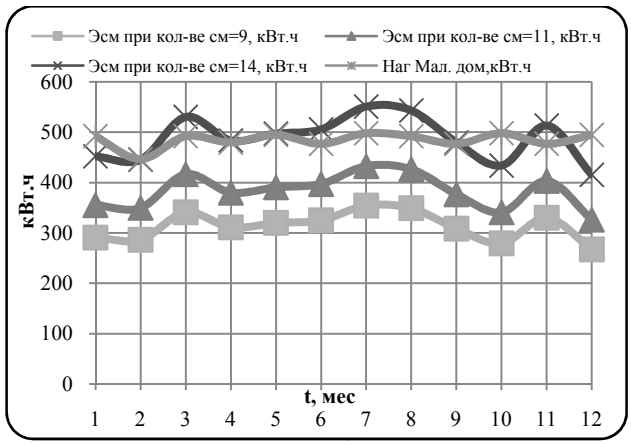


Рис. 7. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с системой охлаждения в маленьком доме
Fig. 7. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with the cooling system in a small house

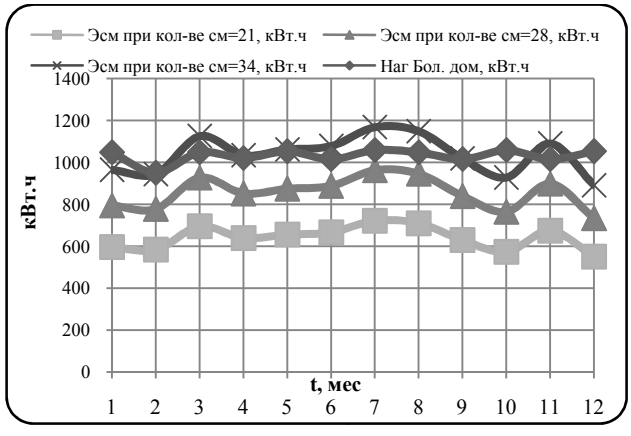


Рис. 8. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей без системы охлаждения в большом доме
Fig. 8. Annual load of consumers using different numbers of solar modules without the cooling system in a big house

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

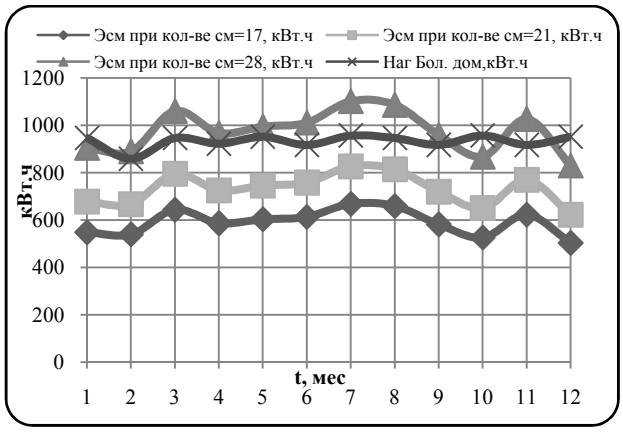


Рис. 9. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с системой охлаждения в большом доме
Fig. 9. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with the cooling system in a big house

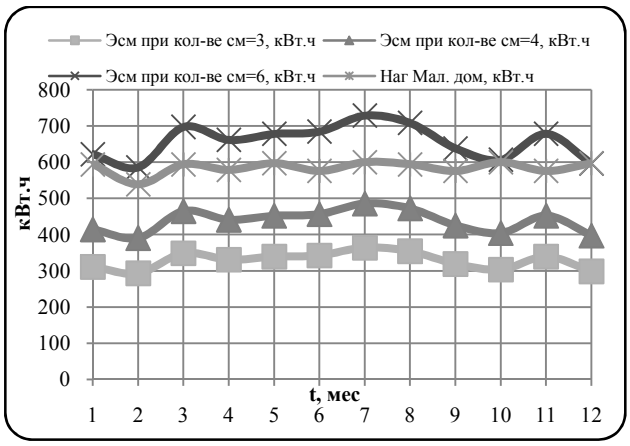


Рис. 10. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором без системы охлаждения в маленьком доме
Fig. 10. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator without the cooling system in a small house

Для определения электрической мощности, вырабатываемой СМ с голографическим концентратором, используется формула (5):

$$Э_{ПГК} = \eta_{PEC} R_{PEC} n, \quad (5)$$

$$R_{PEC} = k'_{op.} R + k'_{op.} k_h k_c R, \quad (6)$$

где $Э_{ПГК}$ – энергия, получаемая от СМ с голографическим концентратором, Вт·ч; η_{PEC} – коэффициент полезного действия солнечного фотоэлемента (СЭ), %; R_{PEC} – поступление солнечной радиации, попадающей на поверхность СЭ, (Вт/м^2); n – количество СМ с голографическим концентратором, шт; R – поступление солнечной радиации, Вт/м^2; $k'_{op.}$ – оптический коэффициент проводимости поликарбонатного слоя; k_h – коэффициент эмиссии голографической плёнки; $k_c = \frac{S_{hf}}{S_{PEC}}$ – коэффициент концентрации [11–14].

На рисунках 10–13 представлено потребление в течение года и различное количество солнечных модулей с голографическим концентратором без системы охлаждения и с данной системой.

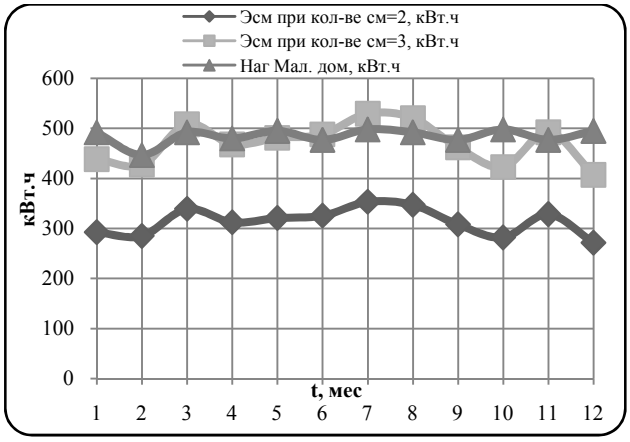


Рис. 11. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором с системой охлаждения в маленьком доме
Fig. 11. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator with the cooling system in a small house

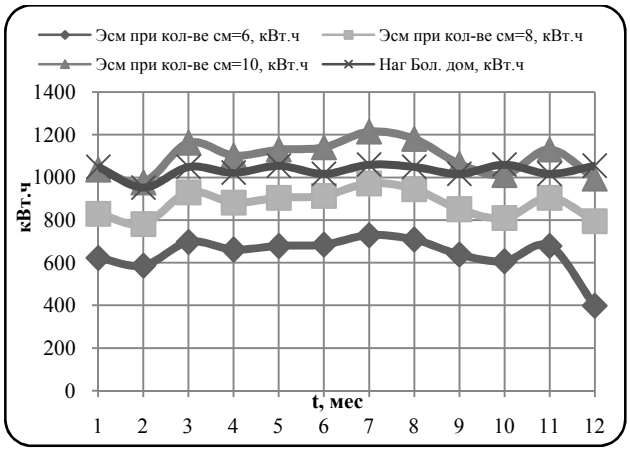


Рис. 12. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором без системы охлаждения в большом доме
Fig. 12. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator without the cooling system in a big house

Рис. 12.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

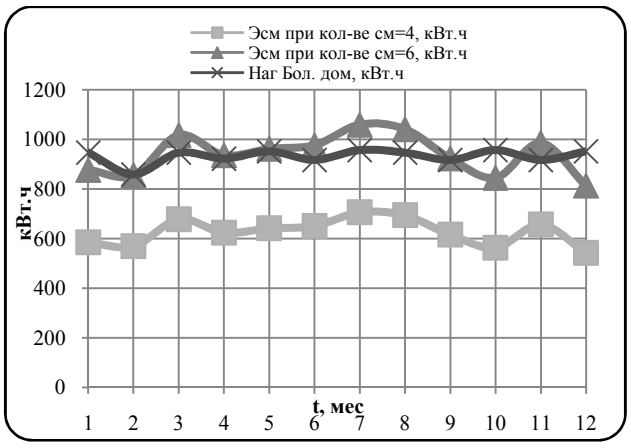


Рис. 13. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором с системой охлаждения в большом доме
Fig. 13. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator with the cooling system in a big house

Анализ результатов

Проведенный анализ показал, что наличие системы охлаждения обычных солнечных модулей обеспечивает покрытие электрической нагрузки с меньшим числом СМ, а именно, в расчетном случае в маленьком доме количество СМ уменьшается с 19 до 14 шт (26,31 %) (см. рис. 6 и 7). Кроме того, не нужен нагреватель для системы ГВС, потому что температура на выходе СМ составляет 40,2 ºС, и объем воды достаточен. В большом доме 34 СМ без охлаждения и 28 шт с системой охлаждения полностью обеспечивают нагрузку (см. рис. 8 и 9).

Установка 6 шт СМ с голографическим концентратором без охлаждения покрывает 112,27 % нагрузки в маленьком доме, а с системой охлаждения количество их уменьшается до 3 шт. В большом доме количество СМ с голографическим концентратором уменьшается с 10 до 6 шт. Кроме того, не нужен нагреватель для системы ГВС, так как температура на выходе СМ составляет 35,41 ºС, и объем воды достаточен (см. рис. 10 до 13).

Заключение

На базе проведенных исследований, можно сделать вывод о значительном улучшении энергетических характеристик СМ с использованием голографического концентратора с системой охлаждения. Однако окончательный вывод о целесообразности её установки можно сделать на основе технико-экономического расчета.

Список литературы

1. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012.

2. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico. www.fundelec.gov.ve/.

3. Instituto Nacional de Estadísticas. Informe Geoambiental 2007 estado Zulia, Junio 2010.

4. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Octubre 2013. http://www.ine.gov.ve.

5. Kaldellis J., Kavadias K., Zafirakis D. Experimental validation of the optimum photovoltaic panels' tilt angle for remote consumers // Renewable Energy. 2012. Vol. 46, Issue C. P. 179–191.

6. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А, Малинин Н.К. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов. Москва: Издательстводом МЭИ, 2008.

7. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, MSc thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Scotland, 2001.

8. Bergene T. and Lovvik O.M. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cell // Solar Energy. 1995. Vol. 55, No. 6. P. 453–462.

9. Croitoru A.M., Badea A. Water cooling of photovoltaic panels from passive house located inside the University Politehnica of Bucharest // Scientific bulletin. Series C: electrical engineering and computer science. 2013. Vol. 75.

10. Tripanagnostopoulos Y., Nousia Th., Souliotis M. and Yianoulis P. Hybrid photovoltaic/thermal solar systems. Solar Energy.2002. No 72(3). P. 217–234.

11. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator. 1st International Symposium on electrical Arc and Thermal Plasma in Africa, 17–22 October, 2011.

12. Castillo J.E., Russo J.M., Aspnes E. and Rosenberg G. Low concentration planar holographic cigs, in Optics for Solar Energy // OSA Technical Digest.2010. Paper STuD3.

13. Castillo-Aguilella J.E. Non imaging applications of volume diffractive optics, PhD thesis, Department of electrical and computer engineering, the university of Arizona, USA, 2012.

14. Iurevych O., Gubin S., Dudeck, M.Modelling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration // Electrical Engineering Research (EER). April 2013. Volume 1. Issue 2.

References

1. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012 (in Span.).

2. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico. Available at: http://www.fundelec.gov.ve/ (in Span.).

3. Instituto Nacional de Estadísticas. Informe Geoambiental 2007 estado Zulia, Junio 2010 (in Span.).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

4. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Octubre 2013. Available at: http://www.ine.gov.ve (in Span.).

5. Kaldellis J., Kavadias K., Zafirakis D. Experimental validation of the optimum photovoltaic panels' tilt angle for remote consumers. *Renewable Energy*, 2012, vol. 46, issue C, pp. 179–191 (in Eng.).

6. Vissarionov V.I., Deryugina G.V., Kuznetcova V.A, Malinin N.K. Solnečnaâ ènergetika: učebnoe posobie dlâ vuzov. Moscow: Izdatel'stvo dom MÈI Publ., 2008.

7. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, MSc thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Scotland, 2001(in Eng.).

8. Bergene T. and. Lovvik O.M. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cell. *Solar Energy*, 1995, vol. 55, no. 6, pp. 453–462 (in Eng.).

9. Croitoru A.M., Badea A. Water cooling of photovoltaic panels from passive house located inside the University Politehnica of Bucharest. *Scientific bulletin, series C: electrical engineering and computer science*, 2013, vol. 75 (in Eng.).

10. Tripanagnostopoulos Y., Nousia Th., Souliotis M. and Yianoulis P. Hybrid photovoltaic/thermal solar systems, *Solar Energy, 2*002, no. 72(3), pp. 217–234 (in Eng.).

11. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator. *1st International Symposium on electrical Arc and Thermal Plasma in Africa*, 17–22 October 2011 (in Eng.).

12. Castillo J.E., Russo J.M., Aspnes E., and Rosenberg G. Low concentration planar holographic cigs, in Optics for Solar Energy. *OSA Technical Digest*, 2010, paper STuD3 (in Eng.).

13. Castillo-Aguilella J.E. Non imaging applications of volume diffractive optics, Ph.D thesis, Department of electrical and computer engineering, the university of Arizona, USA, 2012. (in Eng.).

14. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Modelling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration. *Electrical Engineering Research (EER)*, April 2013, vol. 1, issue 2 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995

Преподаватели кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ



Виссарионов Владимир Иванович

25.07.1939–14.04.2014

Родился в г. Молога (Ярославской обл.). Окончил Ленинградский политехнический институт (ЛПИ) им. М.И. Калинина по специальности «Гидроэнергетические установки (1962) и аспирантуру при институте. С 1987 г. по 2004 г. зав. кафедрой «Гидроэнергетика».

Направления научной деятельности: теория и методы обоснования параметров и режимов работы энергетических установок и комплексов на базе возобновляемых источников энергии; экологические и экономические аспекты использования возобновляемых источников энергии.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 29.04.15. Ред. рег. № 2250 The article has entered in publishing office 29.04.15. Ed. reg. No. 2250

УДК620.91

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

А.В. Матвеев, С.Е. Щеклеин, В.М. Пахалуев

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
РФ 620002, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
тел.: (343) 375-95-08; e-mail: a.v.matveev@urfu.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.005

Заключение совета рецензентов: 12.05.15 Заключение совета экспертов: 19.05.15 Принято к публикации: 27.05.15

В статье описана модель расчета производительности плоского солнечного коллектора с естественной циркуляцией теплоносителя в зависимости от основных конструктивных, теплотехнических и климатологических параметров. Выполнена оценка энергетической и эксергетической эффективности данной системы для условий Уральского региона. Предложенная методика может использоваться для количественной и качественной оценки выработки энергии и эксергии плоским солнечным коллектором с естественной циркуляцией теплоносителя на основе общедоступных данных для любого региона.

Ключевые слова: плоский солнечный коллектор, естественная циркуляция теплоносителя, солнечная радиация, энергетическая производительность, эксергетическая производительность.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

METHOD FOR DETERMINING OF CAPACITY OF FLAT-PLATE SOLAR COLLECTOR WITH NATURAL CIRCULATION OF HEAT-TRANSFER FLUID IN THE URAL REGION

A.V. Matveev, S.E. Shcheklein, V.M. Pahaluev

Ural Federal University named after first President of Russia B.N. Yeltsin
19 Mir Str., Yekaterinburg, 620002 Russian Federation
ph.: (343) 375-95-08; e-mail: a.v.matveev@urfu.ru

Referred 12 May 2015 Received in revised form 19 May 2015 Accepted 27 May 2015

The article describes a model for calculating capacity of a flat-plate solar collector with natural circulation of heat-transfer fluid, depending on the basic constructive, thermal and climatological parameters. This article estimates energy and exergy efficiency of the system for the conditions of the Ural region as well. The proposed method can be used for quantitative and qualitative assessment of power and exergy generation by the flat-plate solar collector with natural circulation of heat-transfer fluid on the basis of publicly available data for any region.

Keywords: flat-plate solar collector, natural circulation of heat-transfer fluid, solar radiation, energy capacity, exergy capacity.



Матвеев Андрей Валентинович
Andrey V. Matveev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».

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

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

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

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

Information about the author: PhD (engineering), associate professor of Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, “Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources” department.

Education: Ural State Technical University with a degree in engineering, “Alternative and Renewable Sources of Energy” (2004).

Awards and scientific awards: certificate of merit of the Ministry of Energy and Housing and Utilities of the Sverdlovsk region for their active work with students to improve energy efficiency and the development of new energy sources (2011).

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

Publications: more than 25, including 5 in peer-reviewed journals.



Пахалуев Валерий Максимович
Valery M. Pahaluev

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»; Действительный член Международной АН о природе и обществе.

Образование: Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ) (1961).

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

Область научных интересов: исследования теплофизических и физико-химических процессов в теплоэнергетике и металлургической теплотехнике, разработка физических основ нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Публикации: более 90, в том числе 1 монография.

Information about the author: DSc (engineering), professor of Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, “Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources” department; a member of International A.S. of Nature and Society.

Education: Ural State Technical University (1961).

Awards and scientific awards: certificate of merit of the Ministry of Energy and Housing and Utilities of the Sverdlovsk region for many years of hard work on the training for energy companies in the country (2011).

Research area: analysis of thermophysical and physical and chemical processes in thermoenergetics and metallurgy heat engineering; development of physical basis for the alternative and renewable power sources.

Publications: more than 90, including 1 monograph.

International Publishing House for scientific periodicals “Space”
Международный издательский дом научной периодики “Спейс”



Щеклеин Сергей Евгеньевич
Sergey Ye. Shcheclein

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

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

Награды и научные премии: Заслуженный энергетик Российской Федерации, действительный член Международной энергетической академии; национальная экологическая премия им. В.И. Вернадского; медаль «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

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

Публикации: более 350, в том числе 2 монографии, 20 изобретений.

Information about the author: DSc (engineering), professor, Head of "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources" department of Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin.

Education: Ural State Technical University (1972).

Awards and scientific awards: Honored Power Engineer of the Russian Federation, Member of the International Energy Academy; National Environmental Prize V.I. Vernadsky; Medal "Veteran of Nuclear Energy and Industry".

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.

Publications: more than 350, including 2 monographs, 20 inventions.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Простейший и наиболее дешевый способ использования солнечной энергии – нагрев воды для бытовых нужд в плоских солнечных коллекторах (СК), работающих на термосифонном эффекте. Гелиоустановки подобного типа содержат непосредственно коллектор солнечной энергии, бак-аккумулятор горячей воды, подъемную и опускную трубы. Установки просты в изготовлении и эксплуатации и являются саморегулирующимися системами, причем управляющий параметр в таких системах – расход циркулирующей жидкости, который определяется интенсивностью падающего солнечного излучения, а также теплотехническими и гидравлическими характеристиками всех ее элементов.

Выработка энергии солнечным коллектором напрямую зависит от его географического положения, обуславливающего приход солнечной энергии и возможный период эксплуатации коллектора в течение года. Россия имеет большую территорию с климатом, меняющимся в широких пределах. Очевидно, что с наибольшей эффективностью солнечные коллекторы можно применять в южных районах, поскольку там наблюдается наибольший приход энергии в течение года. В более северных регионах, например в Свердловской области, в летний период среднесуточная интенсивность солнечной радиации находиться на уровне 250 Вт/м^2, достигая пиковых значений в полдень при ясном небе 800÷1 000 Вт/м^2, что вполне достаточно для успешной работы водонагревательной системы. Свои ограничения на использование систем солнечного теплоснабжения (ССТ) накладывает температурный режим местности, определяющий период времени, в течение которого можно использовать солнечные коллекторы. Если ССТ функционирует по одноконтурной схеме с водным теплоносителем, то рекомендуется прекращать работу установки при температуре окружающей среды +3 °С, чтобы избежать возможности ее замерзания. Поэтому на территориях с относительно холодным климатом следует использовать ССТ, работающие по двухконтурной схеме, когда в первом контуре солнечного коллектора рабочим телом является жидкость с низкой температурой замерзания (антифриз, тосол, раствор этиленгликоля). Применение данной схемы позволяет увеличить продолжительность эксплуатации солнечного коллектора в течение года за счет межсезонных периодов, когда по ночам наблюдаются отрицательные температуры окружающей среды при положительных ее значениях в дневное время.

Теоретическая часть

При выборе систем солнечного теплоснабжения необходимо оценить не только энергетические возможности солнечной радиации в данной местности, но и энергетическую производительность данного типа коллектора. В качестве базовой конструкции был выбран СК производства ОАО "Каменск-Уральский металлургический завод", гидравлические и теплотехнические характеристики которого определялись как на лабораторном стенде, так и в условиях натурных испытаний в районе Свердловской области. Поглощающая панель данного коллектора изготовлена из коррозионностойкого алюминиевого сплава методом диффузионно-прокатной сварки двух листов толщиной 2,5 мм с последующим раздутием каналов. Габаритная площадь составляет

1,62 м^2, суммарное сечение каналов эллипсоидального профиля (10х30 мм) для прохода теплоносителя равно 0,002 м^2, коллектор имеет одинарное остекление. В результате проведенных исследований были получены основные гидравлические и теплотехнические характеристики СК, зависимости, определяющие суточное изменение интенсивности солнечного излучения, приходящего на поверхность коллектора, и суточное изменение КПД коллектора, что позволило сформулировать математическую модель работы солнечного коллектора с естественной циркуляцией теплоносителя [1–4].

Для расчета годовой выработки тепловой энергии коллектором необходимо оценить приход солнечной радиации на плоскость СК за этот период. Ввиду того, что солнечные коллекторы чаще всего имеют фиксированное положение под некоторым углом к направлению распространения солнечных лучей, приход солнечной радиации на плоскость коллектора можно определить, пользуясь методикой изложенной в [3, 4], по формуле:

$$Q_{\text{приход}}^{\text{день}} = \\ = q_{\max} \int_{\tau_{\text{восх}}}^{\tau_{\text{зак}}} \exp\left[-18,6\left(\frac{\tau_{\max}}{T_{\text{с}}}\right)^2 \cdot \left(1-\frac{\tau}{\tau_{\max}}\right)^2\right] d\tau, \qquad (1)$$

где $q_{\max}$ – максимальное значение интенсивности солнечной радиации, приходящей на плоскость коллектора в течение светового дня; $\tau_{\text{восх}}$, $\tau_{\text{зак}}$ – время восхода и время заката солнца; $\tau_{\max}$ – полдень по истинному солнечному времени; $T_{\text{с}}$ – продолжительность солнечного сияния в течение дня; τ – фактическое местное декретное время.

При проведении расчетов в качестве значения максимальной интенсивности солнечной радиации $q_{\max}$, приходящей на поверхность коллектора за день, берется сумма значений прямой и рассеянной радиации за 12 ч 30 мин по истинному солнечному времени по данным [5, 6], обработанным по методике [7, 8], которая учитывает склонение солнца, часовой угол, географическое положение и наклон поверхности СК. Этот выбор обусловлен тем, что данный срок (12 ч 30 мин) наиболее близок к полудню по истинному солнечному времени, когда интенсивность солнечной радиации максимальна (время $\tau_{\max}$), а коллектор наиболее эффективно ориентирован на солнце. Продолжительность солнечного сияния $T_{\text{с}}$, время восхода $\tau_{\text{восх}}$ и время заката $\tau_{\text{зак}}$ солнца рассчитываются по методике, предложенной в [8], для любого дня года.

Полученное выражение (1) можно проинтегрировать с использованием интеграла вероятности:

$$\Phi^*(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t} e^{-0,5t^2} dt. \qquad (2)$$

Для этого необходимо ввести новую переменную интегрирования

$$t = \sqrt{37,2} \cdot \left(\frac{\tau_{\max}}{T_{\text{с}}}\right) \cdot \left(1-\frac{\tau}{\tau_{\max}}\right), \qquad (3)$$

что позволяет записать решение (1) в виде:

$$Q_{\text{приход}} = q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{18,6}} \cdot T_{\text{с}} \cdot \left[\Phi^*(t_2) - \Phi^*(t_1)\right], \qquad (4)$$

где $\Phi^*(t_1)$ и $\Phi^*(t_2)$ – табличные значения интегралов вероятности, зависящие от текущего промежутка времени интегрирования.

При выборе $\tau/\tau_{\max}$ от 0,5 до 1,5, что отвечает граничным значениям эффективности работы СК при $q \geq 0,05$ кВт/м^2, приход солнечной радиации определяется следующим образом:

$$Q_{\text{приход}}^{\text{день}} = 0,987 \cdot q_{\max} \sqrt{\frac{\pi}{18,6}} \cdot T_{\text{с}}. \qquad (5)$$

В справочниках по климату [5, 6] обычно приводятся годовые и месячные суммарные значения радиации для условий ясного неба и средней облачности, а также количество дней с различными условиями облачности для каждого месяца. С учетом этих данных и зависимости (1) суммарная энергия солнечного излучения, приходящая на единицу поверхности солнечного коллектора за месяц, находится как:

$$Q_{\text{прих}}^{\text{месяц}} = Q_{\text{прих}}^{\text{ясн день}} (N_{\text{мес}} - N_{\text{обл}}) + Q_{\text{прих}}^{\text{обл день}} N_{\text{обл}}, \qquad (6)$$

где $Q_{\text{прих}}^{\text{ясн день}}$ и $Q_{\text{прих}}^{\text{обл день}}$ – значения суммарной радиации, приходящей на поверхность солнечного коллектора за средний день месяца, которые рассчитываются по (1) для условий ясного неба и средних условий облачности; $N_{\text{мес}}$ – количество дней в месяце; $N_{\text{обл}}$ – среднее число пасмурных дней по общей облачности за данный месяц [5, 6]. Расчет по среднему дню месяца обеспечивает достаточную точность (с погрешностью менее 10 %). На рис. 1 приведено изменение суммарной радиации, приходящей на плоскость СК, обращенного на юг под углом наклона, который равен широте местности, за каждый месяц в течение года, и рассчитанное по формуле (6) с использованием данных метеостанции в г. Верхнее Дуброво (Свердловская область, окрестности г. Екатеринбурга).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

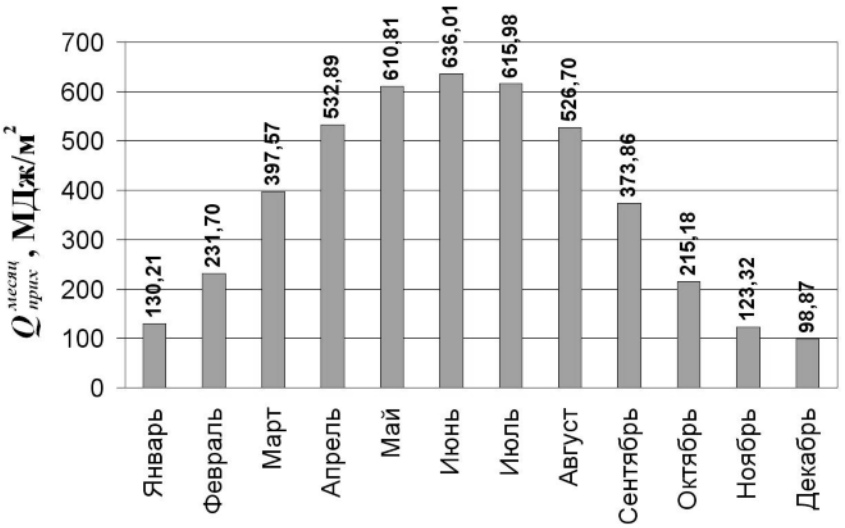


Рис. 1. Изменение суммы солнечной радиации, приходящей на плоскость СК, за каждый месяц в течение года (г. Верхнее Дуброво [5, 6])
Fig. 1. The changes in the total radiation falling on the solar collector plane for each month during the year (Verhnee Dubrovo [5, 6])

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Для оценки энергетической производительности солнечного коллектора в расчетах, помимо суточного изменения прихода радиации, необходимо учитывать и суточное изменение КПД солнечного коллектора. Принимая во внимание полученные в ходе проведения экспериментов соотношения [3, 4], энергетическую производительность солнечного коллектора за сутки в режиме естественной циркуляции можно определить по формуле:

$$Q_{СК}^{день} = q_{max}\eta_{max}F_к\int_{\tau_{восх}}^{\tau_{зак}}\exp\left[-18,6\left(\frac{\tau_{max}}{T_с}\right)^2\cdot\left(1-\frac{\tau}{\tau_{max}}\right)^2-2,2\left(1,2-\frac{\tau}{\tau_{max}}\right)^2\right]d\tau, \quad (7)$$

где η_{max} – максимальный КПД, достигаемый СК за день; $F_к$ – площадь солнечного коллектора. Выражение (7) можно проинтегрировать с использованием интеграла вероятности (2) и теоремы о среднем значении η/η_{max} при $\tau/\tau_{max} = 1,2$, в результате чего получим:

$$Q_{СК}^{день} = 0,903\sqrt{\frac{\pi}{18,6}}q_{max}\eta_{max}F_к T_с. \quad (8)$$

Расчет производительности солнечного коллектора за месяц осуществлялся с учетом количества пасмурных дней $N_{обл}$ по формуле:

$$Q_{СК}^{месяц} = Q_{СК}^{ясн\ день}(N_{мес}-N_{обл})+Q_{СК}^{обл\ день}N_{обл}, \quad (9)$$

где $Q_{СК}^{ясн\ день}$ и $Q_{СК}^{обл\ день}$ – производительность солнечного коллектора за средний день месяца для условий ясного неба и условий облачности.

Для оценки эффективности работы солнечного коллектора необходимо оценить качество вырабатываемой им энергии. Для этого определялась эксергия теплоты, производимой солнечным коллектором, по формуле:

$$E_{СК} = Q_{СК}\cdot\left[1-\frac{T_0}{T_{бак}(\tau)}\right], \quad (10)$$

где $Q_{СК}$ – энергия, которая вырабатывается солнечным коллектором и определяется по соотношению (9); T_0 – температура окружающей среды; $T_{бак}(\tau)$ – температура теплоносителя в баке-аккумуляторе.

Для того чтобы определить температуру теплоносителя в баке-аккумуляторе $T_{бак}$, было составлено уравнение теплового баланса:

$$c_p\rho V_{бак}\frac{d(T_{бак}(\tau)-T_0)}{d(\tau/\tau_{max})} = Q_{СК}-kF_{бак}(T_{бак}(\tau)-T_0), \quad (11)$$

где c_p, ρ – теплоемкость и плотность теплоносителя; $V_{бак}$, $F_{бак}$ – объем и площадь поверхности бака-аккумулятора; k – коэффициент теплопередачи. В формуле (11) не учтены потери энергии через трубопроводы, поскольку их величина незначительна и составляет менее 1% от производительности солнечного коллектора.

Из уравнения (11) было получено выражение

$$T_{\text{бак}}(\tau) = T_0 + (c_p \rho V_{\text{бак}})^{-1} \times \\ \times \exp\left(-\frac{kF_{\text{бак}}}{c_p \rho V_{\text{бак}}} \cdot \tau_{\max} \cdot \left[\frac{\tau}{\tau_{\max}} - 0,5 \right] \right) \cdot Q_{\text{СК}} \quad . \qquad (12)$$

Относительная погрешность определения температуры воды в баке-аккумуляторе по сравнению с результатами испытаний солнечного коллектора в натурных условиях составляла не более 7 %.

На рис. 2 приведены результаты расчетов производства энергии солнечным коллектором, работающим в режиме естественной циркуляции, по формуле (9) и данным [5, 6] для метеостанции в г. Верхнее Дуброво, а также выработка эксергии, рассчитанная по формулам (10) и (12) с применением методики, аналогичной методике (9) для определения производства энергии. При расчетах эксергии за температуру окружающей среды бралась среднемесячная температура по данным [9], а в качестве бака-аккумулятора – емкость диаметром 0,4 м, и высотой 0,67 м.

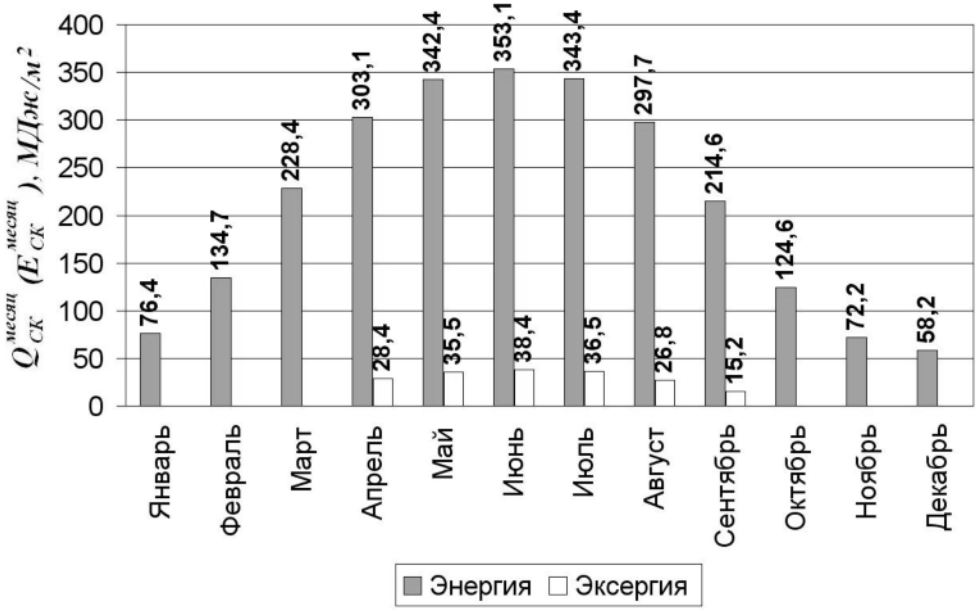


Рис. 2. Изменение производства энергии и эксергии солнечным коллектором в течение года (г. Верхнее Дуброво [5, 6])
Fig. 2. Changes in the production of energy and exergy by solar collector during the year (Verhnee Dubrovo [5, 6])

Заключение

Основываясь на результатах проведенных экспериментов и выполненных расчетов можно сделать следующий вывод: приход солнечной энергии в условиях Уральского региона достаточен для того, чтобы обеспечить работу систем горячего водоснабжения с естественной циркуляцией теплоносителя для покрытия нагрузки горячего водоснабжения небольших потребителей в летний период. Как видно на рис. 2, эксергетическая производительность установки составляет 8–10 % от ее энергетической производительности. Это вызвано относительно низкой температурой нагрева воды в баке-аккумуляторе (до 60–80 °С) за один цикл, т.е. за сутки, что значительно снижает качество вырабатываемой коллектором энергии, но достаточно для использования теплоносителя в быту на нужды горячего водоснабжения.

Приведенная в работе схема определения энергетической и эксергетической производительности одноконтурной водонагревательной установки позволяет производить вычисления за различные периоды времени (день, месяц, год) и в зависимости от географического положения установки. В расчетах используются достаточно простые выражения для суточных изменений интенсивности солнечного излучения и КПД коллектора, а также общедоступные справочные данные по климату РФ.

Список литературы:

1. Матвеев А.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Применение искусственного освещения при теплотехнических испытаниях солнечных коллекторов // Энергосбережение: состояние и перспективы: Труды VIII Всероссийского совещания-выставки по энергосбережению. Екатеринбург, 20–21 марта 2007 г. Екатеринбург: ООО «РИА «Энерго-Пресс», 2007. С. 110–112.

2. Матвеев А.В., Щеклеин С.Е. Особенности ис-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

пользования солнечного коллектора в Уральской климатической зоне. Сборник научных трудов: Перспективные энергетические технологии. Экология. Экономика, безопасность и подготовка кадров. Екатеринбург, 2006. С. 150–153.

3. Матвеев А.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Модель расхода теплоносителя солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции // Энергосбережение: состояние и перспективы: Труды VIII Всероссийского совещания-выставки по энергосбережению, Екатеринбург, 20–21 марта 2007 г., Екатеринбург: ООО «РИА «Энерго-Пресс», 2007. С. 112–113.

4. Матвеев А.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Работа солнечного коллектора в режиме естественной циркуляции теплоносителя // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE), 2007. № 4. С. 147–150.

5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: многолетние данные, части 1–6. Выпуск 9: Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области, Башкирская АССР. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. 557 с.

6. Справочник по климату СССР. Выпуск 9: Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1966.

7. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А., Виссарионов В.А., Евдокимов В.М., Малинин Н.К., Огородов Н.В., Пузаков В.Н., Сидоренко Г.И., Шпак А.А. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб: Наука, 2002. 314 с.

8. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кривенкова С.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.Г. Расчет ресурсов солнечной энергетики. Учебное пособие. М.: издательство МЭИ, 1998. 59 с.

9. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

References

1. Matveev A.V., Pahaluev V.M., Shcheklein S.E. Primenenie iskusstvennogo osveŝeniâ pri teplotehničeskih ispytaniâh solnečnyh kollektorov. *Ènergosbereženie: sostoânie i perspektivy: Trudy VIII Vserossijskogo soveŝaniâ-vystavki po ènergosbereženiû*, Yekaterinburg, 20–21 March 2007, Yekaterinburg: OOO «RIA «Ènergo-Press» Publ., 2007, pp. 110–112 (in Russ.).

2. Matveev A.V., Shcheklein S.E. Osobennosti ispol'zovaniâ solnečnogo kollektora v Ural'skoj klimatičeskoj zone. Collection of scientific papers: Perspektivnye ènergetičeskie tehnologii. Èkologiâ. Èkonomika, bezopasnost' i podgotovka kadrov. Yekaterinburg: 2006, pp. 150–153 (in Russ.).

3. Matveev A.V., Pahaluev V.M., Shcheklein S.E. Model' rashoda teplonositelâ solneč-nogo kollektora v režime estestvennoj cirkulâcii. *Ènergosbereženie: sostoânie i perspektivy: Trudy VIII Vserossijskogo soveŝaniâ-vystavki po ènergosbereženiû*, Yekaterinburg, 20–21 March 2007, Yekaterinburg: OOO «RIA «Ènergo-Press» Publ., 2007, pp. 112–113 (in Russ.).

4. Matveev A.V., Pahaluev V.M., Shcheklein S.E. Rabota solnečnogo kollektora v reži-me estestvennoj cirkulâcii teplonositelâ. International Scientific Journal "Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ" (ISJAEE), 2007, no. 4, pp. 147–150 (in Russ.).

5. Handbook of Research and Applied USSR Climate. Chapter 3: mnogoletnie dannye; parts 1–6, issue 9: Permskaâ, Sverdlovskaâ, Čelâbinskaâ, Kurganskaâ oblasti, Baškirskaâ ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1990. 557 p. (in Russ.).

6. USSR climate handbook, issue 9: Permskaâ, Sverdlovskaâ, Čelâbinskaâ, Kur-ganskaâ oblasti i Baškirskaâ ASSR. Solnečnaâ radiaciâ, radiacionnyj balans i solnečnoe siânie. Leningrad: Gidrometeorologičeskoe izdatel'stvo Publ., 1966 (in Russ.).

7. Bezrukih P.P., Arbuzov Yu.D., Borisov G.A., Vissarionov V.A., Evdokimov V.M., Malinin N.K., Ogorodov N.V., Puzakov V.N., Sidorenko G.I., Shpak A.A. Resursy i èffektivnost' ispol'zovaniâ vozobnovlâemyh istočnikov ènergii v Rossii. SPb: Nauka, 2002, 314 p. (in Russ.).

8. Vissarionov V.I., Deryugina G.V., Krivenkova S.V., Kuznetsova V.A., Malinin N.G. Rasčet resursov solnečnoj ènergetiki. Učebnoe posobie, Moscow: izdatel'stvo MÈI Publ., 1998, 59 p. (in Russ.).

9. SNiP 23-01-99 «Stroitel'naâ klimatologiâ» (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 18.03.15. Ред. рег. № 2200 The article has entered in publishing office 18.03.15. Ed. reg. No. 2200

УДК 621.311.26

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

А.Г. Васьков, Г.В. Дерюгина, М.Г. Тягунов, Д.А. Чернов

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51; e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.006

Заключение совета рецензентов: 02.04.15 Заключение совета экспертов: 29.04.15 Принято к публикации: 05.05.15

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Анализируются модели вертикального профиля ветра на территории Дальневосточного федерального округа (ДФО), полученные по данным фактических наблюдений на площадках 7-ми ветроизмерительных комплексов (ВИК), и приводится их сопоставление с моделями вертикального профиля, полученными авторами по многолетним данным на площадках аэрологических метеостанций (АМС).

На примере ветроэлетростанции (ВЭС), входящей в состав локальной энергосистемы (ЛоЭС) села Новиково Сахалинской области, показана степень влияния точности определения коэффициента Хеллмана вертикального профиля ветра на ветроэнергетические характеристики и режимы работы ЛоЭС.

Ключевые слова: ветроэлектрическая установка, ветроэлектрическая станция, вертикальный профиль ветра, коэффициент Хеллмана, распределённая энергосистема.

RESEARCH OF WIND SPEED PROFILE MODELS AT THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT, RUSSIAN FEDERATION

A.G. Vaskov, G.V. Derugina, M.G. Tyagunov, D.A. Chernov

National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: +7(495)362-72-51, e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru

Referred 2 April 2015 Received in revised form 29 April 2015 Accepted 5 May 2015

The paper analyzes the wind speed profile models at the Far Eastern Federal District (FEFD), obtained according to actual observations at sites 7 wind measurement complexes (WMC), and gives their comparison with the wind speed profile models obtained by the authors of this paper on the long-term data of aerological stations (AS).

The example of wind power plant, part of the local energy system of village Novikovo in Sakhalin region, shows the influence of the determination accuracy Hellman coefficient wind speed profile on the wind energy characteristics and local energy system operation modes.

Keywords: wind turbine, wind power station, wind speed profile, Hellman coefficient, distributed power system.



Васьков Алексей Геннадьевич
Alexey G.Vaskov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский энергетический институт (2010).

Область научных интересов: управление режимами работы энергокомплексов на основе ВИЭ**.**

Публикации: более 20, 1 авторское свидетельство.

Information about the author: PhD, senior lecturer at the of "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (2010).

Research area: mode control of power complexes based on renewable energy.

Publications: more than 20, 1 copyright certificate.



Дерюгина
Галина Владимировна
Galina V. Derugina

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Московский энергетический институт (1988).

Область научных интересов: разработка и обоснование параметров ветроэлектрических станций в распределённых энергосистемах.

Публикации: более 40, 3 авторских свидетельства.

Information about the author: Senior Lecturer of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Moscow Power Engineering Institute (1988).

Research area: development and substantiation of the parameters of wind-power stations in distributed power systems.

Publications: more than 40, 3 copyright certificates.



Тягунов Михаил Георгиевич
Mihail G. Tyagunov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Московский энергетический институт (1970).

Область научных интересов: системный анализ процессов и систем управления энергетическими объектами.

Публикации: более 98, 3 авторских свидетельства.

Information about the author: DSc (engineering), professor of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Moscow Power Engineering Institute (1970).

Research area: system analysis of processes and management systems of energy facilities.

Publications: more than 98, 3 copyright certificates.



Чернов Дмитрий Алексеевич
Dmitry A. Chernov

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский энергетический институт (2014).

Область научных интересов: управление режимами работы энергокомплексов на основе ВИЭ, разработка и обоснование параметров ветроэлектрических станций в энергосистемах различного типа.

Публикации: более 6, 1 авторское свидетельство.

Information about the author: Postgraduate of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (2014).

Research area: mode control of power complexes based on renewable energy, development and substantiation of the parameters of wind power stations in distributed power systems.

Publications: more than 6, 1 copyright certificate.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Современная ветроэнергетика является самой интенсивно развивающейся отраслью мирового энергетического хозяйства. В XXI веке ежегодный прирост по установленной мощности ветроэлектрических станций (ВЭС) в мире составил от 12 % до 41 % в год, в первом полугодии 2014 года она достигла 336 ГВт, к концу 2014 – около 360 ГВт (рис. 1). Установлено 72 % новых ВЭС в пяти странах: Китай (~ 98 ГВт), США (~ 62 ГВт), Германия (~ 36 ГВт), Испания (~ 23 ГВт), Индия (~ 22 ГВт). Годовая выработка электроэнергии всеми ВЭС в мире на начало 2014 г. составила около 4 % от всей потребляемой электроэнергии [1].

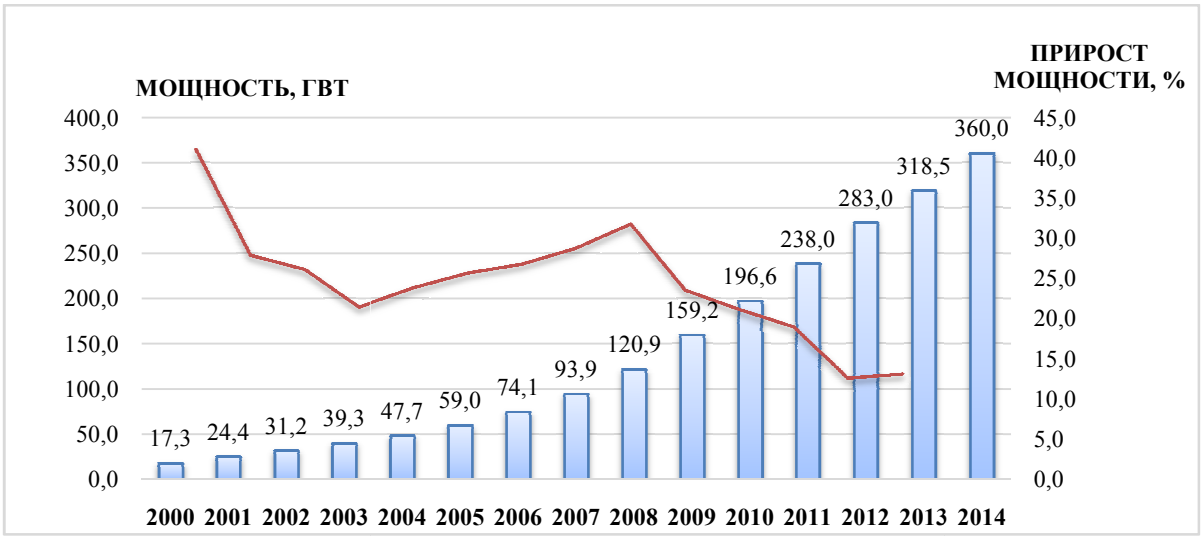


Рис. 1. Динамика суммарной установленной мощности ВЭС в мире
Fig. 1. Total installed capacity dynamics of wind power plants in the world

Россия в области освоения богатейших ветроэнергетических ресурсов (валовой потенциал $2{,}6 \cdot 10^{15}$ кВт·ч/год; технический потенциал $6\ 517 \cdot 10^{9}$ кВт·ч/год) сегодня занимает 69 место по установленной мощности ВЭС среди 103 стран, ведущих разработку ВЭУ, после Колумбии и Эквадора. Суммарная мощность всех ВЭС России на первое полугодие 2014 г составляет около 16,8 МВт [1].

При сооружении ВЭС и энергокомплексов на их основе немаловажное значение приобретает совершенствование методов автоматизации проектирования и ветроэнергетических расчетов (ВЭР), использующих открытые специализированные климатические базы данных (СБД).

В различных базах данных сведения о скорости ветра приведены для стандартной высоты флюгера на наземных метеостанциях (МС), чаще всего находящихся в населённых пунктах или аэропортах. Поскольку местоположение предполагаемой площадки ВЭС не всегда совпадает с местом расположения МС, то возникает необходимость восстановления данных о ветровых ресурсах с учётом ландшафтных особенностей местности по данным ближайших МС и дальнейшего их пересчёта на высоту установки ветроколеса (ВК) ветроэлектрической установки (ВЭУ). На сегодняшний день в мировой практике отсутствует единая методика пересчёта скорости ветра по высоте. Большинство известных в мире математических моделей восстановления данных по ветру основаны на эмпирических формулах и коэффициентах, справедливых только на исследуемой территории. Это требует модификации известных моделей для учета климатических и ландшафтных особенностей территории России.

Моделирование вертикального профиля ветра

Изменение скорости ветра по высоте зависит от множества факторов, таких как: шероховатость и рельеф местности, наличие искусственных и естественных препятствий, стратификация атмосферы и т.д., – и обычно моделируется степенной или логарифмической функциями [2].

Моделирование вертикального профиля ветра авторами производилось по степенной зависимости

$$\frac{V^{h_2}}{V^{h_1}} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^m, \qquad (1)$$

где V^{h_1} и V^{h_2} – скорости ветра на высотах h_1 и h_2 соответственно; m – показатель степени Хеллмана, зависящий от скорости ветра, рельефа местности, стратификации атмосферы и т.д. Точность моделирования вертикального профиля ветра степенной функцией зависит в первую очередь от значения по-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

казателя Хеллмана m и может быть оценена только сравнением с фактическими данными наблюдений на разной высоте, полученными на ветроизмерительных комплексах или аэрологических станциях. В настоящее время в отечественных и зарубежных исследованиях отсутствует единая методика определения показателя Хеллмана m [2], в большинстве используемых методик принимается осреднённый показатель $m = 0{,}2$.

Небольшая погрешность в определении скорости ветра на высоте приводит к существенной погрешности при расчете ее удельной мощности $N_{уд}$ (Вт/м^2), по формуле:

$$N_{уд} = \frac{1}{2}\rho\overline{V}^3, \qquad (2)$$

где ρ (кг/м^3) – плотность воздуха при заданной температуре воздуха t° ($^\circ$, град С) и известном атмосферном давлении P (кПа или мм рт. ст.) [2].

Авторами были проведены исследования по оценке применимости существующих зарубежных методик определения показателя Хеллмана m по среднемноголетним данным скорости ветра на высоте 10 м и 100 м, собранными 145-ю аэрологическими метеостанциями (АМС) Российской Федерации и стран СНГ. По фактическим значениям среднемноголетней скорости ветра на высоте 10 м 145-и аэрологических метеостанций по формуле (1) были рассчитаны значения среднемноголетней скорости на высоте 100 м при определении среднемноголетнего показателя Хеллмана m_0 по различным наиболее применяемым за рубежом методикам. Проведенное сравнение расчетных значений среднемноголетней скорости ветра на высоте 100 м с фактическими данными выявило: относительная погрешность расчетных значений может достигать ±50 %, что приводит к еще большей погрешности при определении удельной мощности ветровой энергии (до 300 %), и, следовательно, в дальнейшем существенно влияет на выбор и обоснование параметров и режимов работы ВЭУ. Отсюда был сделан вывод о неприменимости зарубежных методик расчета показателя m_0 для условий Российской Федерации.

Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра»

Для моделирования вертикального профиля ветра в любой точке России авторами была разработана специализированная база данных (СБД) «Вертикальный профиль ветра» [3] по информации 145-и АМС Российской Федерации и стран СНГ. Разработанное программное обеспечение СБД «Вертикальный профиль ветра» предназначено для анализа, обработки и графического отображения информации из СБД, а также подбора ближайшей аэрологической станции для любой точки России. Данная разработка широко используется в учебном процессе и научной работе кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ «МЭИ» и может найти применение в научно-исследовательских и проектных организациях на ранних стадиях проектирования ВЭС.

Авторский подход к определению параметров вертикального профиля ветра основан на расчётно-статистическом выявлении внутригодовой закономерности изменения многолетнего среднемесячного значения коэффициента m_l (l – номер месяца) от среднемесячной скорости ветра $\overline{V}_l$ на высоте 10 м для отдельных АМС или групп АМС, расположенных в идентичных климатических, географических и топографических условиях, в виде эмпирической зависимости

$$m_l = a\overline{V}_l^b, \qquad (3)$$

где a и b – параметры модели каждой АМС.

В СБД «Вертикальный профиль ветра» представлена следующая информация о вертикальном профиле скорости ветра:

– среднемноголетние, среднемесячные, среднечасовые значения скорости ветра за характерные часы суток (1^{00}, 7^{00}, 13^{00}, 19^{00}) на высоте 10, 100 и 200 м над землёй;

– параметры a и b модели для определения показателя степени m_l от среднемесячной скорости ветра на высоте 10 м V_l, применимые для пересчета скорости ветра в диапазоне высот от 10 м до 100 м над поверхностью земли;

– коэффициенты корреляции R между предлагаемой моделью степенного закона вертикального профиля ветра и измеренными на АМС данными: модельная зависимость $m_l(V_l)$ выражается уравнением (3) и применима для пересчёта скорости ветра с высоты 10 м на высоту до 100 м от поверхности земли при $R > 0{,}75$.

Информация, представленная в СБД «Вертикальный профиль ветра», позволяет в перспективе получить эмпирические зависимости типа (3) для пересчёта скорости ветра с высоты 100 м на высоту 200 м, что актуально для пересчета скорости ветра оффшорных ветроэлектрических станций (ВЭС).

Разработанное программное обеспечение по управлению базой данных позволяет осуществлять поиск по различным полям базы данных: по названию АМС (по названию населённого пункта, в котором она расположена) (рис. 2); номеру АМС в списке Всемирной метеорологической организации (ВМО); по географическому положению (область поиска определяется заданными пользователем географическими координатами центра и радиусом окружности, внутри которой необходимо произвести поиск). Все АМС, соответствующие поисковому запросу пользователя, заносятся в промежуточный список, из которого можно выбрать интересующую АМС и полу-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

чить по ней полную справочную информацию (название, номер по ВМО, географические координаты и высоту над уровнем моря), а также просмотреть и при необходимости скопировать значения скорости ветра на различных высотах над уровнем земли.

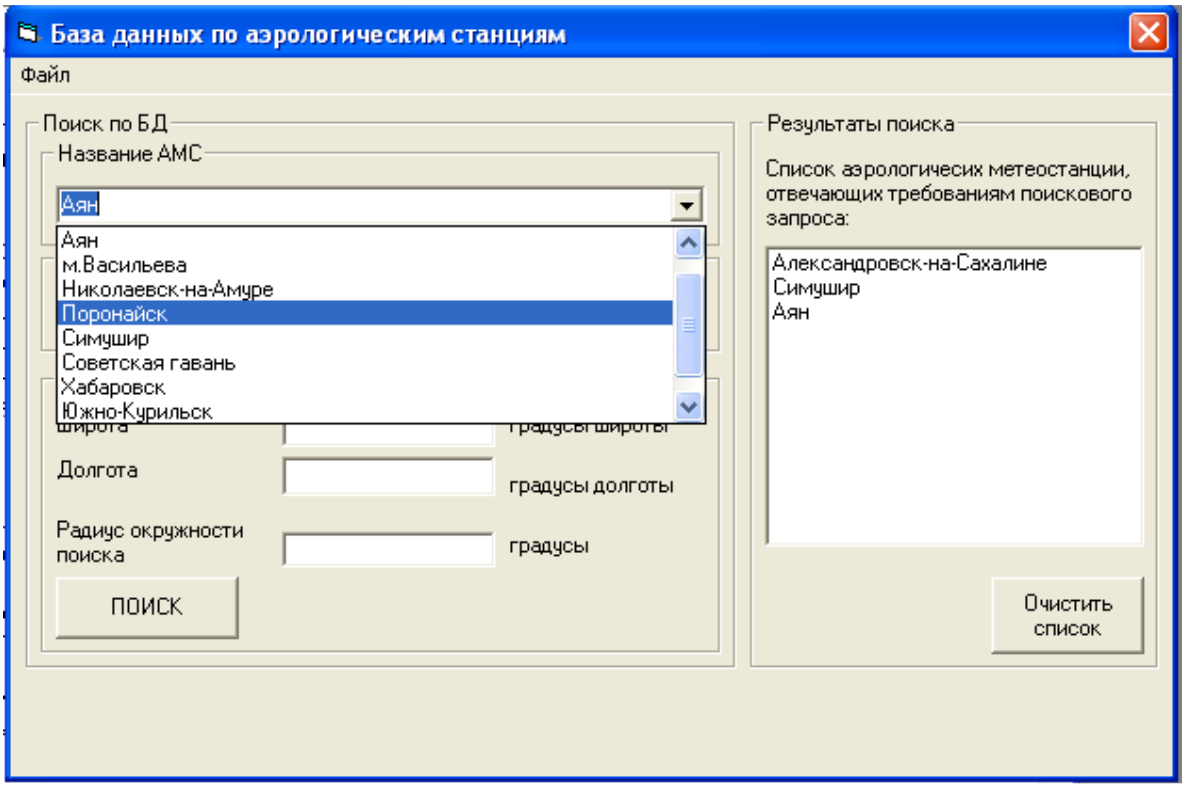


Рис. 2. Внешний вид программы управления базой данных «Вертикальный профиль ветра»
Fig. 2. Appearance of the management interface of database "Wind Speed Profile"

Анализ результатов расчетов вертикального профиля ветра в точках расположения 145-и АМС (СБД «Вертикальный профиль ветра») позволил сделать следующие выводы:

1. С ростом средней скорости ветра $\overline{V}$ снижается значение коэффициента Хеллмана m. Изменение коэффициента Хеллмана m по фактическим данным АМС находится в пределах от 0,06 до 0,8. При больших значениях скорости ветра ($\overline{V} > 8$ м/с) он имеет тенденцию к снижению и в пределе стремится к нулю. Для равнинной и равнинно-холмистой местности коэффициент Хеллмана не превышает 0,4.

2. Расчёты по получению различных эмпирических зависимостей в идентичных топографических условиях для всех 145 АМС на территории России и по группам АМС, относящихся к 6 федеральным округам выявили:

– среднемноголетний коэффициент Хеллмана m зависит от среднемноголетней скорости ветра $\overline{V}_0$ на высоте 10 м по отдельно взятым регионам России; для отдельных регионов России были получены эмпирические зависимости среднемноголетнего коэффициента Хеллмана m_0 от среднемноголетней скорости ветра $\overline{V}_0$ (на высоте 10 м), справедливые только в условиях исследуемой территории;

– для групп АМС, расположенных на территории 4-х Федеральных округов (для остальных регионов данных для построения $m_0(\overline{V}_0)$ недостаточно, например, в Южном округе 3 АМС, в Северо-Кавказском 1 АМС) и в однотипных ландшафтных условиях были проведены расчёты с целью получения эмпирических зависимостей параметра m_o от среднемноголетней скорости ветра: для групп АМС с высотными отметками более 100 м над уровнем моря не было выявлено единой зависимости; для групп АМС в условиях равнинной ($h < 10$ м) и равнинно-холмистой местности ($h < 50$ м) эмпирические зависимости были получены (рис. 3).

– расхождение между зависимостями $m(V_0)$ (для групп АМС с высотными отметками от 10 до 100 метров) на территории 4-х Федеральных округов несущественно, следовательно, на их территории может быть применима единая эмпирическая зависимость $m = 1,284 \cdot V_0^{-0,74}$.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

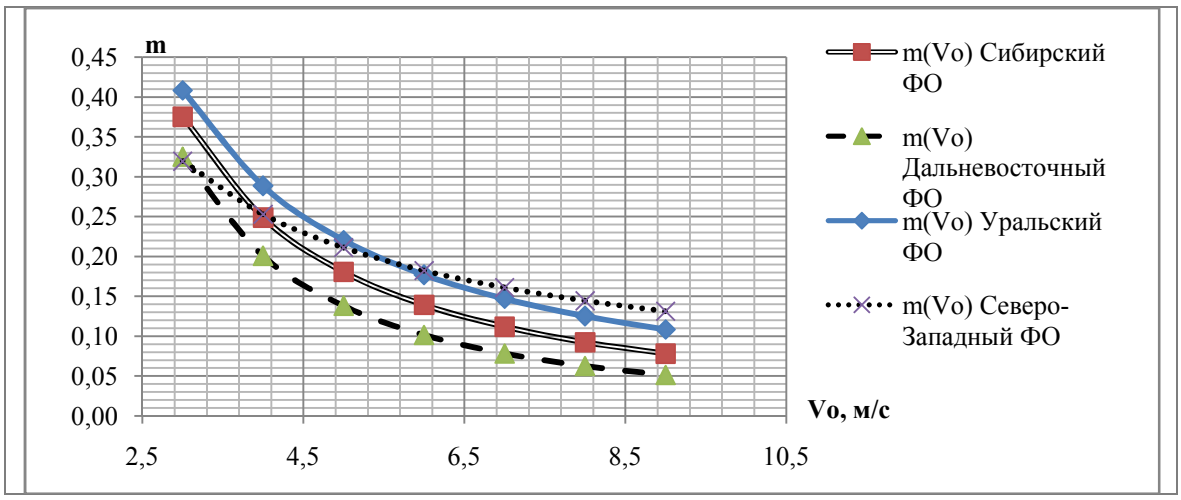


Рис. 3. Эмпирические зависимости $m\ (V_0)$ для высоты от 10 до 50 метров, полученные по данным АМС для 4-х федеральных округов

Fig. 3. Empirical dependences $m\ (V_0)$ for height range of 10 to 50 meters, obtained according to AWS data for the 4 Federal Districts

Для многих АМС (более 50 % из 145-и) было выявлено существенное внутригодовое изменение среднемесячных значений коэффициента m_l относительно среднемноголетнего (до ±200 %). Неучёт этого факта может привести к погрешности при определении среднемесячных значений скорости ветра $\overline{V}_l$ по высоте до ±50 % что, в свою очередь, влияет на точность определения среднемноголетних месячных значений выработки ВЭУ – погрешности могут составлять от –75 % до +85 %. В качестве примера на рисунке 4 показано изменение среднемесячных значений скорости ветра на высоте 100 м в месте расположения АМС Кемь-порт по фактическим данным АМС из СБД «Вертикальный профиль ветра» и полученным в результате расчета по формуле (1) с учётом внутригодового изменения $m_l(V_l) = 0,8072 \cdot V_l^{-0,75}$ и по среднемноголетнему показателю $m = 0,29$.

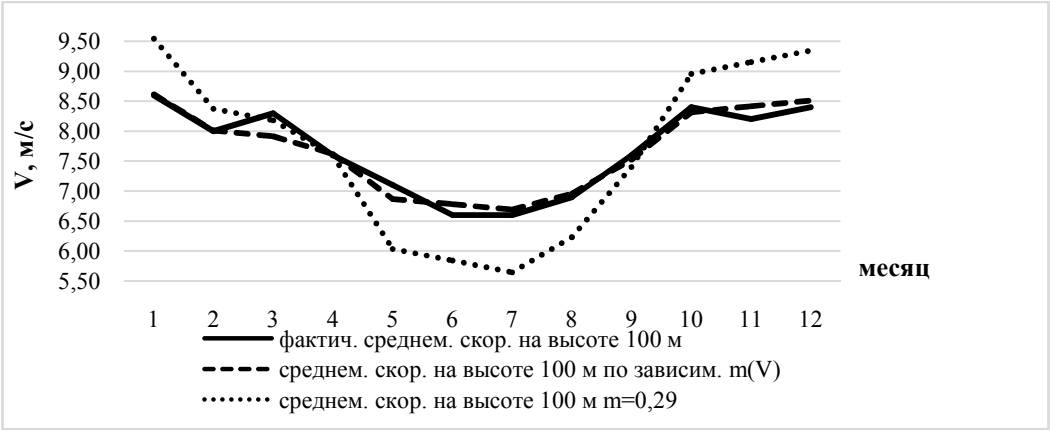


Рис. 4. Изменение среднемесячных значений скорости ветра на высоте 100 м в месте расположения АМС Кемь-порт

Fig. 4. Changing the mean monthly wind speed values at a height of 100 m at AWS Kem-port

Модели вертикального профиля ветра по данным ветроизмерительных комплексов на территории Дальневосточного федерального округа (ДФО) и их сопоставление с моделями СБД «Вертикальный профиль ветра»

Была предпринята попытка построить модели вертикального профиля ветра в виде зависимостей $m_l(V_l)$ по фактическим наблюдениям на площадках 7-ми ветроизмерительных комплексов (ВИК) ДФО на высоте до 50 м, которая оказалась неудачной. Коэффициенты корреляции полученных зависимостей $m_l(V_l)$ на площадках всех 7-ми ВИК не превышают 0,5. В качестве примера на рисунках 5 и 6 приведены фактические табулированные и эмпирические зависимости $m_l(V_l)$ по данным ВИК Черский и ВИК Чокурдах. Анализ годовых вариаций скорости ветра на площадках ВИК выявил их существенное отклонение от годовых вариаций среднемноголетнего года (за 12 лет), по данным которых были получены эмпирические зависимости $m_l(V_l)$ на площадках АМС

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

из СБД «Вертикальный профиль ветра». Следовательно, для получения эмпирических зависимостей $m_l(V_l)$ с хорошей корреляцией периодов наблюдений на ВИК, составляющих на разных ВИК от 1 года до 3 лет, недостаточно.

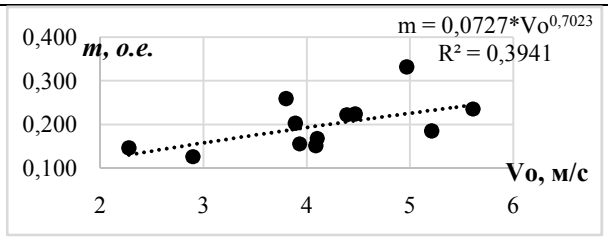


Рис. 5. Зависимость $m_l(V_l)$ по данным ВИК Черский
Fig. 5. Dependence $m_l(V_l)$ according to Cherskiy wind measuring complex data

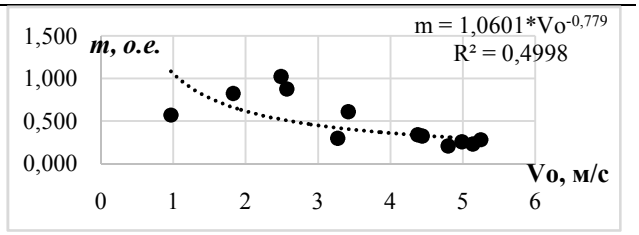


Рис. 6. Зависимость $m_l(V_l)$ по данным ВИК Чокурдах
Fig. 6. Dependence $m_l(V_l)$ according to Chokurdakh wind measuring complex data

В результате обработки данных 40-а АМС на территории ДФО из СБД «Вертикальный профиль ветра» была получена эмпирическая зависимость среднемноголетнего коэффициента Хеллмана m_0 от среднемноголетней скорости ветра $\overline{V}_0$ на высоте 10 м вида: $m_0 = 0,6827 \cdot V_0^{-0,914}$ с коэффициентом корреляции R = 0,88. Аналогично по фактическим данным 7-и ВИК ДФО была получена эмпирическая зависимость $m_0 = 0,8548 \cdot V_0^{-1,127}$ с коэффициентом корреляции R = 0,8 (рис. 7). Сравнение значений m_0, рассчитанных по приведенным выше зависимостям $m_0(V_0)$ для средних значений скорости ветра на высоте 10 м на площадках ВИК, выявило, что среднеквадратическое отклонение в 6-и случаях из 7-и не превышает 18 %. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что на предпроектных стадиях оценки среднемноголетней скорости ветра на различной высоте в регионе ДФО возможно применять эмпирическую зависимость, полученную в результате обработки данных СБД «Вертикальный профиль ветра».

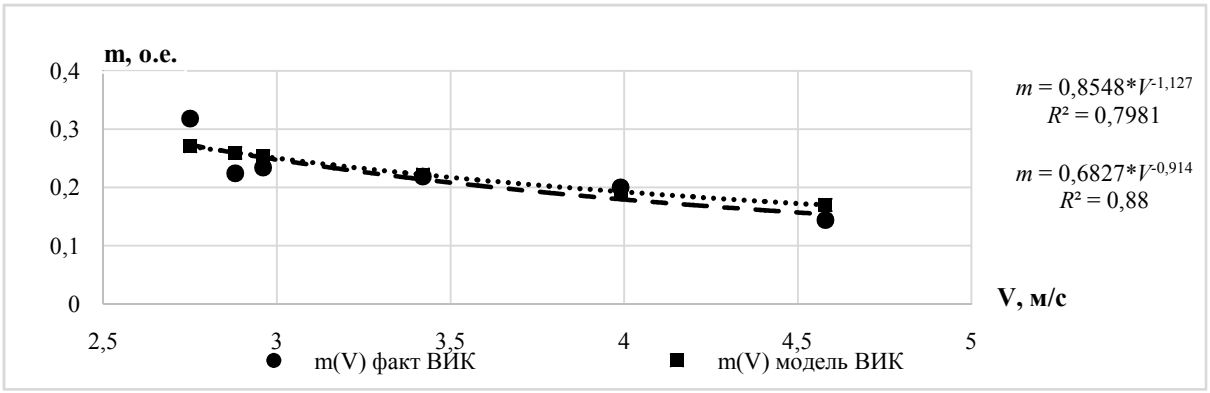


Рис. 7. Фактическая и модельная зависимости *m*(*V*) для ВИК ДФО
Fig. 7. Actual and model dependence *m*(*V*) for wind measuring complexes at the Far East Federal District

В настоящее время одной из проблем в ветроэнергетике является пересчет (поднятие) повторяемости скорости ветра *t*(*V*) по высоте. Наиболее распространенный метод поднятия *t*(*V*) по высоте – известные теоретические модели распределения, в частности наиболее распространенное распределение Вейбулла [2], которое имеет следующий вид:

$$f(u) = (\gamma/\beta)(u/\beta)^{\gamma-1} \exp\left[-(u/\beta)^{\gamma}\right], \quad (4)$$

где γ – безразмерный коэффициент; β – коэффициент с размерностью скорости. Известны различные методы определения параметров (γ и β) распределения Вейбулла [1], авторами статьи определение параметра γ производилось по эмпирической формуле Гарцмана:

$$\gamma = C_V^{-1,069}. \quad (5)$$

Этот метод был рассмотрен при построении вертикального профиля ветра на площадках 7-и ВИК ДФО. Определение параметров Вейбулла осуществлялось по фактическим повторяемостям скорости ветра, полученным по данным измерений скорости на ВИК на высотах установки измерительных датчиков.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Анализ изменения параметра γ по высоте (рис. 8) не выявил его существенного изменения, причем не была выявлена общая тенденция изменения параметра γ по высоте на площадках разных ВИК. Относительные отклонения значений параметра γ на высотах по отношению к значениям γ на высоте 10 м Δ_{10} не превысили 8 % на площадках 6-и ВИК из 7-и. Также было замечено, что в большинстве случаев (в 6 случаях из 7) параметр γ, как правило, увеличивается на максимальной высоте установки датчиков по сравнению с минимальной.

Расхождения фактических и теоретических повторяемостей скорости ветра по распределению Вейбулла на разных высотах оценивались для двух вариантов изменения параметра γ по высоте: $\gamma = \text{var}$, определенных по фактическим повторяемостям скорости ветра по формуле (5); $\gamma = \text{const}$, принятых постоянными по высоте и равными значению γ, определенному по фактической повторяемости скорости для высоты 10 м. Точность моделирования оценивалась по среднеквадратичному отклонению σ_t фактической повторяемости скорости ветра $t^{\text{ВИК}}(V)$ от теоретической $t^{\text{теор}}(V)$.

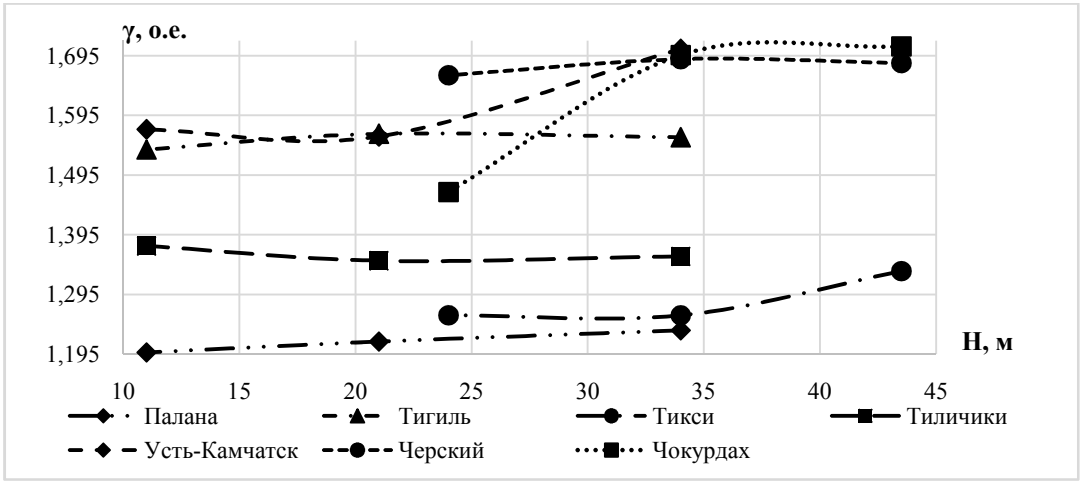


Рис. 8. Изменение параметра γ распределения Вейбулла по высоте на площадках ВИК ДФО

Fig. 8. The Weibull distribution parameter γ changing at different heights of wind measuring complexes at the Far East Federal District

Кроме того, оценивались относительные отклонения между фактическими и теоретическими повторяемостями $t(V)$ для каждой градации, в особенности для попадающих в зону рабочих скоростей ВЭУ. В качестве примера на рисунке 9 приведено изменение по высоте среднеквадратичного отклонения теоретических распределений Вейбулла (при $\gamma = \text{const}$ и $\gamma = \text{var}$) от фактической на площадке ВИК Усть-Камчатск.

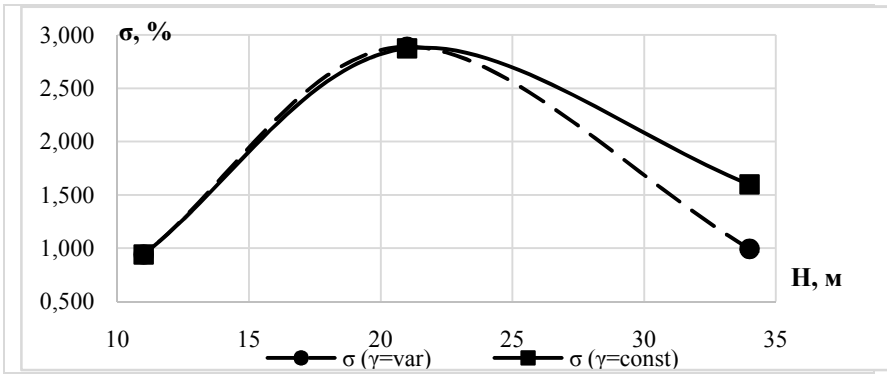


Рис. 9. Изменение по высоте среднеквадратичного отклонения теоретических распределений Вейбулла (при $\gamma = \text{const}$ и $\gamma = \text{var}$) от фактических на площадке ВИК Усть-Камчатск

Fig. 9. Change of the theoretical Weibull distribution standard deviation (with $\gamma = \text{const}$ and $\gamma = \text{var}$) from the actual ones on site Ust-Kamchatsk wind measureming complex at the different heights

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Было выявлено, что с ростом высоты при моделировании теоретическим распределением Вейбулла при $\gamma = \text{var}$ среднеквадратические отклонения фактических повторяемостей от теоретических либо снижаются, либо меняются несущественно. Таким образом, было принято решение проанализировать возможность применения моделирования повторяемости скорости ветра по высоте распределением Вейбулла при принятии допущения, что параметр γ по высоте не меняется ($\gamma = \text{const}$) и определяется по фактическим данным на высоте 10 м. Было выявлено, что по сравнению с предыдущим случаем ($\gamma = \text{var}$) происходит относительное изменение среднеквадратического отклонения на площадках 7 ВИК в пределах ±9 %.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что на территории ДФО для пересчета повторяемости скорости ветра на высоту оси ветроколеса ВЭУ следует применять теоретическое распределение Вейбулла, причем при отсутствии данных измерений ВИК параметр γ распределения Вейбулла на разной высоте допускается принимать равным значению, определенному по фактическим данным на площадках наземных метеостанций (МС) на высоте 10 м.

Влияние коэффициента Хеллмана на энергетические характеристики ветра и энергетическую эффективность ВЭУ

В рамках разработки долгосрочной целевой программы «Развитие малой энергетики Сахалинской области на период до 2020 года» на площадке АМС Поронайск (Сахалинская область) проведено исследование влияния точности определения среднемноголетнего коэффициента Хеллмана на среднемноголетнюю скорость ветра и удельную мощность ветрового потока. Для фактического среднемноголетнего значения коэффициента Хеллмана $m = 0{,}17$ и трёх ближайших значений: а) $m = 0{,}1$; б) $m = 0{,}2$; в) $m = 0{,}3$ – были рассчитаны энергетические характеристики ветра на высотах: 15, 25, 35, 40 метров и проведено их сравнение в виде относительной погрешности. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние учёта внутригодового изменения коэффициента Хеллмана на расчёт удельных энергетических параметров вертикального профиля ветра

Table 2

Influence of subannual Hellman factor changing on the specific energy parameters calculation of the wind speed profile

m	V_o, м/с				$N_{уд}$, Вт/м^2				δV_o, %				$\delta N_{уд}$, %			
	h, м				h, м				h, м				h, м			
	15	25	35	40	15	25	35	40	15	25	35	40	15	25	35	40
0,17	4,1	4,5	4,8	4,9	81,8	106	126	135	-	-	-	-	-	-	-	-
0,1	4,0	4,2	4,4	4,4	75,1	88	96,8	101	–2,9	–6,6	–9,2	-10,2	–8,9	–21	–30	–34
0,2	4,2	4,6	4,9	5,1	84,8	115	141	153	1,2	2,7	3,7	4,1	3,6	7,9	11	12
0,3	4,3	5,1	5,6	5,8	95,8	152	205	232	5,1	11,2	15	17	15	30	39	42

Завышение (занижение) значения коэффициента Хеллмана относительно фактического приводит к увеличению погрешности определения удельной мощности ветрового потока и среднемноголетней скорости ветра, которое также пропорционально увеличивается с ростом высоты от поверхности земли: например, при $m = 0{,}2$ на высоте 40 метров погрешность составляет 12 %, а при $m = 0{,}3$ на той же высоте – уже 42 %.

Исследование влияния учёта внутригодового изменения коэффициента Хеллмана на среднемноголетние месячные и годовые выработки ВЭУ проводилось на площадке АМС Поронайск для фактического значения $m = 0{,}17$ и среднестатистического $m = 0{,}2$ для следующих марок ВЭУ: ЛЭМЗ-30 (30 кВт и $h_б = 15$ м), Жаворонок (30 кВт и $h_б = 26$ м), WindPower (50 кВт и $h_б = 36$ м), Northwind (100 кВт и $h_б = 37$м), Norwin (200 кВт и $h_б = 40$ м).

Было выявлено, что внутригодовое изменение коэффициента Хеллмана не влияет в целом на годовое значение выработки, но существенно влияет на месячные выработки – это особенно важно учитывать при расчёте режимов работы ВЭУ в локальных энергосистемах. Например, неучет внутригодового изменения коэффициента Хеллмана в точке АМС Поронайск на высоте 40 м приводит к завышению месячной выработки в декабре до 39,7 % и занижению до 34 % в июле. Относительное отклонение месячной выработки δЭ при учёте внутригодового распределения коэффициента Хеллмана прямо пропорционально отклонению среднемесячного показателя m_l от среднемноголетнего δm, и с ростом высоты оно увеличивается (рис. 10 и рис. 11).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

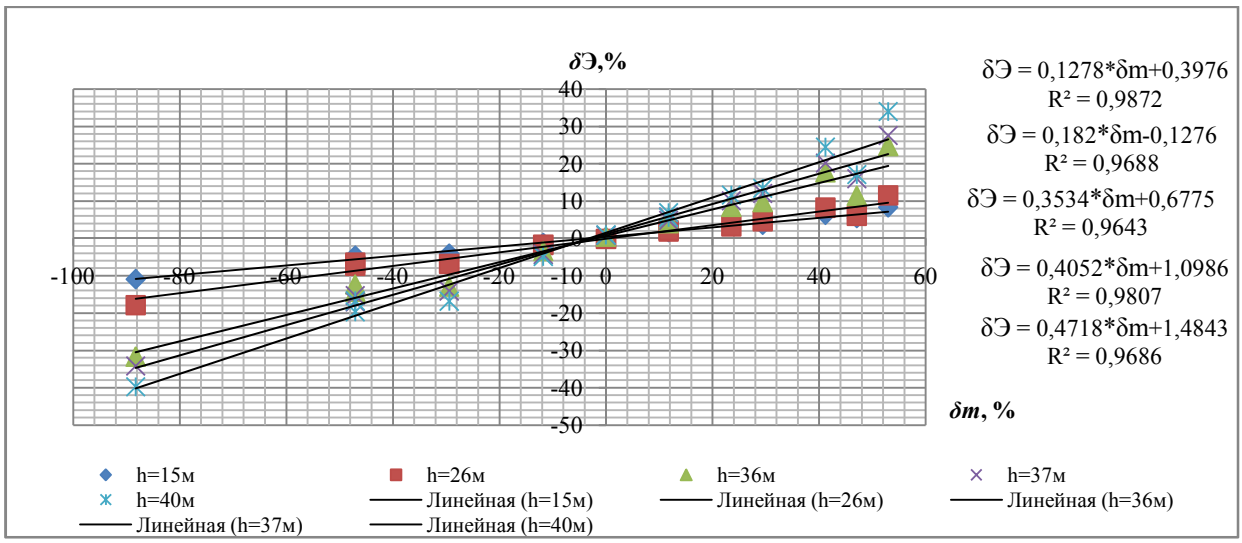


Рис. 10. Зависимость относительной погрешности определения выработки ВЭУ δЭ на различных высотах (15, 26, 36, 37, 40 метров) от ошибки при выборе коэффициента Хеллмана δ*m* (*m* = 0,17; *m* = var)
Fig. 10. Dependence of fractional error in calculating the output of the wind turbine at different heights (15, 26, 36, 37, 40 meters) on the error at choosing Hellman's coefficient factor (*m* = 0,17; *m* = var)

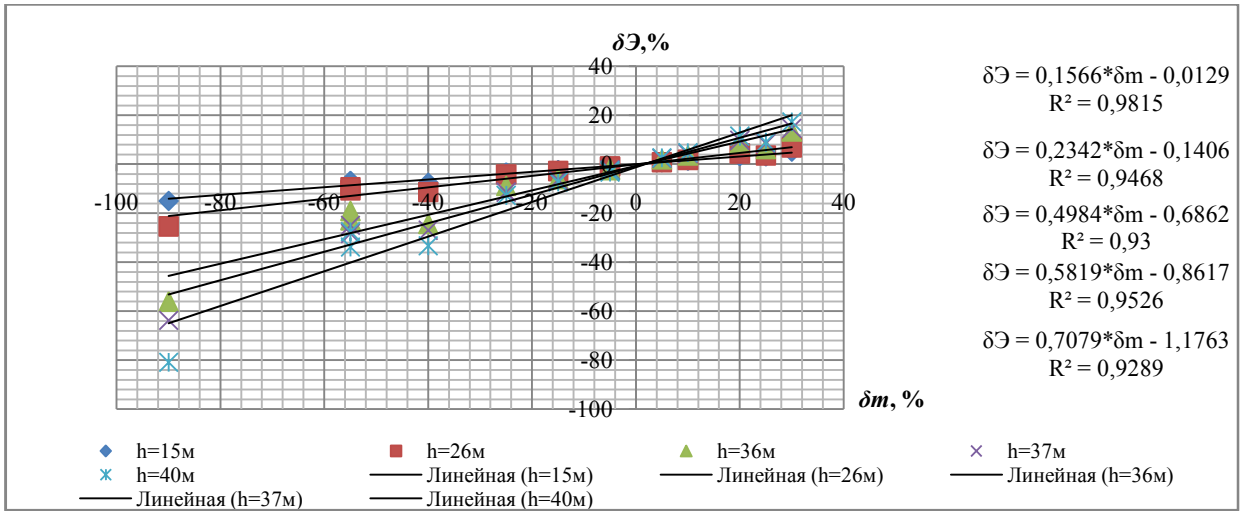


Рис. 11. Зависимость относительной погрешности определения выработки ВЭУ δЭ на различных высотах (15, 26, 36, 37, 40 метров) от ошибки при выборе коэффициента Хеллмана δ*m* (*m* = 0,2; *m* = var)
Fig. 11. Dependence of fractional error in calculating the output of the wind turbine at different heights (15, 26, 36, 37, 40 meters) on the error at choosing Hellman's coefficient factor (*m* = 0,2; *m* = var)

Также были проведены расчеты по оценке влияния точности определения среднемноголетнего коэффициента Хеллмана на среднемноголетнюю выработку ВЭУ на площадке АМС Поронайск. Сравнение производилось для трех значений годовой выработки, рассчитанных при среднемноголетних значениях *m*: а) *m* = 0,1; б) *m* = 0,2; в) *m* = 0,3 – по отношению к фактической, определенной при среднемноголетнем значении коэффициента *m* = 0,17 для предварительно выбранных ВЭУ: ЛЭМЗ-30 (30 кВт и $h_б$=15 м), Жаворонок (30 кВт и $h_б$ = 26 м), WindPower (50 кВт и $h_б$ = 36 м), Northwind (100 кВт и $h_б$ = 37м), Norwin (200 кВт и $h_б$ = 40 м).

Занижение (завышение) среднемноголетнего значения коэффициента *m* приводит к соответствующему занижению (завышению) среднемноголетней выработки, причем оно прямо пропорционально отклонению от фактической среднемноголетней выработки и увеличивается с ростом высоты.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Влияние коэффициента Хеллмана на энергетическую эффективность ВЭС, входящей в локальную энергетическую систему

Практическая ценность предложенной в работе методики учёта местных особенностей вертикального профиля ветра показана на примере расчёта ветродизельного энергетического комплекса (ВДЭК) для локальной энергетической системы села Новиково Корсаковского района Сахалинской области.

На сегодняшний день потребители села Новиково обеспечиваются электроэнергией за счёт дизельной электростанции (ДЭС). В состав ДЭС входит дизельный генератор CATERPILLAR C-18 ATAAC мощностью 635 кВт. Состав потребителей села Новиково следующий: 77 % – население, 16 % – промышленность, 8 % – ЖКХ. Для обеспечения работы Новиковской ДЭС ежегодно тратится 173,7 тонн дизельного топлива, что при стоимости в 22 тыс руб/тонна составляет 3 822 тыс руб в год. Для снижения затрат на дизельное топливо была рассмотрена целесообразность внедрения ВЭС в существующую локальную энергосистему на базе ДЭУ с системой аккумуляции энергии и без этой системы. Пересчет скорости ветра по высоте проводился с учетом и без учета внутригодового изменения коэффициента Хеллмана.

По разработанному авторами алгоритму [4] были проведены предварительные расчёты параметров локальной энергетической системы, выбран оптимальный состав оборудования ВЭС и оценены параметры энергосбережения и энергоэффективности данного решения. Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1) Применение ветродизельного энергетического комплекса, даже без системы аккумуляции энергии для энергоснабжения потребителей локальных энергетических систем, позволяет повысить энергоэффективность системы и приводит к энергосбережению, давая возможность снизить расход дорогостоящего дизельного топлива на 20–25 %.

2) Предложенная авторами методика, основанная на фактических данных многолетних наблюдений на АМС, повышает точность определения годовых энергетических показателей ВЭУ. В примере показано, что отклонение среднемноголетнего коэффициента Хеллмана (m = 0,2) на 0,03 от фактического (m = 0,17) приводит к завышению выработки ВЭУ до 7–10 % по сравнению с фактическими данными.

3) Учёт внутригодового изменения коэффициента Хеллмана приводит к повышению точности определения среднемноголетних месячных выработок ВЭС и ДЭС, входящих в состав локальной энергетической системы.

На примере ВДЭК с. Новиково при оценке энергетических показателей ветродизельного энергетического комплекса при внедрении ВЭУ с высотой башни, превышающей 30 м, необходимо учитывать внутригодовое изменение коэффициента Хеллмана. Для ВЭУ с высотой башни до 25–30 м это явление принимать во внимание нецелесообразно из-за усложнения расчётов, так как изменение месячной выработки ВЭУ при этом не превышает 5–7 %, что лежит в пределах погрешности определения скорости ветра.

Выводы

Существующие методики расчёта коэффициента Хеллмана вертикального профиля ветра для условий Российской Федерации неприменимы из-за разнообразия местного рельефа, что приводит к возникновению существенной погрешности (до 300 %) в определяемых характеристиках ветра.

В статье показано влияние точности определения коэффициента Хеллмана на энергетические характеристики ветра и энергетическую эффективность как одиночной ВЭУ, так и ВЭС, входящей в состав локальной энергосистемы.

Авторами предложен подход к моделированию вертикального профиля ветра, базирующийся на использовании эмпирических данных, полученных на аэрологических станциях. Для возможности практической реализации учёта эмпирических характеристик вертикального профиля ветра при проектировании ВЭС разработана специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра». Предложенный подход верифицирован по фактическим данным ветроизмерительных комплексов, расположенных на территории Дальневосточного федерального округа, что говорит о применимости предлагаемого подхода.

Список литературы

1. WWEA Publishes half-year report 2014. [Электронный ресурс]: http://www.wwindea.org/webimages/WWEA_half_year_report_2014.pdf.

2. Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В., Шестопалова Т.А. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2012.

3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012620870. Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра» / Васьк-

ков А.Г., Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Чернов Д.А.; заявитель ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», №2012620664 // заявл. 28.06.2012; опубл. 28.08.2012.

4. Васьков А.Г. Разработка методики обоснования состава и параметров гибридных энергокомплексов для распределённых энергосистем: автореф. дис. ... на соискание степени канд. техн. наук. Москва, 2013.

5. Васьков А.Г., Дерюгина Г.В., Чернов Д.А. Уточнение методики оценки параметров проектируемых ветроэлектрических станций // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2013. № 16. С. 22–28.

References

1. WWEA Publishes half-year report 2014. Available at: http://www.wwindea.org/webimages/WWEA_half_year_report_2014.pdf.

2 Deryugina G.V., Malinin N.K., Pugachev R.V., Shestopalova T.A. Osnovnye harakteristiki vetra. Resursy vetra i metody ih rasčeta: textbook. Moscow: Izdatel'stvo MÈI Publ., 2012.

3. Vaskov A.G., Deryugina G.V., Tyagunov M.G., Chernov D.A. Specializirovannaâ baza dannyh «Vertikal'nyj profil' vetra». Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh, no. 2012620870; applicant is National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (no. 2012620664); 28.08.2012.

4. Vaskov A.G. Razrabotka metodiki obosnovaniâ sostava i parametrov gibridnyh ènergokompleksov dlâ raspredelënnyh ènergosistem: PhD thesis (engineering). Moscow, 2013.

5. Vaskov A.G., Deryugina G.V., Chernov D.A. Utočnenie metodiki ocenki parametrov proektiruemyh vetroèlektričeskih stancij. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ" (ISJAEE)*, 2013, no. 16, pp. 22–28.

Транслитерация по ISO 9:1995

Преподаватели кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ



Малинин Николай Константинович

Родился 25.11.1938 в Москве. Окончил Московский Энергетический институт (МЭИ) в 1962 г по специальности «Гидроэнергетические установки» на кафедре «Гидроэнергетики» старшим инженером. Кандидат технических наук (1968), доктор технических наук (1993), доцент (1972), профессор (1995). Член-корр. РАЭН.

Направление научной деятельности: теория и методы обоснования параметров и режимов энергетических установок, гидроэлектростанций и энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии с учетом социально-экологических факторов.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 29.04.15. Ред. рег. № 2249 The article has entered in publishing office 29.04.15. Ed. reg. No. 2249

УДК 62-111.1

АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Н.А. Павлов[1], Д.С. Рогачев[1], А.В. Синицкий[1], Е.В. Соломин[2]

[1]Филиал ОАО «ОБЪЕДИНЕННАЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ» – «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
РФ 111250, Москва, ул.Авиамоторная, 53
тел./факс: +74955179200; e-mail: oaoniikp@mail.ru
[2]Южно-Уральский государственный университет
РФ 454080, Челябинск, пр. Ленина 76
тел./факс: +79123171805; e-mail: nii-uralmet@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.007

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

В статье описывается автономное энергоснабжение морской локальной дифференциальной подсистемы (МЛДПС) глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS на основе ветроэнергетической установки (ВЭУ), оснащенной системой накопления электроэнергии. Приведены параметры МЛДПС и ВЭУ. Обоснована необходимость и целесообразность освоения северных регионов России с помощью создания локальных энергогенерирующих систем для электроснабжения местных распределенных потребителей. Проведены полевые испытания ветроэнергоустановок с вертикальной осью вращения в условиях Арктики.

Ключевые слова: морская локальная дифференциальная подсистема, ветроэнергетическая установка, Север, Арктика.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR EXTREME NORTH OBJECTS

N.A. Pavlov[1], D.S. Rogachev[1], A.V. Sinickiy[1], E.V. Solomin[2]

[1]BRANCH OF JSC «UNITED ROCKET AND SPACE CORPORATION» – «INSTITUTE OF SPACE DEVICE ENGINEERING»
53Aviamotornaya Str., Moscow, 111250 Russian Federation
ph./fax: +79262831757; e-mail: oaoniikp@mail.ru
[2]South-Urals State University
76 Lenin Str., Chelyabinsk, 454080 Russian Federation
ph./fax: +74955179200; e-mail: nii-uralmet@mail.ru

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

This paper describes the autonomous power supply of the Marine Local Differential Subsystem (LDSS) of global navigation satellite systems GLONASS and GPS on the base of wind turbine (WT), equipped with energy storage system. The paper shows the parameters of LDSS and WT and justifies the necessity and reasonability of reclamation of North Russian regions, building a local energy generating systems for electric supply for distributed consumers. Field testing of vertical axis wind turbines was made in Arctic conditions.

Keywords: marine local differential subsystem, wind turbine, the North, Arctic.



Павлов Николай Александрович
Nikolai A. Pavlov

Сведения об авторе: начальник отдела филиала ОАО «ОРКК» – «НИИ КП».

Образование: Московский авиационный институт (технический университет), инженер радиоэлектронных систем ЛА.

Область научных интересов: дифференциальные подсистемы, возобновляемые источники энергии, автономные энергокомплексы.

Information about the author: BRANCH OF JSC "URSC" – "ISDE".

Education: Moscow Aviation Institute (National Research University); engineer of radio-electronic systems of aircraft.

Research area: differential subsystems, renewable energy sources, autonomous energy plants.



Рогачев Дмитрий Сергеевич
Dmitry S. Rogachev

Сведения об авторе: инженер-исследователь ОАО «ОРКК» – «НИИ КП».

Образование: Гуманитарно-социальный институт.

Область научных интересов: дифференциальные подсистемы, возобновляемые источники энергии, автономные энергокомплексы.

Information about the author: BRANCH OF JSC "URSC" – "ISDE".

Education: Social Humanitarian Institute.

Research area: differential subsystems, renewable energy sources, autonomous energy plants.



Синицкий Александр Владимирович
Alexander V. Sinickiy

Сведения об авторе: ведущий инженер группы контроля и управления РНС и СНС Архангельского района Гидрографической службы.

Образование: Архангельский государственный технический университет, специалист.

Область научных интересов: научная аналитическая работа в области альтернативной энергетики (теоретик).

Information about the author: lead engineer of a group of control and management of RNS and SNS Arkhangelsk region Hydrographic Service.

Education: Arkhangelsk State Technical University; specialist.

Research area: scientific analytical work in renewable energy sources (theorist).



Соломин Евгений Викторович
Evgeny V. Solomin

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор Южно-Уральского гос. университета.

Образование: Будапештский технический университет (1990).

Область научных интересов: ветроэнергетика, солнечная энергетика, распределенная энергетика, возобновляемые источники энергии, гибридные энергокомплексы.

Публикаций: 124.

Information about the author: DSc (engineering), professor of South Ural State University.

Education: Budapest Technical University (1990).

Research area: wind power, solar power, distributed power, renewable energy, combine energy complexes.

Publications: 124.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Северные регионы, занимающие 65 % территории России, являются в основном малоосвоенными, несмотря на наличие колоссального количества природных ресурсов. По оценкам ООН стоимость запасов полезных ископаемых Российской Федерации составляет более 30 триллионов долларов, из которых не менее 70 % относится к Северу. Освоение этих территорий – одно из приоритетных направлений развития нашей страны, поскольку они играют большую роль в государственной экономике и экспорте природных ресурсов. При населении, составляющем 7,4 % от общей численности граждан РФ (в северных регионах постоянно проживает свыше 10 млн человек), Север производит более 25 % ВВП и обеспечивает 50–60 % валютных поступлений [1]. Более того, Северный морской путь является одной из эффективных транспортных магистралей, позволяющих значительно снизить расходы во все возрастающем товарообороте Европы и Азии. Однако условия Севера накладывают ряд серьезных требований к навигации, наличию локальных технико-социальных систем с высокотехнологичным материальным обеспечением. Таким образом, освоение этих территорий требует развития не только промышленных отраслей, но и социальной инфраструктуры, притом что сегодня наблюдается отток населения из северных регионов, а следовательно, нехватка высококвалифицированной рабочей силы, сокращение отраслей и производств. Особенно остро эти проблемы стоят у коренных народов Севера в связи с низким уровнем медицинской помощи, закрытием образовательных учреждений и другими последствиями кризисных явлений.

Анализ развития социально-экономической инфраструктуры недвусмысленно свидетельствует о том, что для ее жизнеобеспечения требуются в первую очередь энергетические ресурсы. Очевидно, что без тепла, света и энергопитания технических средств прогресса в этой области быть не может, поэтому неизбежно возникает вопрос о развитии

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

энергетики на осваиваемых территориях. Простейшие экономические расчеты приводят к однозначным выводам о невозможности проведения линий электропередачи из центральных и даже прилежащих регионов в связи с их непомерно большой протяженностью. Строительство крупных электростанций также экономически неоправданно из-за удаленности развивающихся объектов друг от друга и эксплуатации оборудования в суровых, порой экстремальных условиях. Организация «Нефть России» предлагает решать проблему с помощью плавучих атомных теплоэлектростанций [2]. Однако такой подход означает глобальное наступление на северную экологию, внедрение в экосистемы, нарушение которых может привести к непредсказуемым изменениям планетарного масштаба.

Использование альтернативной энергетики на Севере для энергоснабжения автономных объектов

С учетом принимаемых сегодня в Российской Федерации мер по освоению Арктики [3,4] можно утверждать, что развитие энергетической инфраструктуры будет играть ключевую роль в достижении поставленных целей. Более того, в современных условиях при формировании инфраструктуры Крайнего Севера остро встаёт вопрос об обеспечении не только гражданских, но и военных объектов электроэнергией. С каждым годом в нашей стране появляется необходимость развёртывания систем прибрежного базирования, связанных с обороной страны, гидрометеорологическими мероприятиями, строительством маячных городков и многих других объектов, находящихся на большом удалении от населённых пунктов. Самым распространённым средством по обеспечению электроэнергией объектов северных регионов и Арктики являются дизельные электростанции, но и они не являются панацеей, поскольку дизель-генераторы чувствительны к низким температурам, имеют ограниченный моторесурс и нуждаются в регулярном техническом обслуживании, которое требует постоянного присутствия человека и своевременной доставки дизельного топлива в больших количествах. Кроме того, отказ дизель-генераторной станции фактически означает полную остановку работы систем потребителей электроэнергии, а возможно, и всей локальной инфраструктуры с порой непредсказуемыми последствиями для местного населения и эксплуатируемого оборудования.

В связи с вышеприведенными доводами и для того, чтобы изучить возможности использования альтернативной энергетики в условиях Арктики ученые Научно-исследовательского института космического приборостроения и Южно-Уральского государственного университета объединили усилия по созданию пилотного проекта полностью автономной энергетической инфраструктуры на основе возобновляемых источников энергии для обеспечения электроснабжения телекоммуникационного оборудования.

Цель проводимых работ – решение проблемы нехватки электроэнергии на одном из объектов Гидрографической службы Северного флота, который находится на Крайнем Севере. На данном объекте установлено оборудование морской локальной дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS (МЛДПС), входящей в состав морской дифференциальной подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS Военно-морского флота МО РФ (МДПС). Местоположение объекта – мыс Канин Нос, омываемый с юго-запада Белым морем, с северо-востока Баренцевым морем и находящийся на северо-западной оконечности полуострова Канин в Ненецком автономном округе Архангельской области (рис. 1).



Рис. 1. Объект электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии
Fig. 1. Facility with electric supply based on the renewable energy sources

С 2009 года на мысе Канин Нос силами ОАО «Научно-исследовательский институт космического приборостроения» была развёрнута МЛДПС Горла Белого моря на территории маячного городка (маяк Канинский). Данная подсистема входит в состав МДПС, является средством функционального до-

полнения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС)ГЛОНАСС/GPS и предназначена для обеспечения в пределах объявленной рабочей зоны:

– безопасности плавания кораблей и судов Военно-морского флота (ВМФ), Департамента морского транспорта (ДМТ) и зарубежных стран в установленных прибрежных зонах, а также при подходах и маневрах в акватории порта (гавани);

– повышения точности и надежности координатно-временного обеспечения военных и гражданских морских потребителей в пределах объявленной рабочей зоны;

– мониторинга и контроля целостности навигационных полей ГНСС ГЛОНАСС/GPS;

– мониторинга параметров ионосферы по результатам двухчастотных измерений по ГНСС ГЛОНАСС.

В состав МЛДПС входят удаленная контрольно-управляющая станция, дифференциальная станция (ДС), пункт контроля и другое оборудование (табл. 1 и рис. 2).

Таблица 1

Состав морской локальной дифференциальной подсистемы

Table 1

Equipment of offshore local differential subsystem

№	Наименование	Кол-во
1	**Удаленная контрольно-управляющая станция в составе:**	**1 к-т.;**
	- автоматизированное рабочее место оператора УКУС;	1 к-т.;
	- аппаратура земной станции спутниковой связи;	1 шт.;
	- резервный источник электропитания 220 В 50 Гц (дизель-генератор);	1 шт.;
	- комплект эксплуатационной документации УКУС.	1 к-т.;
2	**Дифференциальная станция в составе:**	**1 к-т.;**
	- Основная базовая контрольно–корректирующая станция (БККС);	1 шт.;
	- Резервная базовая контрольно–корректирующая станция (БККС);	1 шт.;
	- радиомаяк "Янтарь-1000";	1 шт.;
	- аппаратура земной станции спутниковой связи;	- 1 шт.;
	- резервный источник электропитания 220 В, 50 Гц (дизель-генератор);	1 шт.;
	- комплект эксплуатационной документации ДС.	2 шт.;
3	**Пункт контроля в составе:**	**1 к-т.;**
	- автоматизированное рабочее место оператора ПК;	1 к-т.;
	- навигационная аппаратура потребителя (НАП) ГНСС ГЛОНАСС/GPS "Бриз-КМК";	1 шт.;
	- комплект эксплуатационной документации ПК;	1 к-т.;
	- аппаратура земной станции спутниковой связи.	1 шт.;



Рис. 2. Аппаратура дифференциальной станции морской локальной дифференциальной подсистемы
Fig. 2. Equipment of differential station of offshore local differential subsystem

Удаленная контрольно-управляющая станция и пункт контроля находятся в городе Архангельске на территории района Гидрографической службы Северного флота, а дифференциальная станция расположена непосредственно на мысе Канин Нос. Общее потребление электропитания дифференциальной станцией составляет 3 кВт. Электроснабжение осуществляется за счёт дизельного электрогенератора, обеспечивающего электропитанием маячный городок, а в качестве резервного источника электропитания в состав ДС входит дизельная электростанция, мощность которой составляет 10 кВт.

Поскольку система должна работать непрерывно, необходимо обеспечить её бесперебойным электроснабжением. Для этого в электрическую систему была введена аккумуляторная группа, позволяющая снабжать питанием оборудование во время технического обслуживания электрогенератора.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Рассмотрев варианты улучшения снабжения электропитанием МЛДПС Горла Белого моря (маяк Канинский) и оценив суровые климатические условия полуострова Канин, специалисты филиала ОАО «Объединенная ракетно-космическая корпорация» – «НИИ космического приборостроения» (ОАО «ОРКК» – «НИИ КП») совместно с инженерами района Гидрографической службы Северного флота (РГС СФ) и специалистами Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) пришли к выводу, что наиболее эффективной заменой дизельных электростанций на мысе могут стать ветроэнергетические установки (ВЭУ) отечественной разработки.

Для обеспечения электропитанием МЛДПС Горла Белого моря (маяк Канинский) была выбрана вертикально-осевая ветроэнергетическая установка мощностью 3 кВт. Ветроэнергоустановки, разработанные в ЮУрГУ, являются ортогональными конструкциями с ротором Н-Дарье и имеют ряд бесспорных преимуществ по сравнению с горизонтально-осевыми аналогами: независимость работы от направления ветра, малая парусность, высокий коэффициент использования энергии ветра, устойчивость к сильным ветрам при наличии аэродинамического регулирования и т.д. [5].

Таблица 2

Характеристики ветроэнергоустановки ВЭУ-3

Table 2

Parameters of WT-3 Wind Turbine

Мощность генератора номинальная	3 кВт
Скорость ветра номинальная	11 м/с
Коэффициент использования энергии ветра КИЭВ	до 0,43%
Выходное напряжение регулятора ВЭУ	220 В пост.тока
Стартовая скорость ветра	2 м/сек
Диапазон рабочих скоростей ветра	3...45 м/сек
Диапазон рабочих частот вращения	40...200 об/мин
Номинальная частота вращения	180 об/мин
Количество лопастей	6
Профиль лопасти	Симметричный ГРЦВ-2035
Хорда лопасти	400…460 мм
Диаметр ротора	3,4 м
Высота ротора	4,1 м
Высота мачты	12+ м
Вибрация (амплитуда виброускорения, м/с^2), среднеквадр. Шум, дБА (макс. уровень звука на макс.скорости) Инфразвук, дБ (уровень звукового давления в октавных полосах) Ультразвук, дБ Электромагнитное излучение: - магнитная индукция 50Гц, мкТл - электрическое поле, кВ/м	0,000043 м/с^2 41 дБ(А) не зафиксирован не зафиксирован не измерялось не измерялось
Диапазон рабочих температур воздуха	–60. . . +60 ^{0}C
Срок эксплуатации ВЭУ	> 20 лет
Период между тех.обслуживанием	> 5 лет
Масса ВЭУ, в том числе: 1. Ротор, в том числе: 1.1. Лопасти 1.2. Ступица 1.3. Генератор 1.4. Аэродинамический тормоз 1.5. Механический тормоз 1.6. Стойки, крепеж 2. Мачта	596 кг 396 кг 72 кг 103 кг 65 кг 52 кг 9 кг 95 кг 200 кг

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Выработка энергии без учета электрических потерь на преобразование приведена в таблице 3. Скорость ветра выше 12 м/с не принимается во внимание в соответствии с данными таблицы 2 и наличием аэродинамического регулирования, позволяющего стабилизировать частоту вращения на уровне 180–200 об/мин при скорости ветра 11 м/с и выше (до 45 м/с) [6]. Предельная расчетная буревая скорость ветра составляет 60 м/с.

Таблица 3

Выработка электроэнергии ветроэнергоустановкой ВЭУ-3

Table 3

Energy output of WT-3 Wind Turbine

Скорость ветра, м/сек	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скорость вращения ротора, об/мин	46	61	76	91	106	121	137	152	176	191
Мгновенная мощность, квт	0,06	0,2	0,4	0,7	1,1	1,7	2,5	2,9	4,4	5,7
Суточная энергия, квт-час	1,4	4,8	9,6	16,8	26,4	40,8	60,0	69,6	105,6	136,8
Месячная энергия, квт-час	43	144	288	504	792	1 224	1 800	2 088	3 168	4 104
Годовая энергия, квт-час	518	1 728	3 456	6 048	9 504	14 688	21 600	25 056	38 016	49 248

Ветроэнергетика может использоваться не только для энергоснабжения электрооборудования, но и теплоэлектроснабжения жилых помещений, что позволяет прогнозировать развитие локальной социальной инфраструктуры в условиях Севера и Арктики. Эксплуатация ВЭУ в качестве источника электричества для энергоэффективных инфракрасных лучистых теплонагревателей дает серьезный экономический эффект за счет создания системы обогрева помещений со средним энергопотреблением 15–20 Вт/м^2 [7] и систем энергосберегающего освещения с низким потреблением электроэнергии [9].

Указанный уровень мощности является показательным для Севера и Арктики, поскольку отражает среднее энергопотребление небольшой семьи, состоящей из 3–4 человек. Более того, в связи с наличием вариантов компоновки систем энергоснабжения несколькими ветромодулями номинальную мощность можно довести до уровня 10–100 кВт, что с избытком покрывает потребности малых предприятий, ферм, цехов, оборудования нефтегазодобычи, социальных объектов. При дальнейшем росте потребляемой мощности будет рассматриваться либо помодульное увеличение номинальной мощности ветропарков, либо увеличение единичной мощности ветроэнергоустановки. Такой подход в части масштабирования может стать основой энергетической стратегии в освоении Севера. Возможность размещения на зданиях и сооружениях является отличительной чертой отечественных ветроустановок [10], что открывает дополнительные перспективы внедрения таких источников энергоснабжения за счет низкой стоимости монтажа, обслуживания и ремонта. Учитывая отсутствие вредных излучений, надежность конструкции и высокую эффективность, заявляемые установки могут размещаться на ответственных инженерных объектах: жилых, офисных и производственных зданиях, сооружениях, нефтяных вышках, мачтах сотовых операторов, мостовых конструкциях и т.д.

Экспедиция по изучению использования ветроэнергетики в условиях Севера

В сентябре 2014 года филиал ОАО «ОРКК» – «НИИ КП» при участии специалистов РГС СФ и ЮУрГУ организовал экспедицию на мыс Канин Нос. Цель данной экспедиции состояла в плановом обслуживании МЛДПС Горла Белого моря (маяк Канинский), установке и испытаниях ВЭУ-3 мощностью 3 кВт для обеспечения дополнительного резервирования системы электропитания. Данная ветроэнергетическая установка позволяет вырабатывать 3 кВт мощности электроэнергии при скорости ветра 11 м/с. Средняя скорость ветра на полуострове Канин составляет 7–8 м/с, что позволяет ВЭУ практически постоянно развивать до 1,5 кВт мощности.

Суровые погодные условия Белого и Баренцева морей накладывают жесткие ограничения как на проведение монтажных работ, так и на эксплуатацию оборудования. В связи с этим любая экспедиция в Арктику должна учитывать непредсказуемые колебания осадков и ветра, используя порой редчайшие проявления относительного затишья океанской стихии. Успех данной экспедиции оказался под угрозой из-за сильнейшего шторма, который гидрографическое судно, транспортирующее из Архангельска необходимое оборудование и специалистов на мыс Канин Нос, было вынуждено пережидать, скрываясь за островом Моржовец более семи дней при сильной волновой качке. Тем не менее, несмотря на экстремальные условия высадки на мыс, низкую температуру, влажность до 100 % и сильный ветер с порывами до 18 м/с, члены экспедиции в четырехдневный срок провели запланированные работы по обслуживанию МЛДПС и монтажу экспериментального образца ВЭУ-3 с новой разработанной силами РГС СФ центростремительной системой аэродинамической стабилизации частоты вращения (рис. 4).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Рис. 4. Монтаж ветроэнергетической установки на мысе Канин нос
Fig. 4. Assembling of wind turbine at Kanin Nos cape

После окончания монтажных работ и подключения ВЭУ в схему питания МЛДПС ветроустановка была благополучно запущена в эксплуатацию. К этому времени на мысе Канин Нос наступили благоприятные метеоусловия, что позволило провести испытания ВЭУ. На протяжении нескольких дней скорость ветра не падала ниже отметки 8 м/с, наблюдались порывы до 15 м/с. ВЭУ продемонстрировала штатную выработку электроэнергии, что подтвердило теоретические предположения о возможности использования возобновляемых источников энергии в условиях Крайнего Севера и Арктики. Характеристика мощности ветроэнергоустановки приведена на рис. 5.

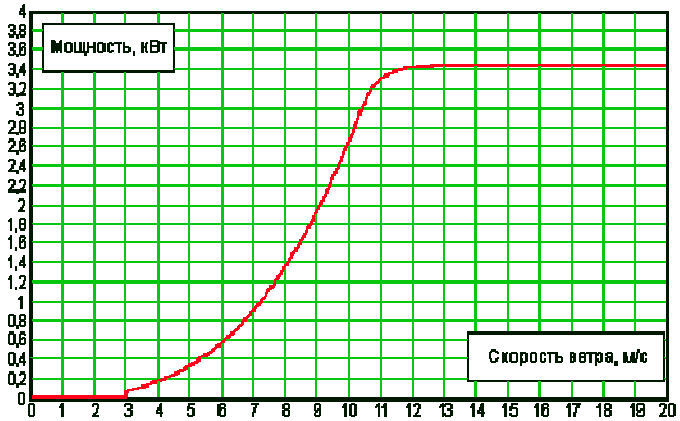


Рис. 5. График зависимости выходной мощности ВЭУ-3 от скорости ветра
Fig. 5. Power versus wind speed curve for WT-3 Wind Turbine

Проведенные мероприятия позволили частично разгрузить дизель-генератор и подать вырабатываемую мощность на заряд аккумуляторной группы, обеспечивающей бесперебойную работу МЛДПС. Фактически энергоснабжение от двух малых ветроэнергоустановок в перспективе позволит практически полностью исключить энергопотребление от дизель-генератора.

Практика показала, что малые ветроэнергоустановки в условиях Севера имеют большое преимущество в сравнении с крупными за счет меньшей парусности, дублирования энергоснабжения в плане бесперебойной работы ветропарка в случае единичных отказов ВЭУ, удобства монтажа, обслуживания и ремонта в местных условиях [8]. Кроме того, вертикально-осевые конструкции имеют меньшее лобовое сопротивление по сравнению с традиционными горизонтально-осевыми «пропеллерами», их работа не зависит от направления ветра, а выработка энергии с помощью роторов «Н-Дарье» не ниже, а в большинстве случаев выше, чем у горизонтально-осевых.

Заключение

Миссия по оснащению высокотехнологичного навигационного объекта альтернативным источником энергии была выполнена успешно, что открыло новые возможности освоения Крайнего Севера и арктического пространства в части развития энерге-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

тической и социальной инфраструктуры. Полученный опыт может быть использован для дальнейшего оснащения удаленных объектов автономными энергокомплексами и совершенствования конструкций ветронергоустановок с привязкой к суровым условиям Арктики с внедрением современных средств генерации электроэнергии на основе возобновляемых источников (рис. 6). Дальнейшее развитие данного направления представляется актуальным, стратегически верным, экономически оправданным и, основываясь на проведенных испытаниях, успешным.



Рис. 6. Ветроэнергоустановка ВЭУ-3 на мысе Канин нос
Fig. 6. WT-3 wind turbine at Kanin Nos cape

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Список литературы

1. Скуфьина Т.П. Перспективы развития севера России / Т.П. Скуфьина / Сценарии социально-экономического развития регионов Севера РФ. Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского НЦ РАН. М.: 2010. С. 12–30.

2. Малая энергетика решит проблемы энергоснабжения районов Крайнего Севера. «Нефть России», 23.03.10; Москва. РИА Новости [Электронный ресурс] http://rad-stop.ru/malaya-energetika-reshit-problemyi-energosnabzheniya-rayonov-kraynego-severa/#.VR1iyU0cTVg

3. Освоение Арктики как стратегический приоритет столицы Поморья [Электронный ресурс] News29.ru /http://www.news29.ru/novosti/interview/Kursom_Putina_Osvoenie_Arktiki_kak_strategicheskij_prioritet_stolicy_Pomorja/19641.

4. Путин В.В. Совещание по вопросу эффективного и безопасного освоения Арктики [Электронный ресурс] http://www.putin-today.ru/archives/3876.

5. Соломин Е.В. Вертикально-осевые ветроэнергетические установки: «Сделано в России» / Е.В. Соломин // Материалы Межрегионального совета по науке и технологиям. «Механика и процессы управления» и «Проблемы машиностроения». Екатеринбург–Миасс: УрО РАН, 2008. С.17–19.

6. Соломин Е.В. Вертикальноосевые установки российской ветроэнергетики / Соломин Е.В. // Материалы Регионального научно-практического семина-

ра «Современное состояние, проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии» 8–9 октября 2009 г. Элиста: Изд–во КГУ, 2009. С. 71–75.

7. Кирпичникова И.М., Соломин Е.В., Панасюк И.Н., Пронин Н.В. Использование ветроэнергетических установок для обеспечения энергосберегающей системы отопления жилых помещений // Материалы научно-практического семинара 14–16 апреля 2010 г. Астрахань. Астрахань: Издат. Дом «Астраханский университет», 2010. С. 65–68.

8. Холстед Р.Л., Соломин Е.В. Технические особенности и преимущества ветроэнергетических установок // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2010. № 1. С. 36–41.

9. Мартьянов А.С., Соломин Е.В. Система освещения, основанная на ветроэнергетической установке // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2010. №1. С.101–105.

10. Соломин Е.В. О размещении ветроэнергетических установок на зданиях и сооружениях // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2014. № 09 (149). С. 42–45.

References

1. Skuf'ina T.P. Perspektivy razvitiâ severa Rossii / T.P. Skuf'ina / Scenarii social'no-èkonomičeskogo razvitiâ regionov Severa RF. Institut èkonomičeskih problem imeni G. P. Luzina Kol'skogo NC RAN. Moscow, 2010, pp.12–30 (in Russ.).

2. Malaâ ènergetika rešit problemy ènergosnabženiâ rajonov Krajnego Severa. «Neft' Rossii», 23.03.10, Moscow. RIA Novosti. Available at: http://radstop.ru/malaya-energetika-reshit-problemyi-energosnabzheniya-rayonov-kraynego-severa/#.VR1iyU0cTVg (in Russ.).

3. Osvoenie Arktiki kak strategičeskij prioritet stolicy Pomor'â. Available at: News29.ru /http://www.news29.ru/novosti/interview/Kursom_Putina_Osvoenie_Arktiki_kak_strategicheskij_prioritet_stolicy_Pomorja/19641 (in Russ.).

4. Putin V.V. Soveŝanie po voprosu èffektivnogo i bezopasnogo osvoeniâ Arktiki. Available at: http://www.putin-today.ru/archives/3876 (in Russ.).

5. Solomin E.V. Vertikal'no-osevye vetroènergetičeskie ustanovki: «Sdelano v Rossii». *Materialy Mežregional'nogo soveta po nauke i tehnologiâm. «Mehanika i processyupravleniâ» i «Problemy mašinostroeniâ»*, Yekaterinburg–Miass: UrO RAN, 2008, pp. 17–19 (in Russ.).

6. Solomin E.V. Vertikal'no-osevye ustanovki rossijskoj vetroènergetiki. *Materialy Regional'nogo naučno-praktičeskogo seminara «Sovremennoe sostoânie, problemy i perspektivy ispol'zovaniâ vozobnovlâemyh istočnikov èngergii»* 8–9 October 2009.Èlista: Izd-vo KGU Publ., 2009, pp. 71–75 (in Russ.).

7. Kirpichnikova I.M., Solomin E.V., Panasyuk I.N., Pronin N.V. Ispol'zovanie vetroènergetičeskih ustanovok dlâ obespečeniâ èngergosberegaûŝej sistemy otopleniâ žilyh pomeŝenij. *Materialy naučno-praktičeskogo seminara* 14–16 April 2010. Astrakhan. Astrakhan: Izdat. Dom «Astrahanskij universitet» Publ., 2010, pp. 65–68 (in Russ.).

8. Holsted R.L., Solomin E.V. Tehničeskie osobennosti i preimuŝestva vetroènergetiče-skih ustanovok. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ èngergetika i èkologiâ" (ISJAEE)*, 2010, no. 1, pp. 36–41.

9. Martyanov A.S., Solomin E.V. Sistema osveŝeniâ, osnovannaâ na vetroènergetičeskoj ustanovke. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ èngergetika i èkologiâ" (ISJAEE)*, 2010, no. 1, pp. 101–105 (in Russ.).

10. Solomin E.V. O razmeŝenii vetroènergetičeskih ustanovok na zdaniâh i sooruženiâh. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ èngergetika i èkologiâ" (ISJAEE)*, 2014, no. 09 (149), pp. 42–45 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 02.04.15. Ред. рег. № 2222 The article has entered in publishing office 02.04.15. Ed. reg. No. 2222

УДК 621.577.4

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕПЛОТУ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

А.О. Сычёв, В.В. Харченко

Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства
РФ 109456, Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 2
тел: +7(499)171-96-70; факс: +7(499)170-51-01, e-mail: kharval@mail.ru, arsenicus@rambler.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.008

Заключение совета рецензентов: 16.04.15 Заключение совета экспертов: 28.04.15 Принято к публикации: 12.05.15

Одним из основных препятствий для более широкого внедрения тепловых насосов в сферу теплоснабжения является высокая стоимость систем на их основе. Рассматриваются меры, способные уменьшить стоимость и увеличить эффективность теплонасосных установок, использующих теплоту поверхностных вод, прежде всего теплоту водотоков, за счёт улучшения методов отбора низкопотенциальной теплоты от водной среды. Приведён пример конструкции погружного теплообменника «вода-рассол», спроектированного в соответствии с описанными мерами. Разработаны рекомендации по выбору оптимального состава теплоносителя низкотемпературного контура.

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальная теплота, водоток, погружной теплообменник «вода-рассол».

WAYS TO IMPROVE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF A SURFACE WATER HEAT PUMP BASED SYSTEMS

A.O. Sychov, V.V. Kharchenko

The All-Russia Institute for Electrification of Agriculture
2, 1st Veshnjakovsky Dr., Moscow, 109456 Russian Federation
ph.: +7(499)171-96-70; fax: +7(499)170-51-01, e-mail: kharval@mail.ru, arsenicus@rambler.ru

Referred 16 April 2015 Received in revised form 28 April 2015 Accepted 12 May 2015

One of the main obstacles for more widespread introduction of heat pumps to the sphere of heat supply is the high cost of systems on their basis. The paper considers the measures capable to reduce cost and to increase efficiency of the heat pump installations using warmth of surface water, first of all warmth of watercourses, due to improvement of selection methods of low-grade heat from the water environment. The paper gives the example of a design of the submersible water-brine heat exchanger designed according to the described measures and recommendations about a choice of optimum medium of a low-temperature contour.

Keywords: water-source heat pump, low-grade heat, watercourse, submersible water-brine heat exchanger.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Сычёв Арсений Олегович
Arseniy O. Sychov

Сведения об авторе: аспирант ФГБНУ ВИЭСХ.

Образование: МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет "Энергомашиностроение", кафедра "Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии" (2011 г.).

Область научных интересов: возобновляемая энергетика, тепловые насосы, теплообменные процессы.

Публикации: 7.

Information about the author: post-graduate student of FGBNU VIESH.

Education: Bauman Moscow State Technical University, Power Engineering faculty, department of Alternative and renewable energy sources (2011).

Research area: renewable power engineering, heat pumps, heat-exchange processes.

Publications: 7.



Харченко Валерий Владимирович
Valeriy V. Kharchenko

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВИЭСХ, член Комитета ВИЭ РосСНИО, член ISES-Russia, рецензент международного журнала Solar Energy, член Комиссии по альтернативной энергетике Общественного Совета при Министерстве сельского хозяйства РФ, член Научного Совета РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии.

Образование: Ташкентский политехнический институт (1961 г.).

Область научных интересов: технологии возобновляемой энергетики.

Публикации: более 200.

Information about the author: DSc (engineering), professor, principal scientific fellow of FGBNU VIESH; a member of ISES-Russia; a reviewer of the International Journal of Solar Energy; member of the Commission on alternative energy of the Public Council under the Ministry of Agriculture of the Russian Federation; a member of the Scientific Council of RAS on renewable energy sources.

Education: Tashkent Polytechnic Institute (1961).

Research area: technologies of renewable energy.

Publications: more than 200.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Во многих странах теплонасосные установки (ТНУ) внедряются и активно применяются в сфере теплоснабжения уже много лет, особенно в теплоснабжении частных домов. Здесь они служат хорошей альтернативой газовым, жидкотопливным или твёрдотопливным котлам, а также устройствам прямого электрообогрева в тех случаях, когда отсутствует возможность подключения к магистральному газопроводу, и источниками энергии могут служить только электросеть или завозное топливо. Основными препятствиями для более широкого внедрения таких установок в России являются, с одной стороны, высокая стоимость и, соответственно, длительный срок окупаемости установок, использующих теплоту грунта или водных сред, и, с другой стороны, малая эффективность при низких температурах более доступных тепловых насосов, использующих теплоту наружного воздуха. Последний тип в основном подходит только для регионов с относительно мягким климатом, прежде всего на юге страны [1].

Значительную долю в сумме капитальных затрат при сооружении ТНУ первого типа составляет стоимость обустройства контура по отбору низкопотенциальной теплоты. Если в качестве источника теплоты выступает грунт или грунтовые воды, то существенно снизить стоимость установки в большинстве случаев довольно сложно ввиду необходимости масштабных грунтовых работ. Но в случае наличия подходящего по параметрам открытого водного источника теплоты – водоёма или водотока – появляется возможность сократить затраты на установку. Широкие перспективы в этом плане открывает использование теплоты водотока. Анализ практики создания подобных ТНУ показывает: в связи с малым опытом и отсутствием необходимых исследований в этой области, в основном находят далеко не самые оптимальные решения, что приводит к увеличению стоимости, а порой и к ситуациям, когда характеристики полученной установки оказываются значительно хуже, чем ожидалось. В ряде случаев при попытке спроектировать ТНУ с применением классических методов отбора теплоты от водной массы уже результаты предварительных расчётов делают такой проект непривлекательным для заказчика, и от этой идеи вовсе отказываются, хотя более глубокий подход к вопросу и иные технические решения могли бы сделать такую установку гораздо рентабельнее.

Следует также отметить, что помимо природных водных сред существует множество относительно тёплых водоёмов и водотоков, несущих в себе геотермальную или бросовую антропогенную теплоту, при использовании которой в ТНУ можно значительно сократить затраты на теплоснабжение.

Пути улучшения характеристик ТНУ

Существует несколько способов отбора теплоты от водоёма или водотока. Наиболее простым, малозатратным и эффективным на первый взгляд представляется схема с открытым контуром без промежуточного теплоносителя, то есть с забором и последующим сбросом воды, но такой вариант вследствие серьёзных недостатков, как правило, не рекомендуется к применению. Таким образом, на практике наиболее часто пользуются пассивными методами отбора теплоты с контуром промежуточного теплоносителя, среди которых наибольшее распространение получил метод с укладкой на дно так называемых матов из полиэтиленовых труб, что можно назвать аналогией метода отбора грунтовой теплоты на основе горизонтальных коллекторов. Но, несмотря на простоту конструкции и низкую стоимость полиэтиленовых труб, такая схема отбора теплоты от водной среды далеко не всегда является наиболее рациональной.

Авторы данной статьи рассмотрели пути повышения технико-экономических характеристик теплонасосных установок, использующих теплоту водной среды, прежде всего водотока.

На рис. 1 показана блок-схема, поясняющая, каким образом принимаются основные технические решения в случае отбора теплоты от среды с низкой теплоотдачей, например грунта. Схема позволяет понять, по каким причинам именно коллекторы из полиэтиленовых труб являются наилучшим вариантом в подобных условиях.

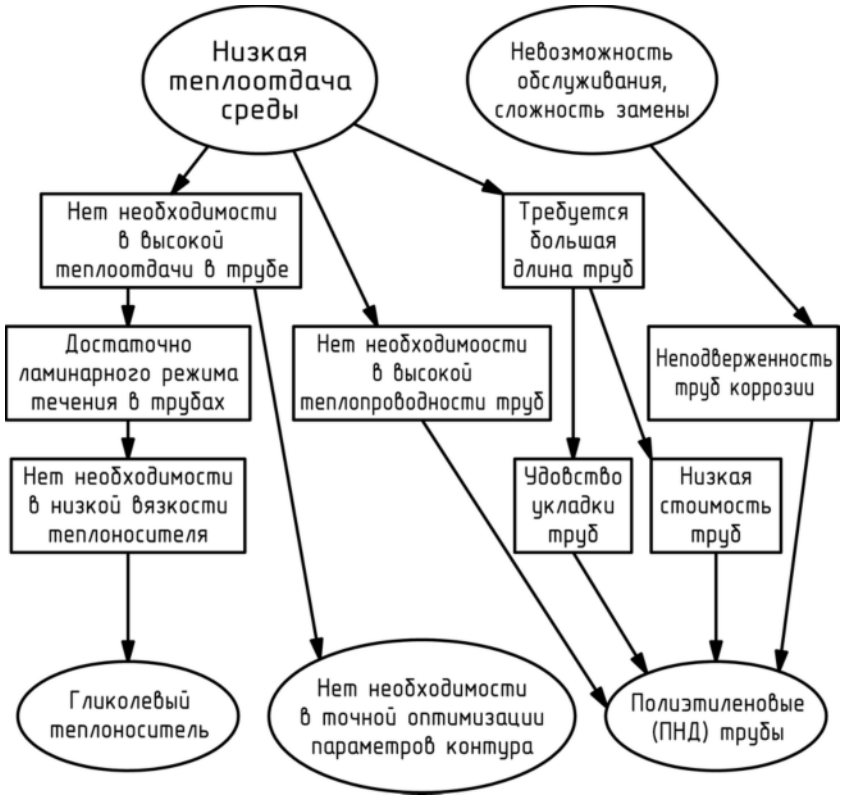


Рис. 1. Логика выбора оптимальных технических решений для отбора теплоты от среды с низкой теплоотдачей
Fig. 1. Logic of a choice of optimum technical solutions for warmth selection from medium with a low heat irradiation

Картина существенно меняется при отборе теплоты от водной среды. Неподвижную водную массу в непроточном водоёме, особенно в придонной области, нельзя назвать средой с высокой теплоотдачей, но возникающие конвективные потоки позволяют использовать схемы с большей плотностью теплового потока и меньшей поверхностью теплообмена. Таким образом, иногда конкуренцию масштабным донным коллекторам из полиэтиленовых труб могут составить более компактные погружные теплообменники, в некоторых случаях уже применяющиеся при создании подобных теплонасосных установок. Но на сегодняшний день ощущается недостаточность данных и отсутствие каких-либо сравнительных исследований, которые позволяли бы точно находить оптимальные решения в каждом конкретном случае отбора теплоты от водоёма.

В свою очередь, водоток в полной мере можно

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

назвать средой с высокой теплоотдачей, и для достижения наилучших технико-экономических показателей ТНУ данного типа целесообразно воспользоваться этой особенностью. На рис. 2 приведена блок-схема, демонстрирующая основные меры, которые следует предпринять при проектировании теплообменника и в целом контура отбора низкопотенциальной теплоты от водотока для достижения поставленных целей.

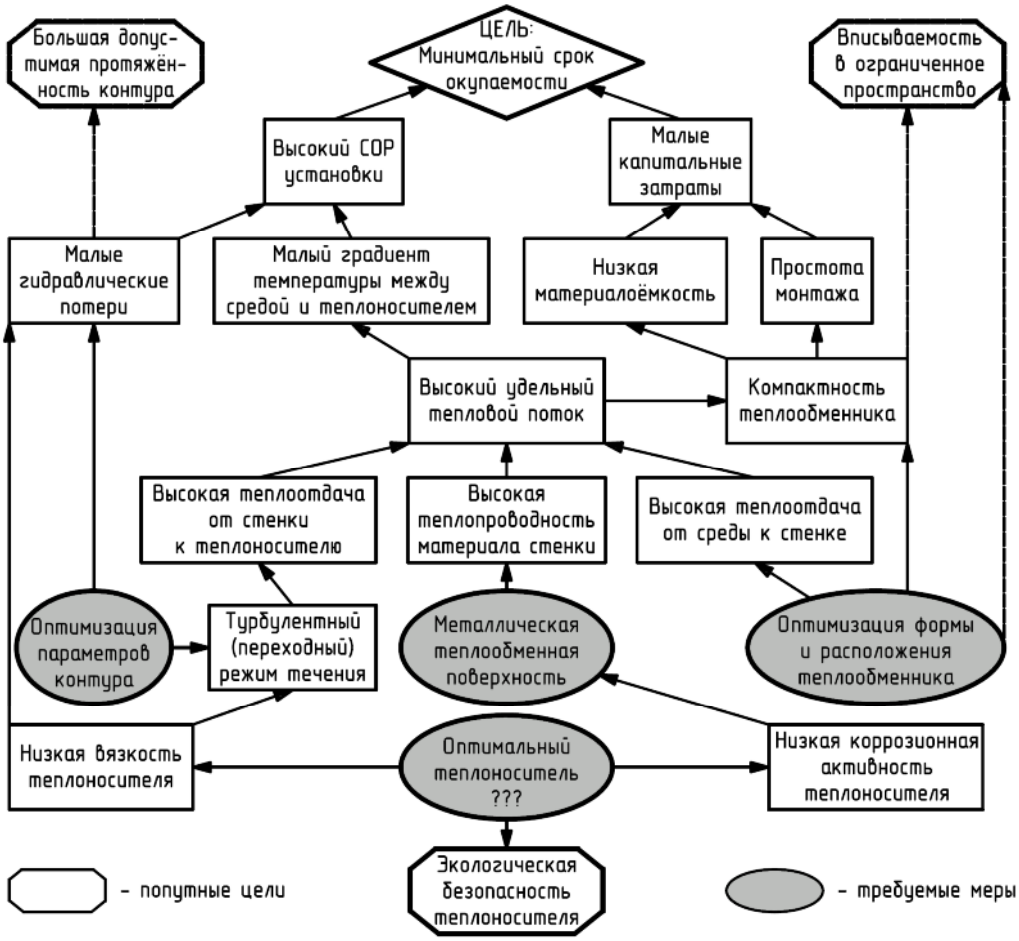


Рис. 2. Возможные пути повышения технико-экономических показателей ТНУ при отборе теплоты от водотока
Fig. 2. Possible ways to improve technical and economic indicators of heat pump based systems in case of warmth selection from a watercourse

Как видно на схеме, данный путь требует более тщательного подхода к расчёту и оптимизации параметров, но спроектированные таким образом ТНУ с металлическими погружными теплообменниками во многих случаях должны стать более выгодными, нежели ТНУ с донными матами, а в ряде случаев он является единственным приемлемым решением.

Важный и сложный вопрос, актуальный при любых схемах отбора низкопотенциальной теплоты, – это выбор оптимального теплоносителя, максимально отвечающего всем требованиям. В условиях околонулевых температур вязкость теплоносителя начинает играть решающую роль. Высокая вязкость большинства низкозамерзающих теплоносителей, особенно пропиленгликолевых, значительно ухудшает характеристики и делает неэффективными металлические теплообменники. Более того, этот же фактор существенно ухудшает характеристики классических коллекторов из полиэтиленовых труб.

Анализ большого числа применяемых в различных областях низкозамерзающих составов показал, что теплоноситель, который отвечал бы всем требованиям, отсутствует. В качестве компромиссного варианта может выступать раствор хлорида кальция, несмотря на коррозионную активность, которую в значительной степени можно уменьшить при использовании определённых ингибиторов коррозии. Помимо малой вязкости такой теплоноситель характеризуется низкой стоимостью, что также является существенным фактором, влияющим на общую стоимость установки, а также экологической безопасностью.

Практические решения

Можно предложить несколько различных конст-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

рукций теплообменников «вода-рассол», предназначенных для отбора теплоты от водотока, соответствующих приведённым выше критериям максимальной эффективности. Вариант подобного теплообменника на основе плоского змеевика из металлических труб круглого сечения представлен на рис. 3.

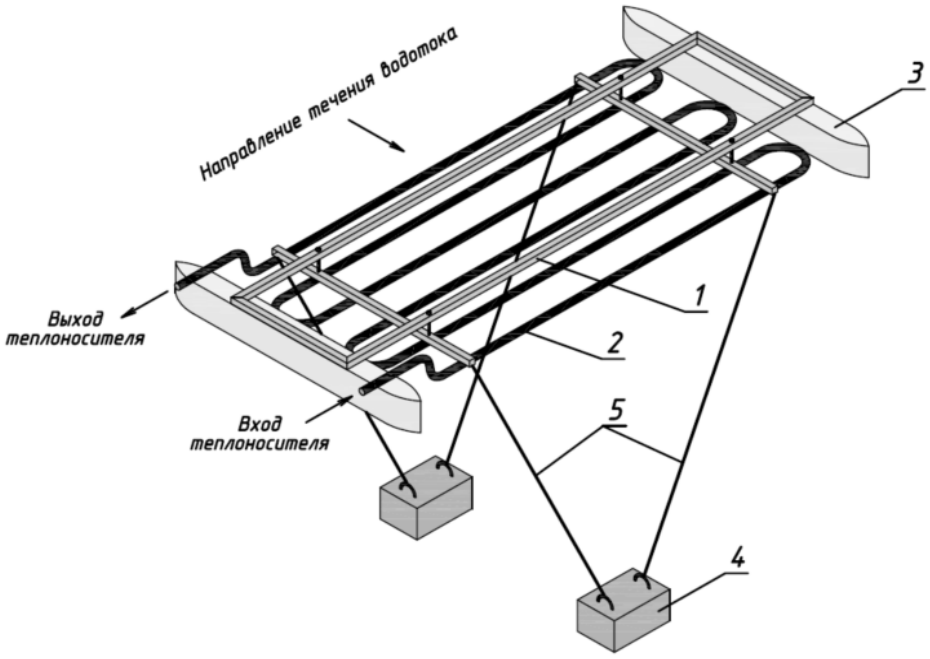


Рис. 3. Погружной плавучий теплообменник «вода-рассол»:
1 – рама, 2 – змеевик, 3 – поплавки, 4 – грузы-якоря, 5 – тросы
Fig. 3. Submersible floating water-brine heat exchanger:
1 – frame, 2 – coil-pipe, 3 – floats, 4 – anchors, 5 – ropes

Улучшение параметров теплообмена достигается прежде всего за счёт использования естественного движения воды в направлении течения в ядре потока (для интенсификации теплообмена). Известно, что скорость течения воды в открытом русле принимает наибольшие значения вблизи поверхности, а в случае наличия ледяного покрова зона наибольшей скорости течения смещается вглубь, ближе к середине потока [2]. Для того чтобы теплообменник удерживался в зоне наибольшей скорости течения, он снабжён поплавками, придающими ему плавучесть, тросами и грузами-якорями (рис. 4, 5). Улучшение теплообменных характеристик также происходит за счёт того, что при такой конструкции и расположении теплообменника в русле обеспечивается поперечное обтекание потоком воды прямых участков трубы змеевика, а это интенсифицирует процесс теплопередачи.

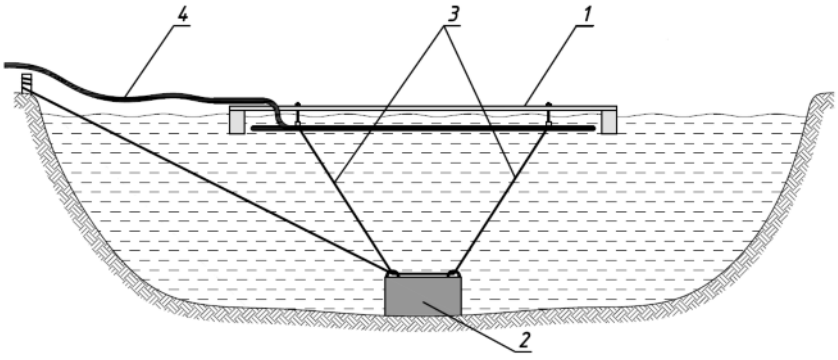


Рис. 4. Пример расположение теплообменника в русле водотока:
1 – теплообменник, 2 – грузы-якоря, 3 – тросы, 4 – гибкие подводки
Fig. 4. Example of arrangement of the heat exchanger in a watercourse:
1 – floating heat exchanger, 2 – anchors, 3 – ropes, 4 – flexible hose

При использовании теплообменника в условиях замерзающего водотока на период наличия ледяного покрова его целесообразно подтягивать тросами ближе ко дну (рис. 5*б*, 5*г*), а в остальное время удержи-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

вать у поверхности водотока (рис. 5 *а*, 5*в*), таким образом, змеевик будет находиться в зонах наибольшей скорости течения и не вмерзнет в лёд. При этом даже существенное уменьшение уровня воды в русле не приведёт к осушению труб змеевика, так как теплообменник начнёт опускаться вслед за уровнем воды.

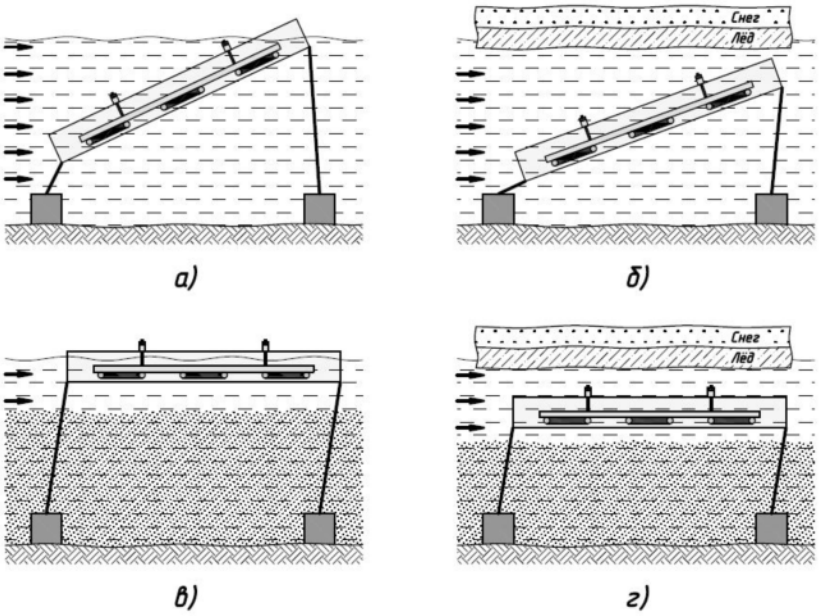


Рис. 5. Примеры расположения теплообменника в водотоке в зависимости от условий:
а) чистое русло; б) наличие ледяного покрова; в) заиленное русло; г) наличие донного ила и ледяного покрова
Fig. 5. Examples of arrangement of the heat exchanger in a watercourse depending on conditions:
а) clear channel; б) the presence of an ice cover; в) silted channel; г) the presence of bottom sludge and ice cover

Для испытания описанного метода, а также для проверки других технических решений, направленных на повышение технико-экономических характеристик ТНУ, была собрана экспериментальная установка, которая представляет собой теплонасосную систему отопления и кондиционирования жилого дома типа «вода–воздух» теплопроизводительностью до 7 кВт (рис. 6). Система отбора низкопотенциальной теплоты смонтирована на специально выбранном незамерзающем водотоке.

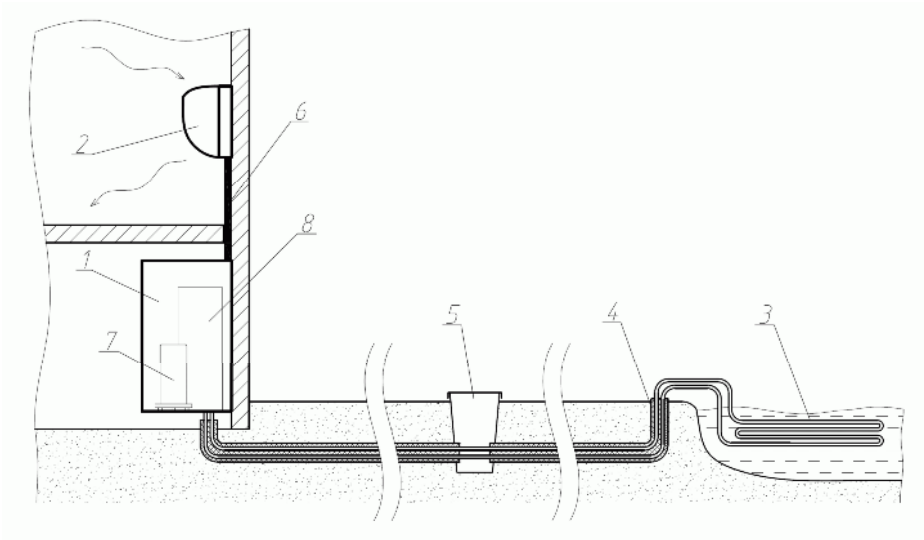


Рис. 6. Принципиальная схема экспериментальной установки:
1 – внешний блок; 2 – внутренний блок; 3 – теплообменник «вода-рассол»; 4 – утеплённый подземный трубопровод;
5 – инспекционный колодец, точка подключения дополнительных источников теплоты;
6 – фреонопровод; 7 – компрессор; 8 – теплообменник «рассол-фреон»
Fig. 6. Schematic diagram of the experimental installation:
1 – outdoor unit; 2 – indoor unit; 3 – water-brine heat exchanger; 4 – warmed underground pipeline; 5 – inspection well, point of connection of additional warmth sources; 6 – freon line; 7 – compressor; 8 – brine-freon heat exchanger

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Помимо специального речного теплообменника эту экспериментальную установку отличает ещё несколько технических решений, которые обычно не применяются в классических теплонасосных системах, но дают определённые преимущества и также служат предметами исследования. К таким решениям, например, относятся:

– использование частотно-регулируемых компрессора и циркуляционного насоса низкотемпературного контура;

– непосредственный нагрев внутреннего воздуха в теплообменнике-конденсаторе теплового насоса без применения промежуточных контуров и замкнутая вентиляционная система для распределения тёплого воздуха по дому;

– возможность подключения к системе дополнительных источников низкопотенциальной теплоты.

Для рассматриваемой схемы эффективность всей установки зависит от таких параметров, как размеры и конфигурация погружного теплообменника, состав и удельный расход теплоносителя и других. При этом на суммарный коэффициент преобразования (coefficient of performance – COP) всей установки влияет также мощность, затрачиваемая на циркуляцию теплоносителя. С целью определения наиболее выгодной конфигурации и оптимизации всех параметров для конкретных начальных условий предварительно была составлена специальная расчётная программа в среде в MathCAD [3].

Заключение

Использование поверхностных водоёмов и особенно водотоков в качестве источников низкопотенциальной теплоты для работы теплонасосных установок позволяет сократить стоимость и сроки окупаемости последних. Но для достижения высоких технико-экономических показателей таких ТНУ требуются новые, наиболее оптимальные в каждом случае решения, например, применение погружного плавучего теплообменника «вода-рассол». Внедрение в практику этого и других решений способствовало бы более широкому распространению подобных систем.

Список литературы

1. Чемеков В.В., Харченко В.В. Система теплоснабжения автономного жилого дома на основе теплового насоса и ветроэлектрической установки // Теплоэнергетика. 2013. № 3. С. 58–62.

2. Железняков Г.В. Теория гидрометрии. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 330 с.

3. Харченко В.В., Сычёв А.О. Оптимизация низкотемпературного контура теплонасосной установки на основе теплоты поверхностных вод // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2013. № 07. С. 31–36.

References

1. Chemekov V.V., Kharchenko V.V. Sistema teplosnabženiâ avtonomnogo žilogo doma na osnove teplovogo nasosa i vetroèlektričeskoj ustanovki. *Teploènergetika*, 2013, no. 3, pp. 58–62 (in Russ.).

2. Zheleznyakov G.V. Teoriâ gidrometrii. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1976, 330 p. (in Russ.)

3. Kharchenko V.V., Sychov A.O. Optimizaciâ nizkotemperaturnogo kontura teplonasosnoj ustanovki na osnove teploty poverhnostnyh vod. *International Scientific Journal «Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ»* (ISJAEE), 2013, no. 7, pp. 31–36 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 28.04.15. Ред. рег. № 2247 The article has entered in publishing office 28.04.15. Ed. reg. No. 2247

УДК 620.92

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЙ НАСОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Е.В. Стариков, А.Д. Никитин, В.М. Пахалуев, С.Е. Щеклеин

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
РФ 620002, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
e-mail: aes@mail.ustu.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.009

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

Исследовано преобразование тепловой энергии в механическую работу по перекачиванию жидкости при парообразовании в узких вертикальных каналах. Особенностью вскипания жидкости в узких каналах является образование паровых снарядов, полностью перекрывающих поперечное сечение канала и выталкивающих из него жидкость. При этом возникает флуктуационный режим испарительно-конденсационных процессов при постоянном подводе тепловой энергии. Для описания данных процессов использована модель стержневого выброса. Проведены экспериментальные исследования изменения давления в канале при работе термомеханического насоса. Экспериментально определены зависимости расхода жидкости от ее температуры, подводимой мощности и напора. Разработана физическая модель работы насоса, построены его характеристики. Термомеханический насос может найти применение для повышения эффективности технологического процесса в тех областях техники, где необходимо перекачивание жидкости с относительно малым расходом и присутствует большое количество сбросной тепловой энергии.

Ключевые слова: термомеханический насос, паровые снаряды, перекачивание жидкости, преобразование тепловой энергии, использование низкопотенциальной энергии, парообразование, кипение в каналах.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

THERMOMECHANICAL PUMP WITH THE USE OF LOW GRADE THERMAL ENERGY

E.V. Starikov, A.D. Nikitin, V.M. Pahaluev, S.E. Scheklein

Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin
19 Mir Str., Yekaterinburg, 620002 Russian Federation
e-mail: aes@mail.ustu.ru

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

The paper investigates the transformation of thermal energy to mechanical work on pumping of liquid at steam formation in narrow vertical channels. Feature of boiling up of liquid in narrow channels is formation of the steam shells which are completely blocking the cross section of the channel and pushing out liquid from it. There is a fluctuation mode of vaporizing and condensation processes at a constant supply of thermal energy. The model of rod emission is used for the description of that processes.

This paper carries out the pilot studies of pressure variation in the channel during the operation of the mechanical heat pump and experimentally defines the dependences of flow rate of liquid on its temperature, the input power and pressure. The physical model of pump operation is developed, its characteristics are constructed. The thermomechanical pump can find application for increase of technological process efficiency in those areas of equipment where pumping of liquid with rather small expense is necessary and there is a large number of waste thermal energy.

Key words: mechanical heat pump, steam shells, pumping of liquids, thermal energy conversion, using of low potential energy, vaporization, boiling in the channels.



Стариков Евгений Владимирович
Evgeny V. Starikov

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

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

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

Награды и научные премии: призер всероссийских выставок и конференций, имеет грамоты.

Публикации: 32 статьи, 6 патентов на полезную модель,

Information about the author: PhD (engineering), associate professor of "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources" department of Ural Federal University.

Education: Ural State Technical University (2004).

Research area: small-scale power engineering and alternative energy; energy efficiency analysis of alternative energy plants; solar power engineering.

Scientific awards: national exhibition prize winner, certificate of merit.

Publications: 32 articles, 6 patents.



Никитин Александр Дмитриевич
Alexandr D. Nikitin

Сведения об авторе: магистрант кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета.

Образование: Уральский федеральный университет (УрФУ) (2014).

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

Награды и научные премии: победитель всероссийских выставок и конференций, имеет грамоты.

Публикации: 10.

Information about the author: MSc student, "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources" department of Ural Federal University

Education: Ural Federal University (2014).

Research area: small-scale power engineering and alternative energy, energy efficiency analysis of alternative energy plants, solar power engineering, study of thermophysical processes in the energy sector.

Scientific awards: winner of the All-Russian exhibitions and conferences, certificate of merit.

Publications: 10.



Пахалуев Валерий Максимович
Valery M. Pahaluev

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии»; Действительный член Международной АН о природе и обществе.

Образование: Уральский политехнический институт (УГТУ-УПИ) (1961).

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

Область научных интересов: исследования теплофизических и физико-химических процессов в теплоэнергетике и металлургической теплотехнике, разработка физических основ нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Публикации: более 90, в том числе 1 монография.

Information about the author: DSc (engineering), professor of Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources" department; a member of International A.S. of Nature and Society.

Education: Ural State Technical University (1961).

Awards and scientific awards: certificate of merit of the Ministry of Energy and Housing and Utilities of the Sverdlovsk region for many years of hard work on the training for energy companies in the country (2011).

Research area: analysis of thermophysical and physical and chemical processes in thermoenergetics and metallurgy heat engineering; development of physical basis for the alternative and renewable power sources.

Publications: more than 90 scientific works, including 1 monograph.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Щеклеин Сергей Евгеньевич
Sergey Ye. Shcheclein

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

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

Награды и научные премии: Заслуженный энергетик Российской Федерации, действительный член Международной энергетической академии; национальная экологическая премия им. В.И. Вернадского; медаль «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

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

Публикации: более 350, в том числе 2 монографии, 20 изобретений.

Information about the author: DSc (engineering), professor, Head of "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources" department of Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin.

Education: Ural State Technical University (1972).

Awards and scientific awards: Honored Power Engineer of the Russian Federation, Member of the International Energy Academy; National Environmental Prize V.I. Vernadsky; Medal "Veteran of Nuclear Energy and Industry".

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 and wind powers, and bioenergetics.

Publications: more than 350, including 2 monographs, 20 inventions.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Одним из направлений экономии топливно-энергетических ресурсов, наряду с повышением эффективности теплопередающих и теплогенерирующих установок, является разработка технологий использования низкопотенциальной энергии нетрадиционных и вторичных источников техногенного происхождения. Особый интерес представляет решение этой проблемы на основе движения теплоносителя в условиях генерирования паровых снарядов в каналах с непрерывным подводом теплоты. Преобразование энергии паровых снарядов, образующихся в узких каналах, непосредственно в механическую энергию позволяет обойтись без использования электромеханических побудителей движения жидкостей.

Закономерности роста парового пузыря внутри трубы привлекают внимание в связи с возникновением флуктуационного режима испарительно-конденсационных процессов при постоянном подводе тепловой энергии. Условием роста парового пузыря является наличие в нем внутреннего избыточного давления, связанного с перегревом жидкости по сравнению с температурой насыщения. Особенностью вскипания жидкости в узких каналах является образование паровых снарядов, полностью перекрывающих поперечное сечение канала и выталкивающих из него жидкость.

Энергию роста паровых снарядов и связанные с ними резкие периодические выбросы жидкости при вскипании в трубках малого диаметра можно преобразовать с помощью термомеханического насоса в полезную работу по перекачиванию жидкости.

Модель термомеханического насоса

Работа термомеханического насоса основана на периодическом образовании крупных паровых пузырей (снарядов). Если скорость роста пузыря при кипении в большом объеме со временем убывает, то при парообразовании в стесненных условиях, характеризующихся неразвитой естественной конвекцией, при подводе теплоты наблюдается непрерывное нарастание скорости роста паровой полости [1, 2]. Стесненные условия достигаются, в частности, при кипении в узких вертикальных трубках [3, 4].

Для оценки характеристик термомеханического насоса использована модель стержневого выброса [5]. Согласно модели, достаточно длинная вертикальная труба, заглушенная снизу, наполнена жидкостью до определенной высоты. В процессе нагрева жидкости образующаяся паровая фаза мгновенно заполняет все поперечное сечение канала, разрывая столб жидкости на два отдельных стержня. Пар в пузыре находится при температуре насыщения, и под действием избыточного давления паровой фазы выталкивается верхний столб жидкости. Движение столба жидкости описывается одномерным уравнением:

$$\frac{d^2 l}{d\tau^2} = \left(\frac{\Delta P}{\rho \cdot h} - g\right) - \left(\frac{\lambda}{2 \cdot d} + \frac{\xi}{2 \cdot h}\right) \cdot \left(\frac{dl}{d\tau}\right)^2, \qquad (1)$$

где l – размер пузыря; ΔP – амплитуда импульса давления в канале при образовании пузыря; h – высота столба жидкости над пузырем; λ – коэффициент гидравлического трения движения жидкости; ξ – коэф-

фициент местного сопротивления обратного клапана; ρ – плотность жидкости; τ – время.

Скорость роста пузыря, как это следует из уравнения (1), определяется следующим образом:

$$\frac{dl}{d\tau} = m \cdot \frac{\exp(2 \cdot b \cdot m \cdot \tau) - 1}{\exp(2 \cdot b \cdot m \cdot \tau) + 1}, \qquad (2)$$

где $m = \sqrt{\frac{a}{b}}$, $a = \frac{\Delta P}{\rho \cdot h} - g$, $b = \frac{\lambda}{2 \cdot d} + \frac{\xi}{2 \cdot h}$.

Значение расхода жидкости за один цикл продолжительностью τ_Σ, включающий образование пузыря, выталкивание и нагрев новой порции жидкости, поступающей через обратный клапан, можно оценить по приближенному выражению без учета потерь на трение при движении жидкости в канале:

$$G = 3,6 \cdot 10^6 \cdot \frac{S}{\tau_\Sigma} \cdot m \cdot \left[1 - \exp(-2 \cdot b \cdot m \cdot \tau)\right] \text{ л/ч}, \qquad (3)$$

где S – площадь поперечного сечения канала; τ_Σ – время образования и роста пузыря в канале. Гидростатический столб воды h включал развиваемый напор H и часть высоты стеклянной трубки без учета нижнего испарительного участка.

Анализ экспериментальных данных

Схема экспериментальной установки для исследования термомеханического насоса изображена на рисунке 1.

Принцип действия термомеханического насоса состоит в следующем. При подводе теплоты к жидкости, находящейся в нижней части стеклянной трубки 7, образуются крупные пузыри пара. В момент образования пузыря давление в трубке повышается, датчик 10 регистрирует положительный перепад давления. Обратный клапан 6 открывается, и часть жидкости, равная объему образовавшегося пузыря, выталкивается в напорную линию. При этом впускной клапан 5 закрыт, препятствуя выходу жидкости в емкость 4. Так как плотность пара меньше плотности жидкости, то пузырь всплывает в верхнюю часть трубки, где происходит отвод теплоты через стенки трубки в окружающую среду и конденсация пара в пузыре. При этом давление снижается, что регистрируется датчиком 10. Выпускной клапан 6 закрывается, впускной клапан 5 открывается, и новая порция жидкости поступает в насос из емкости 4.

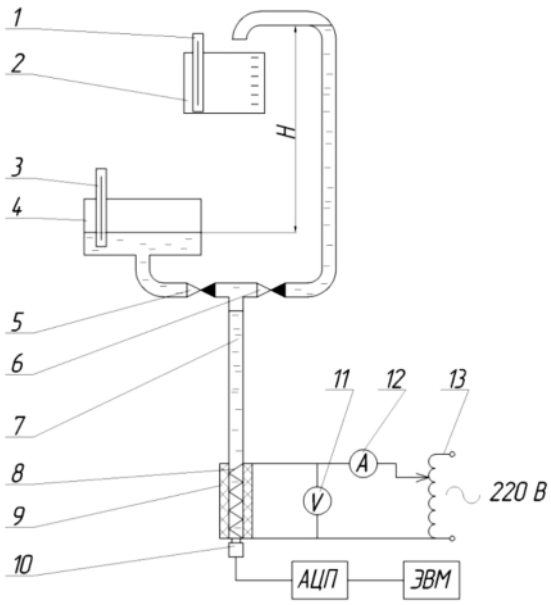


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования характеристик термомеханического насоса:
H – напор, создаваемый насосом; 1, 3 – термометры; 2 – мерная емкость с рисками; 4 – емкость с водой; 5, 6 – обратные клапаны; 7 – стеклянная трубка; 8 – спираль для нагрева; 9 – тепловая изоляция; 10 – датчик давления; 11 – вольтметр; 12 – амперметр; 13 – автотрансформатор

Fig. 1. Schematic of the experimental setup for the study of thermomechanical heat pump:
H – pump head; 1, 3 – thermometers; 2 – dimensional container of risk; 4 – water tank; 5, 6 – check valve; 7 – the glass tube; 8 – immersion heater; 9 – thermal insulation; 10 – pressure sensor; 11 – voltmeter; 12 – ammeter; 13 – autotransformer

При проведении испытаний насоса подвод теплоты осуществлялся за счет электронагрева спирали 8, обмотанной вокруг нижнего конца трубки. Подводимая электрическая мощность измерялась с помощью амперметра 12 и вольтметра 11. Для регулирования мощности применялся автотрансформатор 13. Температура жидкости измерялась термометрами 1 и 3. Напор, создаваемый насосом, соответствовал расстоянию между уровнем всасываемой жидкости и верхним изгибом напорной линии. Объем перекачиваемой жидкости G измерялся с помощью мерной емкости 2. В экспериментальной установке использовалась трубка с внутренним диаметром 12 мм, длиной 95 см, из которых 40 см составляет испаритель.

В ходе исследований термомеханического насоса анализировалась его работа при различных значениях напора, подводимой тепловой мощности и температуры воды на входе в насос. В качестве перекачиваемой жидкости использовалась недистиллированная вода.

Как видно на рис. 2, изменение давления внутри вертикального канала имеет флуктуационный характер, причем продолжительность цикла τ_Σ и значения импульсов давления ΔP зависят от подводимой тепловой мощности N, создаваемого напора H и температуры воды на входе в насос $t_{вх}$.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

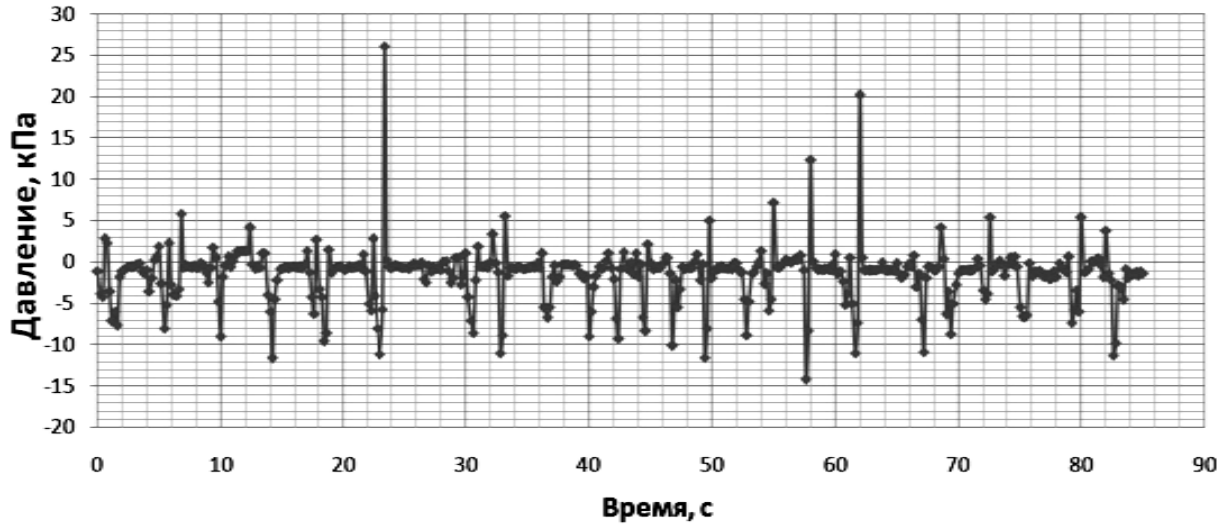


Рис. 2. Изменение давления при N = 300 Вт, H = 15 см вод. ст., $t_{вх}$ = 40°C
Fig. 2. Pressure variation in power 300 W, pump head 15 cm of water column and temperature at the pump inlet 40°C

На рис. 3 и рис. 4 приведены экспериментальные зависимости расхода перекачиваемой жидкости от температуры воды на входе в насос, подводимой мощности и напора. При расчете теоретических зависимостей (рис. 4) коэффициент обратного клапана ξ принимался равным 1. Значение импульсов давления в канале ΔP, время роста пузыря τ и продолжительность цикла τ_{Σ} находились из соответствующих осциллограмм изменения давления во времени.

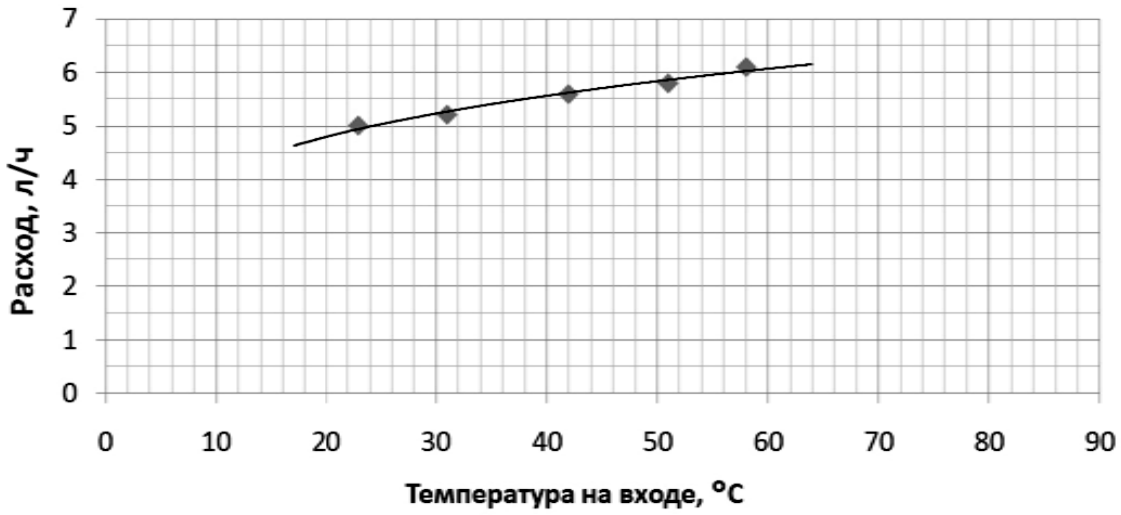


Рис. 3. Зависимость расхода от температуры воды на входе в насос при N = 300 Вт, H = 50 см вод. ст
Fig. 3. Dependence of water flow from the temperature at the pump inlet, power 300 W, pump head 50 cm of water column

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

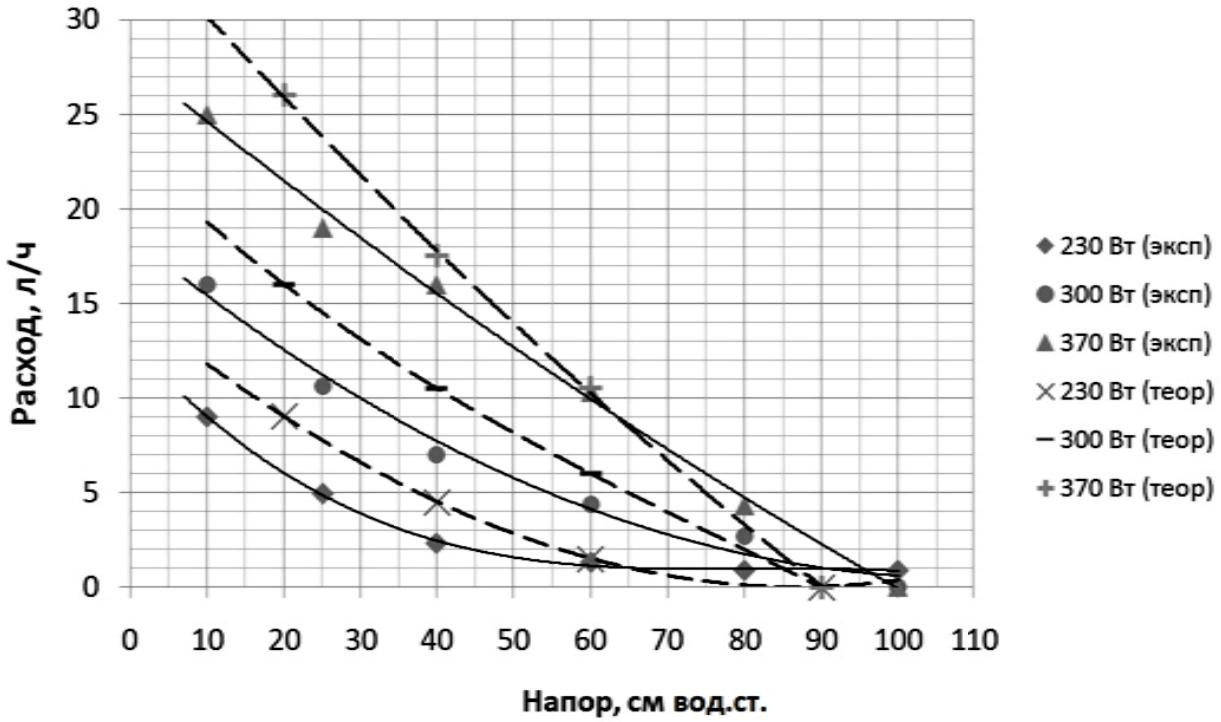


Рис. 4. Зависимость расхода воды от напора при различных подводимых мощностях
Fig. 4. Dependence of water flow from the pressure at different input power

Проведенные экспериментальные исследования термомеханического насоса показали его устойчивую работу. Особенностью термомеханического насоса является прямое преобразование тепловой энергии в работу по перекачиванию жидкости при надежности и простоте конструкции с отсутствием вращающихся механизмов. Недостатком является низкий коэффициент полезного действия из-за потерь на нагрев перекачиваемой воды и теплопередачи в окружающую среду. Увеличение эффективности насоса возможно за счет оптимизации его конструкции.

Так как термомеханический насос способен работать на низкокипящих жидкостях, можно найти ему применение в тех областях техники, где жидкость необходимо перекачивать с относительно малым расходом и присутствует большое количество сбросной тепловой энергии, что повышает эффективность технологического процесса [6].

Можно выделить следующие основные направления применения термомеханического насоса:

– в качестве циркуляционного насоса в системах отопления небольших домов (коттеджей), причем источником теплоты могут служить продукты сгорания отопительного котла;

– в системах охлаждения с использованием теплоты, отводимой от охлаждаемых элементов технологической установки;

– в холодильной технике в качестве резерва электромеханических перекачивающих насосов на работающих парокомпрессорных и аммиачных холодильных установках [7].

Заключение

Особенностью парообразования жидкости в стесненных условиях, при которых не развивается естественная конвекция в каналах, является периодический перегрев и взрывной рост паровой фазы, что ведет к выталкиванию жидкости из канала. Энергию роста паровых снарядов и связанные с ними периодические выбросы жидкости можно преобразовывать в полезную работу по ее перекачиванию. Проведенные эксперименты показали, что расход перекачиваемой жидкости зависит от температуры воды, подводимой тепловой мощности и высоты уровней перекачиваемой жидкости. Термомеханический насос подобного типа может найти применение в технологических установках с большим количеством сбросной низкопотенциальной энергии.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Список литературы

1. Присняков В.Д. Рост паровых пробок в каналах малых диаметров // Инженерно-физический журнал. 1973. Т. XXV, № 3. С. 440–444.

2. Фисенко В.В. Критические двухфазные потоки. М.: Атомиздат. 1978. 160 с.

3. Щеклеин С.Е., Костомаров В.М. О механизме образования парового снаряда в узком канале без принудительной циркуляции // Теплофизика высоких температур. 1982. Т. 20, № 6. С. 1203–1205.

4. Пахалуев В.М., Стариков Е.В., Щеклеин С.Е. Автоколебательный процесс образования паровых снарядов при кипении бинарных жидкостей в стесненных условиях применительно к возобновляемым источникам энергии // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология" (ISJAEE). 2012. № 4. С. 55–59.

5. Булеев Н.И., Казакова Л.Я., Лощин В.М. и др. Вскипание натрия в круглой трубе // Инженерно-физический журнал/ 1974. Т. XXVII, № 6. С. 957–963.

6. Ануфриев В.П., Черномуров Ф.М. Парожидкостный насос – теплообменник для добычи и транспортировки нефти за счет энергии попутного газа // Вестн. УГТУ-УПИ. 2005. № 5(57). С. 256–258.

7. Буй Мань Ту. Исследование теплогидравлических процессов в автоколебательных насосах теплового действия применительно к системам тепло- и хладоснабжения. Автореферат диссертации канд. техн. наук. М., 2010.

References

1. Prisnyakov V.D. Rost parovyh probok v kanalah malyh diametrov. *Inženerno-fizičeskij žurnal*, 1973, vol. XXV, no. 3. pp. 440–444 (in Russ.).

2. Fisenko V.V. Kritičeskie dvuhfaznye potoki. Moscow: Atomizdat Publ., 1978, 160 p. (in Russ.).

3. Scheklein S.E., Kostomarov V.M. O mehanizme obrazovaniâ parovogo snarâda v uzkom kanale bez prinuditel'noj cirkulâcii. *Teplofizika vysokih temperatur*, 1982, vol. 20, no. 6, pp. 1203–1205 (in Russ.).

4. Pahaluev V.M., Starikov E.V., Scheklein S.E. Avtokolebatel'nyj process obrazovaniâ parovyh snarâdov pri kipenii binarnyh židkostej v stesnennyh usloviâh primenitel'no k vozobnovlâemym istočnikam ènergii. *International Scientific Journal "Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ" (ISJAEE)*, 2012, no. 4, pp. 55–59 (in Russ.).

5. Buleev N.I., Kazakova L.Ya., Loschin V.M. et al. Vskipanie natriâ v krugloj trube. *Inženerno-fizičeskij žurnal*, 1974, vol. XXVII, no. 6. pp. 957–963 (in Russ.).

6. Anufriev V.P., Chernomurov F.M. Parožidkostnyj nasos – teploobmennik dlâ dobyči i transportirovki nefti za sčet ènergii poputnogo gaza. *Vestn. UGTU-UPI*, 2005, no. 5(57), pp. 256–258 (in Russ.).

7. Buj Man' Tu. Issledovanie teplogidravličeskih processov v avtokolebatel'nyh nasosah teplovogo dejstviâ primenitel'no k sistemam teplo- i hladosnabženiâ. PhD thesis abstract (engineering). Moscow, 2010 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

Статья поступила в редакцию 29.04.15. Ред. рег. № 2248 The article has entered in publishing office 29.04.15. Ed. reg. No. 2248

УДК 620.98, 620.97, 620.92

КЛИМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВЕТОСИГНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

О.С. Попель, С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец, А.Б. Тарасенко

ФГБУН Объединенный институт высоких температур
Федерального агентства по научным организациям
РФ 125412, Москва, ул. Ижорская, д.13, строение 2
тел.: +7 495 484 23 74; e-mail: a.b.tarasenko@gmail.com

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.010

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

Бурное развитие и внедрение фотоэлектрических и ветроэнергетических автономных энергоустановок требуют комплексного анализа таких систем с учетом климатических условий региона применения и температурных режимов их эксплуатации. Проблема становится особенно актуальной ввиду существенных различий климатических условий регионов РФ. Тот факт, что температурные режимы не учитываются при проектировании энергоустановок, в ряде случаев приводит к потере работоспособности установок и снижению показателя гарантированности энергопитания потребителя. Наиболее чувствительны к температурным режимам используемые в установках накопители энергии. В статье представлен краткий анализ проблемы влияния высоких и низких температур окружающей среды на работоспособность автономных фотоэлектрических светосигнальных устройств и устройств наружного освещения, находящих все более широкое применение в различных регионах России.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, накопители электрической энергии, климатические условия, автономное освещение.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

CLIMATIC ISSUES FOR RENEWABLE AUTONOMOUS PV LIGHT AND SIGNAL UNITS DEVELOPMENT

Oleg S. Popel, Semen E. Frid, Yulia G. Kolomiets, Alexey B. Tarasenko

Joint Institute for High Temperatures
(Russian Federation Agency for Scientific Institutions)
2 build., 13 Izhorskaya Str., 125412 Russian Federation
ph: +7 495 484 23 74; e-mail: a.b.tarasenko@gmail.com

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

The paper shows that the fast growth and implementation of renewable energy systems require complex analysis for such systems composition and components taking into account the climatic region conditions of application. The problem is particularly urgent because of the significant differences of climatic conditions in the Russian Federation regions. The fact that operating temperature regimes are not taken into consideration in the design of power plants, in some cases leads to efficiency loss of power plants and reduce warranty of consumer power supply. The energy storage devices used in power plants are the most sensitive to temperature regimes.

This paper analyses the high and low operation temperature influence on different electric energy storage devices parameters of autonomous PV light and signal units as renewable energy systems containing energy storage devices.

Such power plants usually don't have resources for additional accumulator heating/cooling, therefore the correct choice of storage device is quite crucial in this case.

Keywords: reneweable energy, electric energy storage, climatic conditions, autonomous lighting units.



Попель Олег Сергеевич
Oleg S. Popel

Сведения об авторе: д-р техн. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБУН Объединенный институт высоких температур Федерального агентства по научным организациям.

Образование: МЭИ.

Область научных интересов: процессы тепло- и массообмена, возобновляемые источники энергии, комплексное исследование энергосистем.

Публикации: 93.

Information about the author: DSc (engineering), Deputy Director of Joint Institute for High Temperatures.

Education: MPEI.

Research area: heat and mass exchange, renewable energy, complex investigation of energy systems.

Publications: 93.



Фрид Семен Ефимович
Semen E. Frid

Сведения об авторе: канд. техн. наук, заведующий лабораторией, ФГБУН Объединенный институт высоких температур Федерального агентства по научным организациям.

Образование: МЭИ.

Область научных интересов: процессы тепло- и массообмена, возобновляемые источники энергии, оценка ресурсного потенциала возобновляемой энергетики, математическое моделирование.

Публикации: 45.

Information about the author: PhD (engineering), Head of Laboratory, Joint Institute for High Temperatures.

Education: MPEI.

Research area: heat and mass exchange, renewable energy, renewable energy potential estimation, numerical simulation.

Publications: 45.



Коломиец Юлия Георгиевна
Yulia G. Kolomiets

Сведения об авторе: канд. техн. наук, научный сотрудник, ФГБУН Объединенный институт высоких температур Федерального агентства по научным организациям.

Образование: МЭИ.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии**,** гидроэнергетика, оценка ресурсного потенциала возобновляемой энергетики.

Публикации: 14.

Information about the author: PhD (engineering), researcher of Joint Institute for High Temperatures.

Education: MPEI.

Research area: renewable energy, renewable energy potential estimation, hydropower.

Publications: 14.



Тарасенко Алексей Борисович
Alexey B. Tarasenko

Сведения об авторе: инженер ФГБУН Объединенный институт высоких температур Федерального агентства по научным организациям.

Образование: МИФИ.

Область научных интересов: накопители электрической энергии, функциональные наноматериалы, возобновляемые источники энергии.

Публикации: 28.

Information about the author: engineer of Joint Institute for High Temperatures.

Education: MEPhI.

Research area: energy storage, functional nanostructured materials, renewable energy.

Publications: 28.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

В настоящее время в мире использование возобновляемых источников энергии для нужд автономного энергоснабжения активно развивается [1]. Наиболее широкое распространение получили автономные светосигнальные устройства и устройства наружного освещения [2]. Поиск новых эффективных технических решений автономного электропитания светосигнальных устройств, особенно расположенных на удалении от электрических сетей и пунктов возможного электрического подключения, привлекает все большее внимание разработчиков, потребителей и энергосервисных компаний. Применение автономных систем электропитания таких устройств актуально и с точки зрения повышения надежности в случае аварий в электросетях.

Фотоэлектрические преобразователи, работающие совместно с электрохимическими аккумуляторами, сегодня можно встретить на улицах и на автомобильных магистралях многих зарубежных и ряда российских городов. Растет число фирм, продвигающих различные модификации таких установок и на российский рынок. Большой интерес в этой сфере проявляется во многих российских регионах, в частности в Москве, где установлены уже сотни различных видов дорожных светосигнальных устройств на пешеходных переходах [3].

Типовое решение включает в себя фотоэлектрический модуль, контроллер заряда, свинцово-кислотный аккумулятор с гелевым электролитом и светодиодный светильник [2]. Для максимального удешевления обычно используется контроллер с широтно-импульсной модуляцией, без контроля точки максимальной мощности (рисунок 1).

В ряде случаев система дополняется ветроустановкой. Особенно широко такие системы применяются в Китае и Германии. Системы китайского производства активно экспортируются за рубеж. По компоновочному исполнению такие системы можно разделить на блочные, в которые встроен и фотоэлектрический модуль, и аккумулятор, и контроллер, и светильник, – и на раздельные, монтируемые на обычные столбы с раздельной установкой фотоэлектрических модулей (ФЭМ) и блока аккумулирования и преобразования электрической энергии, также размещаемого в подвешенном на столбе герметичном монтажном шкафу. Угол наклона ФЭМ к горизонту задается опорной конструкцией.

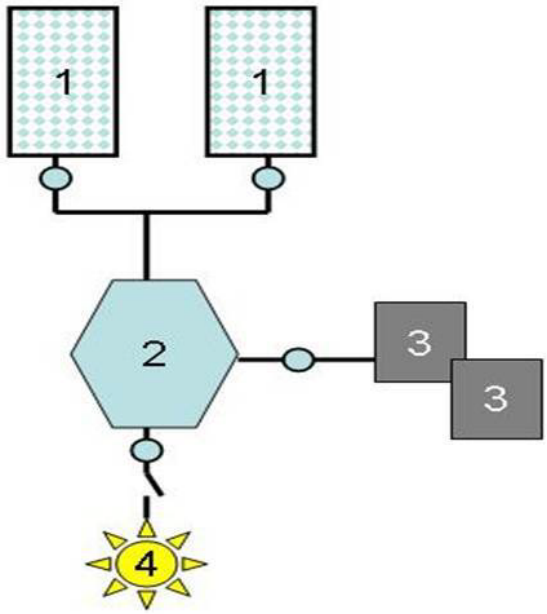


Рис. 1. Схема типовой энергоустановки:
1 – фотоэлектрические модули, 2 – контроллер,
3 – аккумуляторные батареи, 4 – светосигнальное устройство
Fig. 1. Layout of typical autonomous PV light/signal system:
1 – PV modules, 2 – charge controllers, 3 – energy storage device, 4 – light and signal device

Следует отметить, что подавляющее большинство зарубежных образцов ориентировано на использование **в южных районах**, и попытки их применения в средних и высоких широтах российских регионов, в том числе в Москве, оказываются не всегда удачными. Так, практически все установленные в Москве автономные светосигнальные системы предупреждения водителей на нерегулируемых пешеходных переходах [4] в конце 2011 – начале 2012 года в зимнее время оказались неработоспособными. Вопросы оптимизации состава энергоустановки с точки зрения подбора оптимальной мощности модуля и энергоемкости аккумуляторной батареи были достаточно подробно рассмотрены в работе [2]. В данной статье основное внимание уделяется проблеме применения в автономных энергоустановках накопителей электрической энергии, призванных обеспечивать энергией светосигнальное устройство в ночное время и в периоды длительного снижения мощности первичных источников энергии. Проблема заключается в том, что помимо неоптимального состава установки (батарея разряжается раньше, чем заканчивается темное время суток или бессолнечные дни), к прекращению работы устройства или его полному выходу из строя может привести воздействие температуры окружающей среды на накопитель электрической энергии.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Разновидности накопителей электрической энергии и их устойчивость к воздействию низких и высоких температур

Снижение температуры до –20...–30 °С приводит к резкому росту сопротивления большинства аккумуляторов, что прежде всего ведет к снижению их способности воспринимать заряд [5]. Длительное нахождение свинцово-кислотных аккумуляторов при пониженной температуре в состоянии глубокого разряда ведет к необратимой потере энергоемкости в результате запуска паразитных электрохимических реакций на электродах, причем опасные глубины разряда начинаются с 40–50 %. Для литий-ионных аккумуляторов эта проблема не так актуальна вследствие того, что рабочая глубина разряда этих систем составляет 70–90 % [6].

С другой стороны, высокие температуры также отрицательно влияют на химические источники тока и приводят к их ускоренной деградации. В этой связи целесообразно рассмотреть те диапазоны температур, в которых аккумуляторы функционируют нормально, и те, где их эксплуатация либо затруднена, либо ведет к стремительной деградации электрохимической системы. Для анализа применимости различных типов источников тока целесообразно рассмотреть как особенности отдельных типов электрохимических источников тока, так и характерный для каждого региона страны годовой ход температур.

Для применения в энергоустановках на основе возобновляемых источников энергии обычно рассматриваются следующие электрохимические источники энергии.

Свинцово-кислотный аккумулятор (СКА) известен как наиболее отработанная и широко используемая система не только на электротранспорте, но и в энергетике вообще.

В настоящее время существует несколько разновидностей свинцово-кислотных аккумуляторов [7]. Они различаются химическими добавками к материалу положительных и отрицательных пластин, состоянием электролита и областями применения. Первыми были созданы заливные аккумуляторы со свободным электролитом, в которых положительный и отрицательный электроды погружены в водный раствор серной кислоты.

Позже на рынке появились аккумуляторы с иммобилизованным в полимерной матрице (Absorbed glass mate) и гелевым (Gel) электролитом. Такие аккумуляторы могут эксплуатироваться в любом положении относительно поверхности Земли и не требуют обслуживания, поэтому общий термин для данного типа систем – герметизированные аккумуляторы. Они снабжены рекомбинаторами водорода, превращающими выделившийся в процессе электролиза газ в воду и таким образом компенсирующими потери электролита при перезаряде [7].

Гелевые аккумуляторы оптимизированы для постоянных глубоких зарядов и разрядов, поэтому они наиболее часто применяются в системах с ВИЭ. Рядом зарубежных компаний выпускаются специальные «солнечные» серии аккумуляторов номинальным напряжением 2, 6 и 12 В для солнечных энергоустановок («Sonenschein», «Delta», «Hoppecke», «Fiamm», «Rittar», «Prosolar», «Haze» и др.).

Близким к свинцово-кислотным аккумуляторам источником тока, нашедшим применение прежде всего на электрическом и гибридном транспорте, является гибридный двойнослойный суперконденсатор с сернокислотным электролитом [8]. Данный тип источника отличается от свинцово-кислотного аккумулятора заменой катодного электрода на углеродный пористый материал и переходом от электрохимических реакций при заряде/разряде накопителя к процессам формирования двойного электрического слоя на границе раздела электрода и электролита. Более подробно данные процессы описаны в [9].

Энергоемкость свинцово-кислотного аккумулятора существенно падает при понижении температуры. Так, при минус 18 °С свинцово-кислотный аккумулятор может выдать только 50 % энергоемкости и только при разряде малыми токами. Практически для всех типов свинцово-кислотных аккумуляторов при пониженных температурах заряд существенно затруднен. При минус 20 °С гелевые свинцово-кислотные аккумуляторы заряжаться не могут, заряжаются только AGM-аккумуляторы малыми токами [5].

Повышение температуры хранения увеличивает подвижность ионов, снижая внутреннее сопротивление, и ускоряет химические реакции на электродах. Побочным результатом этого является увеличение токов саморазряда аккумулятора. Влияние повышенных температур на токи саморазряда показано на рисунке 2.

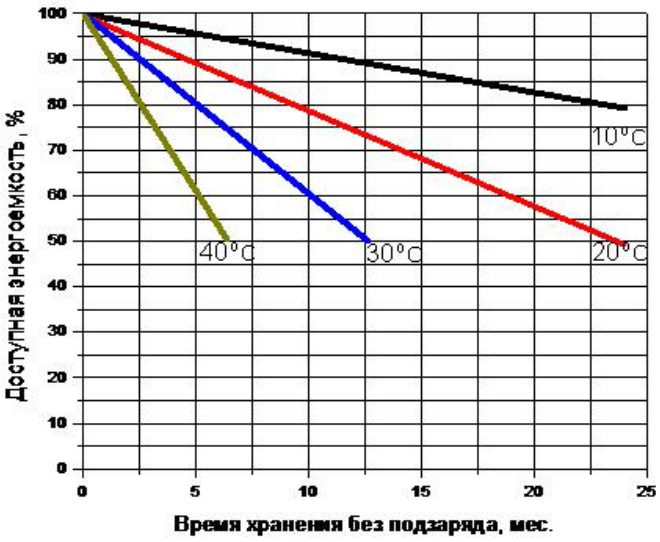


Рис. 2. Влияние температуры на токи саморазряда свинцово-кислотного аккумулятора с матричным электролитом

Fig. 2. Influence of temperature on self-discharge current for lead-acid AGM accumulator

Рассматривая суперконденсаторы со свинцовыми электродами и сернокислотным электролитом, можно отметить, что влияние на них пониженных температур в значительной степени нивелируется тремя факторами: иммобилизацией электролита в пористой матрице, что снижает вероятность его замерзания, малым количеством электролита в сепараторе и отсутствием процессов переноса заряда между электродами. Это позволяет сернокислотным суперконденсаторам надёжно функционировать при температурах до –20 °С. Дальнейшее снижение температуры приводит к ухудшению характеристик в результате роста сопротивления электролита.

Появление ***никель-кадмиевых аккумуляторов*** позволило существенно (примерно в два раза) снизить массогабаритные характеристики накопителя и на порядок повысить токи заряда и разряда, обеспечиваемые щелочным электролитом с малым удельным сопротивлением. Следует отметить устойчивость данного типа аккумуляторов к низким температурам и глубокому разряду. Первое обстоятельство привело к массовому применению такого типа аккумуляторов в источниках питания собственных нужд железнодорожных вагонов и авиационной техники.

В зависимости от конструкции, режима работы (длительные или короткие разряды) и чистоты применяемых материалов, срок службы составляет от 100 до 9 000 циклов заряда/разряда. Современные (ламельные) промышленные никель-кадмиевые батареи могут служить до 20–25 лет. Никель-кадмиевые аккумуляторы (Ni-Cd) – единственный вид аккумуляторов, который может храниться разряженным. Для данного типа аккумуляторов также характерна устойчивая работа при пониженных (–20 °С) температурах и малый нагрев при заряде и разряде высокими токами за счет применения щелочного электролита. Основным недостатком данного типа аккумуляторов является так называемый эффект памяти: если зарядке подвергается не полностью разряженный аккумулятор, его рабочее напряжение снижается из-за формирования дополнительного двойного электрического слоя на электродах, как бы запирающего остаточную емкость. Многократное повторение этого явления приводит к выходу аккумулятора из строя, поэтому аккумуляторы данного типа целесообразно применять в системах, для которых характерен глубокий разряд. В результате применения щелочного электролита рабочие температуры таких аккумуляторов существенно ниже, чем для СКА. Точка замерзания щелочного электролита на основе 31 % калиевой щелочи составляет –66 °С, однако уже до этой точки наблюдается существенный рост внутреннего сопротивления, что ограничивает разрядные и зарядные токи аккумулятора до 0,2 С при минус 40 °С [10].

Стремительное развитие ***литий-ионных аккумуляторов (ЛИА)***, появление новых материалов катодных и анодных электродных структур привели к снижению стоимости и улучшению их характеристик. Из портативных применений ЛИА стали проникать сначала в электромобили, а затем и в стационарные системы [11]. В отличие от СКА и рассмотренных выше щелочных аккумуляторов, литий-ионные аккумуляторы подразделяются на несколько подклассов по применяемым катодным системам, которые различным образом реагируют на повышенные и пониженные температуры.

В целом, большинство систем, также как и аккумуляторы с водным электролитом, существенно снижают свои характеристики при температурах ниже –20°С.

Особняком в данном ряду стоят аккумуляторы с титанатным анодом, разработчики которых гарантируют работу и за пределами этого диапазона, что подтверждается проведенными независимыми испытаниями [12]. Существенным недостатком такого типа аккумуляторов является высокая стоимость и малые удельные характеристики, что обусловлено высоким анодным потенциалом титаната лития в органических электролитах. Так, удельная энергоемкость аккумуляторов Altair Nano находится в диапазоне 70–90 Втч/кг, а удельная стоимость превышает 3 долл США за 1 Втч номинальной энергоемкости. Для сравнения самые дешевые китайские литий-ионные аккумуляторы имеют удельную стоимость 0,4–0,7 долл США/Втч при близких удельных характеристиках.

По заверениям разработчиков, аккумуляторы Thunder Sky работоспособны вплоть до –40 °С, однако независимые испытания показывают, что даже при более высоких температурах аккумулятору требуется около 20 минут для выхода на номинальный режим. В течение этих 20 минут фактически идет разряд изделия на внутреннее сопротивление, сопровождающийся его разогревом. Следовательно, существенная часть энергоемкости теряется в ходе этого процесса.

До банкротства компании A123 Systems – одного из самых известных производителей литий-железофосфатных аккумуляторов, – в основном специализировавшейся на батареях для электротранспортных средств, по её заказу велись работы над новым катодным материалом, обеспечивающим повышение выдаваемой при –30 °С мощности и емкости более чем на 20 %. Тестирование материала проводилось Авто-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

мобильным центром Университета штата Огайо (США) [13]. При этом новый материал, названный Nanophosphate EXT, также обеспечивает высокую стабильность и при повышенных температурах.

Проточные редокс-батареи пока еще не нашли широкого применения, хотя ряд установок на основе возобновляемых источников энергии с этим типом накопителей уже функционируют [14]. Основное преимущество – возможность раздельного изменения мощности и энергоемкости накопителя, а также допустимая глубина разряда почти 100 %. Удельные характеристики системы находятся на уровне СКА. [15]. Однако эти батареи крайне чувствительны к температуре: при пониженных температурах начинается преципитация растворенных в электролите солей, при повышенных – паразитные реакции в самом растворе, фактически коагуляция [16], так как для поддержания приемлемых удельных характеристик приходится использовать концентрации солей, близкие к предельным [17]. Задача термостатирования проточной батареи крайне трудна из-за больших объемов баков с электролитами. Имеющиеся данные по системе собственных нужд стационарных накопителей на основе таких батарей позволяют предположить, что критичным для поддержания растворов солей ванадия является выход за диапазон температур от –20°С до +40 °С [14].

Топливные элементы. Несмотря на сложность и дороговизну, накопители на основе водородного цикла с твердополимерными топливными элементами [11] рассматриваются в некоторых работах в качестве источников электропитания автономных осветительных устройств [18]. Такие топливные элементы крайне чувствительны к пониженным температурам, поскольку на катоде постоянно находится некоторое количество воды, оставшееся с предыдущих запусков. Ее замерзание при длительном хранении установки при отрицательных температурах вызывает разрыв микропористого слоя катодного электрода и выход установки из строя [19].

Результаты анализа литературных данных по рабочим температурным диапазонам различных видов накопителей электрической энергии сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Сводные данные по предельным температурным режимам электрохимических источников тока

Table 1

Data on operational temperature range for different electric energy storage devices

№	Тип источника тока	Границы рабочего диапазона, °С	Источник информации
1	Литий-ион	–30...+50	[13]
		–25...+50	[20]
		–25...+50	[12]
2	Никель-кадмий	–40 (при 0,2 С)...+40	[21]
		–40 (при 50 % энергоемкости)	[22]
3	Свинец-кислота	–20 (только разряд)...+50	[23]
4	Водородно-воздушный топливный элемент	0...+60	[19]
5	Проточные редокс-батареи	–20...+40	[24]

Температурные характеристики регионов России

Для обоснования рекомендаций по выбору оптимальных типов накопителей электрической энергии для автономных энергоустановок на ВИЭ представляют интерес температурные характеристики регионов России. На рисунке 3 представлены карты повторяемости температур наружного воздуха на территории России, превышающих контрольные значения.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

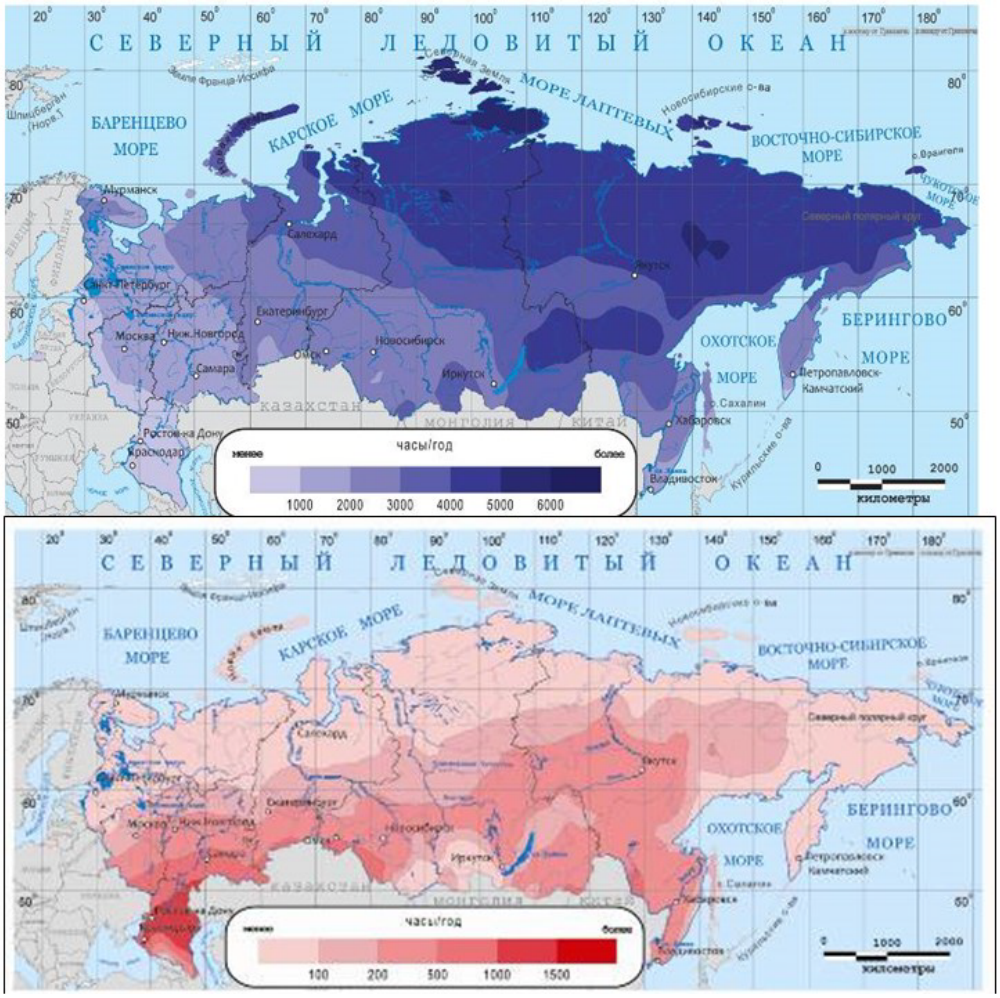


Рис. 3. Районирование регионов РФ по температурным режимам. Продолжительность периодов с температурой: а) ниже –10 ˚С, б) выше +25 ˚С, час/год
Fig. 3. Average environmental temperature for different regions of Russian Federation (low and high temperatures). Period duration for average temperatures, hours per year: under –10 ˚C, b) above +25 ˚C

Карты построены на основе климатических данных NASA и имеющихся данных измерений наземных метеостанций с использованием подходов, описанных в [22, 23]. Карты иллюстрируют тот факт, что температура воздуха ниже нуля наблюдается повсеместно на территории России весьма длительное время, а за Уралом продолжительность температур ниже –30 °С превышает 1 000 часов в год. Значительные территории на востоке страны характеризуются температурами ниже –30 °С до 2 000 часов в год. Длительные высокие температуры наружного воздуха выше 25 °С характерны только для южных регионов страны.

Выводы и рекомендации по выбору накопителей для автономных устройств

Изложенное выше позволяет сформулировать некоторые выводы и рекомендации применительно к использованию накопителей энергии в автономных светосигнальных, осветительных и других устройствах, работающих на ВИЭ. Рассматриваемые устройства, как правило, имеют небольшую мощность и размещаются на опорных конструкциях на открытом воздухе, причем применение специальных мер термостатирования устройств невозможно ни по техническим, ни по экономическим причинам.

В климатических условиях России наиболее губительным для аккумуляторов оказывается воздействие не столько высоких, сколько низких температур. На летнее время приходятся высокие уровни солнечной радиации и относительно короткие ночи, что позволяет иметь аккумулятор в состоянии близком к полной зарядке и при необходимости затрачивать часть выработанной энергии на его охлаждение путем обдува вентилятором. В зимнее же время наряду с понижением температуры воздуха существенно падает поступление солнечной радиации и выработка энергии фотоэлектрическим модулем с одновременным ростом ее потребления, а это приводит к тому, что аккумулятор подвергается воздействию низкой температуры в сильно разряженном состоянии. Для свинцово-кислотных систем такая ситуация

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

чревата не разовым снижением гарантированности питания, а выходом из строя с полной заменой аккумуляторной батареи. Кроме того, следует подчеркнуть особенность гелевых свинцово-кислотных аккумуляторов – при отрицательных температурах их сопротивление возрастает настолько, что заряд даже малыми токами прекращается полностью. Это означает, что и в ясный морозный день такой аккумулятор заряжаться не будет.

Основной проблемой никель-кадмиевых аккумуляторов является их неустойчивость из-за эффекта памяти при циклах заряда/разряда с переменной глубиной, характерного для фотоэлектрических систем. Зимой глубина разряда увеличивается, а летом, наоборот, снижается, причем температурные зависимости не оказывают на это существенного влияния.

Среди литий-ионных систем только аккумуляторы с титанатным анодом могут обеспечить устойчивую работу рассматриваемых устройств без внешнего термостатирования до –30…–35 °С, но и они, скорее всего, окажутся бессильны при длительных воздействиях температур ниже –40 °С. Кроме того, применение этого типа аккумуляторов ограничено высокой ценой.

Поэтому оптимальным выходом из сложившейся ситуации видится заглубление аккумуляторных батарей в герметичном контейнере в землю рядом с опорой энергоустановки на уровень, близкий к промерзанию грунта. В этом случае колебания температур оказываются не столь существенными, как при расположении аккумулятора на опоре. При этом в южных регионах возможно применение свинцово-кислотных аккумуляторов с гелевым электролитом, как наиболее дешевых и обладающих высокими ресурсными характеристиками, а в более высоких широтах – литий-ионных с железофосфатным электроллитом, поскольку требуемая емкость аккумуляторной батареи растет с увеличением широты местности из-за более глубокого сезонного снижения поступления солнечной радиации. Следует отметить, что в результате большей удельной энергоемкости и допустимой глубины разряда у литий-ионных аккумуляторов их объем будет меньше, следовательно, удастся снизить и затраты на проведение земляных работ. Литий-ионные аккумуляторы с титанатным анодом могут найти применение в регионах с более суровым климатом.

Использование в малых системах накопителей на основе водородного цикла и проточных батарей представляется нецелесообразным, так как проблемы зависимости рабочих параметров и ресурса для них решаются сложнее, чем для рассмотренных ранее. Удельные характеристики накопителя на основе водородного цикла могут быть существенно увеличены за счет повышения давления водорода в баллонах, но это потребует существенных мер безопасности, что также ведёт к удорожанию установки. Кроме того, сдерживающим фактором служит высокая стоимость электролизера и топливного элемента.

Для ряда регионов с суровыми климатическими условиями проблема низких температур сочетается с проблемой вечной мерзлоты, затрудняющей проведение земляных работ. В этом случае предлагается создавать локально-централизованные светосигнальные системы с питанием от единого блока солнечных батарей и накопителей, при этом накопители располагаются в теплоизолированном контейнере с термостатированием, а сама система может быть снабжена дизель-генератором для повышения степени гарантированности энергопитания.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-08-06048).

Список литературы

1. Фортов В.Е., Попель О.С. Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и в России // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 1–10.

2. Попель О.С., Тарасенко А.Б., Фрид С.Е. Анализ эффективности использования автономных фотоэлектрических систем наружного освещения в климатических условиях Москвы и юга России // Теплоэнергетика. 2012. № 11. С. 19–25.

3. «Москва засветится по-новому» [Электронный ресурс]http://www.mk.ru/social/article/2012/01/09/658831-moskva-zasvetitsya-ponovomu.html

4. Светофоры на солнечных батареях ПК «Агромастер». [Электронный ресурс] http://www.pk-agromaster.ru/fonari2/; http://lifenews.ru/news/75983

5. Руководство по эксплуатации батарей Power Sonic. [Электронный ресурс] http://www.batteryweb.com/manuals/techman.pdf; POWER-SONICCORPORATION 9163 Siempre Viva Road San Diego, CA 92173.

6. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Современные виды электрохимических накопителей электрической энергии и их применение в автономной и централизованной энергетике // Теплоэнергетика. 2011. № 11. С. 2–11.

7. Интернет-сайт фирмы «Ваш солнечный дом». [Электронный ресурс] http://www.solarhome.ru/ru/batteries/index.htm]

8. Volfkovich Yu.M., Bagotzky V.S. The method of standard porosimetry 2. Investigation of the formation of the porous structures // Journal of Power Sources. 1994. Vol. 48. P. 327.

9. Pandolfo A.G., Hollenkamp A.F, Carbon properties and their role in supercapacitors // Journal of Power Sources. 2006. Vol. 157. P. 11–27.

10. David G. Vutetakis. The Avionics Handbook. Ch. 10. CRC Press LLC, 2001.

11. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Накопители электрической энергии // Энергоэксперт. 2011. № 3. С. 26–35.

12. The AES Corporation Summary of AltairNano Validation Testing. June 27, 2008. [Электронный ресурс] http://www.b2i.cc/Document/546/KEMA_Report.pdf/

13. Пресс-релиз A123 Systems от 12 июня 2012 года [Электронный ресурс] http://www.a123.com

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

14. Martha Schreiber, Adam H. Whitehead, Martin Harrer. VANADIUM REDOX FLOW BATTERY IMPROVED TECHNOLOGY // ENVIETECH. 31.01.–01.02.2008 Wien

15. Maria Skyllas-Kazacos. An Historical Overview of the Vanadium Redox Flow Battery Development at the University of New South Wales, Australia [Электронный ресурс] http://www.ceic.unsw.edu.au/centers/vrb/

16. Rahman F., Skyllas-Kazacos M. Solubility of vanadyl sulfate in concentrated sulfuric acid solutions // Journal of Power Sources. 21 April 1998. Vol. 72, Issue 2. P. 105–110.

17. Vanadium Redox Flow Batteries: An In-Depth Analysis. EPRI, Palo Alto, CA: 2007.

18. Jeremy Lagorse, Damien Paire, Abdellatif Miraoui, Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered by a hybrid system using fuel cell, PV and battery // Renewable Energy. 2009. No 34. P. 683–691.

19. Pinton E., Fourneron Y., Rosini S., Antoni L. Experimental and theoretical investigations on a proton exchange membrane fuel cell starting up at subzero temperatures // Journal of Power Sources. 2009. No 186. P. 80–88.

20. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России / О.С. Попель, С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец и др. М.: ОИВТ РАН, 2010.

21. Фортов В., Попель О. Возобновляемые источники энергии для энергоснабжения потребителей в России // Энергетический вестник. 2010. № 1 (8). С. 9–29.

References

1. Fortov V.E., Popel O.S. Sostoânie razvitiâ vozobnovlâemyh istočnikov ènergii v mire i v Rossii. *Teploènergetika*, 2014, no. 6, pp. 1–10 (in Russ.).

2. Popel O.S., Tarasenko A.B., Frid S.E. Analiz èffektivnosti ispol'zovaniâ avtonomnyh fotoèlektričeskih sistem naružnogo osveŝeniâ v klimatičeskih usloviâh Moskvy i ûga Rossii. *Teploènergetika*, 2012, no. 11, pp. 19–25 (in Russ.).

3. «Moskva zasvetitsâ po-novomu» Available at: http://www.mk.ru/social/article/2012/01/09/658831-moskva-zasvetitsya-ponovomu.html (in Russ.).

4. Svetofory na solnečnyh batareâh PK «Agromaster». Available at: http://www.pk-agromaster.ru/fonari2/; http://lifenews.ru/news/75983 (in Russ.).

5. Power Sonic battery manual. Available at: http://www.batteryweb.com/manuals/techman.pdf; POWER-SONICCORPORATION 9163 Siempre Viva Road San Diego, CA 92173 (in Eng.).

6. Popel O.S., Tarasenko A.B. Sovremennye vidy èlektrohimičeskih nakopitelej èlektričeskoj ènergii i ih primenenie v avtonomnoj i centralizovannoj ènergetike. *Teploènergetika*, 2011, no. 11, pp. 2–11 (in Russ.).

7. Website «Vaš solnečnyj dom». Available at: http://www.solarhome.ru/ru/batteries/index.htm] (in Russ.).

8. Volfkovich Yu.M., Bagotzky V.S. The method of standard porosimetry 2. Investigation of the formation of the porous structures *Journal of Power Sources*, 1994, vol. 48, pp. 327 (in Eng.).

9. Pandolfo A.G., Hollenkamp A.F. Carbon properties and their role in supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 2006, vol. 157, pp. 11–27 (in Eng.).

10. David G. Vutetakis. The Avionics Handbook, Ch. 10, CRC Press LLC, 2001 (in Eng.).

11. Popel O.S., Tarasenko A.B. Nakopiteli èlektričeskoj ènergii. Ènergoèkspert, 2011, no. 3, pp. 26–35 (in Russ.).

12. The AES Corporation Summary of AltairNano Validation Testing, June 27, 2008. Available at: http://www.b2i.cc/Document/546/KEMA_Report.pdf/ (in Eng.).

13. A123 Systems press-release from June, 12, 2012. Available at: http://www.a123.com (in Eng.).

14. Martha Schreiber, Adam H. Whitehead, Martin Harrer. VANADIUM REDOX FLOW BATTERY IMPROVED TECHNOLOGY. *ENVIETECH* 31.01.–01.02.2008, Wien (in Eng.).

15. Maria Skyllas-Kazacos. An Historical Overview of the Vanadium Redox Flow Battery Development at the University of New South Wales, Australia. Available at: http://www.ceic.unsw.edu.au/centers/vrb/ (in Eng.).

16. Rahman F., Skyllas-Kazacos M. Vanadium Redox Battery: Positive Half-Cell Electrolyte Studies. *Journal of Power Sources*, 2008, vol. 72, issue 2, pp. 105–110 (in Eng.).

17. Vanadium Redox Flow Batteries: An In-Depth Analysis. EPRI, Palo Alto, CA, 2007 (in Eng.).

18. Jeremy Lagorse, Damien Paire, Abdellatif Miraoui. Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered by a hybrid system using fuel cell, PV and battery. *Renewable Energy*, 2009, no. 34, pp. 683–691(in Eng.).

19. Pinton E., Fourneron Y., Rosini S., Antoni L. Experimental and theoretical investigations on a proton exchange membrane fuel cell starting up at subzero temperatures. *Journal of Power Sources*, 2009, 186, pp. 80–88 (in Eng.).

20. Atlas resursov solnečnoj ènergii na territorii Rossii / O.S. Popel, S.E. Frid, Yu.G. Kolomiets et al. Moscow: OIVT RAN Publ., 2010 (in Russ.).

21. Fortov V., Popel O. Vozobnovlâemye istočniki ènergii dlâ ènergosnabženiâ potrebitelej v Rossii. *Ènergetičeskij vestnik*, 2010, no. 1 (8), pp. 9–29 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 28.04.15. Ред. рег. № 2245 The article has entered in publishing office 28.04.15. Ed. reg. No. 2245

УДК 620.91: 658.286

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

М.Г. Тягунов, П.С. Шуркалов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: (495) 362-75-60, (495) 362-89-38; e-mail: universe@mpei.ac.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.011

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

Сегодня в мире развитие комплекса станций подзарядки электротранспорта, работающих как от электрической сети, так и от возобновляемых источников энергии (ВИЭ), ведется довольно высокими темпами. В России распространение получили пока только сетевые станции подзарядки.

В данной статье рассматриваются результаты исследования эффективности использования гибридных энергетических комплексов (ГЭК) на основе ВИЭ, включающих в себя разные типы станций подзарядки, на территории России.

Ключевые слова: солнечная энергетика, ветроэнергетика, зарядная станция, станция замены аккумуляторных батарей, легковой электротранспорт.

EFFICIENCY USE OF PLANTS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR CHARGING ELECTRIC VEHICLES IN RUSSIA

M.G. Tyagunov, P.S. Shurkalov

«National Research University «MPEI»
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: (495) 362-75-60, (495) 362-89-38; e-mail: universe@mpei.ac.ru

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

The paper deals with the development of electric charging stations network for electric vehicles, operated both the power grid and renewable energy sources (RES), which is carried out fairly rapidly in the world today. In Russia only mains-operated charging stations have spread so far.

Moreover this paper discusses the results of investigation on efficiency of hybrid energy complexes based on RES, including different types of charging stations, in Russia.

Keywords: solar power engineering, wind power engineering, charging station, battery replacement station, passenger electric transport.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Михаил Георгиевич Тягунов
Mihail G. Tyagunov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии», ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

Образование: «Московский Энергетический Институт» (1970).

Область научных интересов: системный анализ процессов и систем управления энергетическими объектами.

Публикации: более 98, 3 авторских свидетельства.

Information about the author: DSc (engineering), professor of the "Hydropower and Renewable Energy" department, National Research University MPEI.

Education: Moscow Power Engineering Institute (1970).

Research area: system analysis of processes and management systems of energy facilities.

Publications: more than 98, 3 author's certificates.



Петр Сергеевич Шуркалов
Peter S. Shurkalov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ведущий инженер ОАО «Институт Гидропроект».

Образование: ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» (2010).

Область научных интересов: гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии.

Публикации: 10.

Information about the author: PhD (engineering), principal engineer of Institute Hydroproject.

Education: MPEI (Technical University) (2010).

Research area: hydropower engineering and renewable energy sources.

Publications: 10.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

С каждым годом количество автомобилей, загрязняющих атмосферу выхлопными газами, растет. В России на долю автотранспорта приходится 40 % всего объёма загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, а в крупных городах этот показатель иногда достигает 90 %. Более того, по статистике средствами автотранспорта производится около 17 % глобального выброса парниковых газов [1, 2].

Одним из способов снижения уровня содержания загрязняющих веществ в атмосфере является разработка нетоксичных электрических транспортных средств, их популяризация и внедрение в повседневную жизнь. На сегодняшний день рынок электрических транспортных средств в мире развивается довольно интенсивно, начался этот процесс и в России. Распределение электрических транспортных средств по странам (на сентябрь 2014 г) представлено на рисунке 1.

Согласно рисунку, мировыми лидерами по количеству действующих электромобилей являются США (более 260 тыс. шт.), Япония (более 95 тыс. шт.) и Китай (около 76 тыс. шт.) [3]. В России эксплуатируется чуть более 1 000 электромобилей.

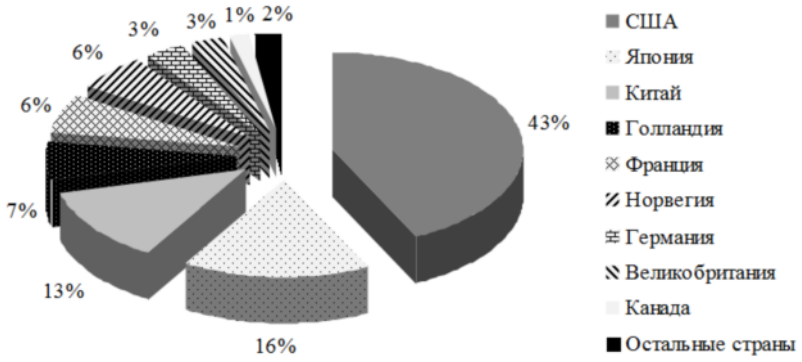


Рис. 1. Распределение электрических транспортных средств по странам (на сентябрь 2014 г.)
Fig. 1. Electric transport distribution in the countries of the world (September 2014)

Для нормальной эксплуатации электрических транспортных средств необходима соответствующая сеть станций подзарядки, которая сегодня представлена двумя типами, а именно:

– зарядными станциями, на которых осуществляется подзарядка аккумуляторных батарей (АКБ) электромобилей;

– станциями замены АКБ, на которых производится замена разряженных АКБ электромобилей на АКБ, предварительно заряженные на этих станциях.

В мире сеть станций подзарядки уже получила довольно широкое распространение. Так, в США их более 15 тыс., в Китае более 8 тыс., в Японии около 5 тыс., в России немногим более 40 станций первого типа [4–6]; станций второго типа в мире всего несколько десятков [4], а в России они вовсе отсутствуют.

В настоящее время большинство зарядных станций и все станции замены АКБ работают от электроэнергии, получаемой из электрической сети. Это значит, что эффект от снижения выбросов за счет замещения автомобилей электромобилями нивелируется выбросами тепловых электростанций, которые обеспечивают рост мощности этого нового потребителя. Для того чтобы использование электромобилей дало ощутимый экологический эффект, энергоснабжение станций подзарядки целесообразно производить от гибридных энергетических комплексов (ГЭК) на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а в рекреационных зонах и заповедниках, согласно федеральному закону «О животном мире», такие станции становятся практически безальтернативными.

ГЭК на основе ВИЭ в структуре подзарядки средств электротранспорта способствуют:
– улучшению экологической обстановки в регионах;
– экономии ископаемых видов топлива;
– повышению энергобезопасности и энергонезависимости территорий.

Следует отметить, что в мире количество зарядных станций первого типа, работающих от ВИЭ, сегодня уже составляет более 300 штук [7]. В России, к сожалению, этих станций пока не существует.

Таким образом, оценка целесообразности сооружения ГЭК на основе ВИЭ для питания зарядных станций и станций замены АКБ весьма актуальна.

Цель и задачи исследования

Целью проведенного исследования являлась оценка эффективности использования ГЭК на основе ВИЭ для питания зарядных станций или станций замены АКБ легковых электромобилей на территории России.

В рамках исследования были решены следующие задачи:

• Разработана математическая модель ГЭК, включающего зарядные станции или станции замены АКБ, электроустановки на основе солнечной и ветровой энергии, работающие параллельно с электрической сетью и автономно;

• Разработана методика и основанный на ней аппарат технико-экономического обоснования структуры и параметров ГЭК на основе ВИЭ для подзарядки АКБ легковых электромобилей;

• Оценена эффективность использования генерирующих установок на основе ВИЭ для энергоснабжения станций подзарядки АКБ в различных регионах России;

• Разработаны рекомендации по определению оптимальной структуры и мест размещения типовых ГЭК на основе ВИЭ и станций подзарядки.

Поставленные задачи решались при следующих условиях:

1. Исследуемые ГЭК обслуживают легковой электротранспорт:

– в городах;

– в рекреационных зонах и заповедниках;

– на промышленных предприятиях;

– на автомагистралях в зоне децентрализованного электроснабжения;

2. Для легкового электротранспорта используются следующие виды обслуживания:

– зарядка АКБ (на зарядных станциях);

– замена разряженных АКБ электромобилей на предварительно заряженные (на станциях замены АКБ);

3. Эффективность использования ГЭК в составе станций обслуживания электротранспорта рассматривается в 5 регионах России с различными климатическими и инфраструктурными условиями: в Московской, Ростовской, Свердловской областях, в Хабаровском и Приморском краях.

Математическая модель ГЭК

Задачи исследования решались с применением разработанной математической модели ГЭК в составе энергоустановок на основе ВИЭ и зарядных станций или станций замены АКБ. Структурно-функциональная схема такого ГЭК приведена на рисунке 2.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

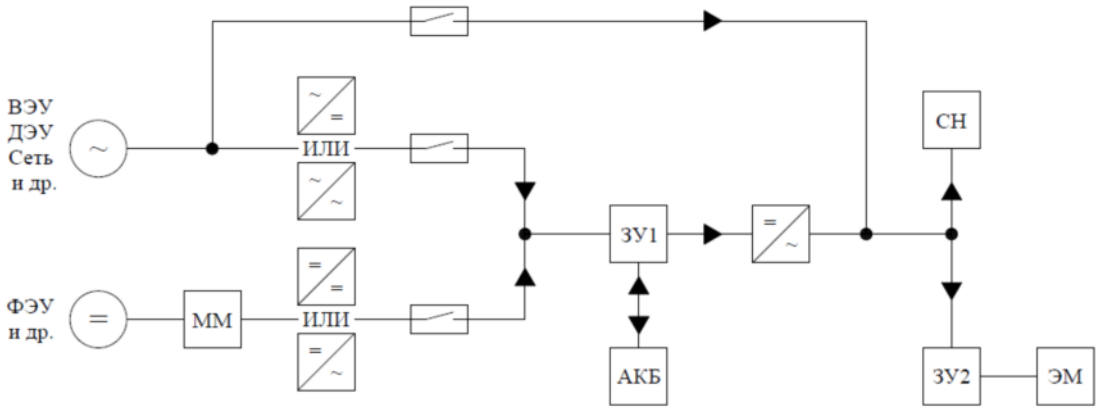


Рис. 2. Структурно-функциональная схема ГЭК:
ВЭУ – ветроэлектрическая установка; ДЭУ – дизельная электрическая установка; ФЭУ – фотоэлектрическая установка; ММ – устройство отбора максимальной мощности; АКБ – аккумуляторная батарея; СН – собственные нужды ГЭК; ЗУ – зарядное устройство; ЭМ – электромобиль

Fig. 2. Structural and functional diagram of hybrid energy complex:
ВЭУ – wind electrical plant; ДЭУ – diesel electric plant; ФЭУ – photovoltaic plant; ММ – maximum power take-off device; АКБ – storage battery; СН – needs of hybrid energy complex; ЗУ – charging device; ЭМ – electric vehicle

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Так как в работе рассматривались только ресурсы солнца и ветра, в математическую модель ГЭК включены ресурсные и технологические модели ветроэнергетических и фотоэлектрических установок. Ресурсные модели представлены известными методиками определения ресурсов солнечной и ветровой энергии, а технические модели – известными зависимостями мощности (выработки) электроустановок от режима поступления энергии ВИЭ.

Проведенный в ходе исследования анализ существующих научных работ [8–12] в области зарядки электротранспорта показал, что моделированию таких потребителей энергии, как станции подзарядки до настоящего времени в мире не было уделено достаточного внимания, а в России оно вообще не проводилось. Поэтому в статье были смоделированы несколько типов энергопотребителей:

– ночная зарядная станция;

– дневная зарядная станция;

– коммерческая зарядная станция;

– станция замены АКБ, обслуживающая таксопарк;

– станция замены АКБ, обслуживающая автопарк промышленного предприятия;

– станция замены АКБ, обслуживающая автопарк рекреационной зоны или заповедника;

– автономная станция замены АКБ.

Разница между этими типами станций заключается в различном графике их работы, а также в степени регулируемости этого графика собственником станции и характеризуется следующими показателями:

– ночная зарядная станция размещается на общественных или частных автостоянках, распложенных недалеко от жилых домов и организаций, где пик спроса на подзарядку электромобилей приходится на ночное время суток;

– дневная зарядная станция размещается на автостоянках недалеко от муниципальных учреждений, торговых центров, зон отдыха, аэропортов, вокзалов и т.д., где пик спроса приходится на дневное время;

– коммерческая зарядная станция размещается на автозаправочных станциях; пик спроса приходится на дневное время;

– станция замены АКБ, обслуживающая автомобильный парк таксомоторной компании (пик спроса в ночное время суток);

– станция замены АКБ, обслуживающая автопарк промышленного предприятия, имеет равномерный в течение суток спрос (управляемый спрос);

– станция замены АКБ, обслуживающая автопарк рекреационной зоны, заповедника (пик спроса в дневное время – во время посещения зоны);

– автономная станция замены размещается на автомагистралях в зоне децентрализованного энергоснабжения (пик спроса в дневное время).

Моделирование зарядных станций и станций замены АКБ осуществляется с помощью графиков зависимости спроса на зарядку или замену АКБ электромобилей от времени суток и суточных графиков потребления этими станциями электрической и тепловой энергии с учетом введенных выше типов станций. В свою очередь, графики зависимости спроса от времени основываются на результатах зарубежных проектов [13–15] по внедрению и совместному тестированию электромобилей и зарядного комплекса, а графики потребления – на технических характеристиках оборудования ГЭК и АКБ электромобилей. Пример графиков, моделирующих станции подзарядки, приведен на рисунке 3.

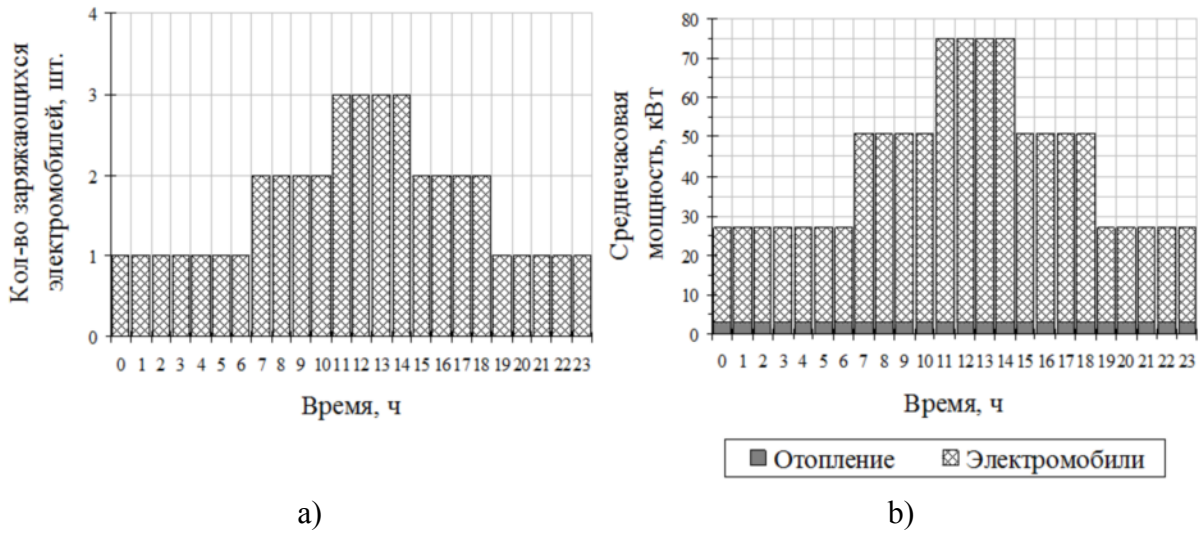


Рис. 3. Зависимость спроса на зарядку электромобилей от времени суток (a) и суточный график потребления тепловой и электрической энергии дневной зарядной станцией (b)
Fig. 3. The dependence of the demand for charging electric vehicles on the time of day (a) and the daily graph of heat and electric energy consumption for daily charging station (b)

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Математическая модель ГЭК включает в себя условия, которые должны соблюдаться станциями всех типов в процессе их функционирования. Так, для ГЭК, включающих в себя зарядные станции, режим работы в упрощенном виде описывается в зависимости от того, какое количество АКБ ($n_{\text{АКБ}}$) имеется в составе ГЭК. Речь здесь идет о типовых аккумуляторных батареях, которые накапливают энергию ВИЭ для последующего энергоснабжения собственных нужд (СН) ГЭК и подзарядки электромобилей.

В случае ГЭК с зарядными станциями возможны два варианта режима работы:

1) АКБ не входят в состав ГЭК, т.е. $n_{\text{АКБ}} = 0$. Тогда мощность, потребляемая из электрической сети, определяется как

$$N_{\text{Сети}}(t) = \begin{cases} P_{\text{ГЭК}}(t) - N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}\eta_{\text{Инв.}} \text{ при } P_{\text{ГЭК}}(t)/\eta_{\text{Инв}} > N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}, \\ 0 \text{ при } P_{\text{ГЭК}}(t)/\eta_{\text{Инв}} \le N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}, \end{cases} \quad (1)$$

где $N_{\text{Сети}}(t)$ – мощность, потребляемая ГЭК из электрической сети, кВт; $P_{\text{ГЭК}}(t)$ – график нагрузки ГЭК, кВт; $N_{\text{ВИЭ}}(t)$ – мощность, вырабатываемая установками на основе ВИЭ, кВт; $\eta_{\text{Преобр.}}$ и $\eta_{\text{Инв}}$ – КПД преобразователя и инвертора соответственно, о.е.;

2) в составе ГЭК имеются аккумуляторы в количестве $n_{\text{АКБ}} > 0$. Тогда при определении потребляемой из сети мощности следует рассмотреть два варианта:

– если мощности ВИЭ недостаточно для выполнения баланса мощности, т.е. $P_{\text{ГЭК}}(t)/\eta_{\text{Инв.}} > N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}$, то из сети потребляется мощность

$$N_{\text{Сети}}(t) = \begin{cases} 0 \text{ при } N_{\text{АКБ}}^{\text{Разр.}}(t) \ge P_{\text{ГЭК}}(t)/\eta_{\text{Инв.}} - N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}, \\ P_{\text{ГЭК}}(t) - (N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}} + N_{\text{АКБ}}^{\text{Разр.}}(t))\eta_{\text{Инв.}} \text{ при } N_{\text{АКБ}}^{\text{Разр.}}(t) < P_{\text{ГЭК}}(t)/\eta_{\text{Инв}} - N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}, \end{cases} \quad (2)$$

где $N_{\text{АКБ}}^{\text{Разр.}}(t)$ – мощность АКБ, кВт.

– если мощности ВИЭ достаточно для выполнения баланса мощности, т.е. $P_{\text{ГЭК}}(t)/\eta_{\text{Инв.}} \le N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}$, то

$$N_{\text{Сети}}(t) = 0. \quad (3)$$

Для ГЭК, включающих в себя станции замены АКБ, режим работы в упрощенном виде также описывается в зависимости от количества АКБ в составе ГЭК, однако в данном случае в качестве аккумуляторов энергии ВИЭ выступают АКБ электромобилей. В дальнейшем часть этих АКБ используется для энергоснабжения СН ГЭК, а часть – устанавливается на электромобили взамен разряженных АКБ.

Для ГЭК со станциями замены при $n_{\text{АКБ}} = n_{\text{АКБ}}^{\min}$, потребляемая из сети мощность составит:

$$N_{\text{Сети}}(t) = \begin{cases} P_{\text{ГЭК}}(t) - N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}} \text{ при } P_{\text{ГЭК}}(t) > N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}; \\ 0 \text{ при } P_{\text{ГЭК}}(t) \le N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}} \end{cases} \quad (4)$$

где $n_{\text{АКБ}}^{\min}$ – минимально допустимое количество полностью заряженных аккумуляторов электромобилей, которое должно быть доступно для замены АКБ.

При $n_{\text{АКБ}} > n_{\text{АКБ}}^{\min}$ возможны следующие варианты работы ГЭК с электрической сетью:

1) мощности ВИЭ недостаточно как для выполнения баланса мощности, так и для энергоснабжения СН комплекса, т.е. $P_{\text{ГЭК}}(t) > N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}}$ и $N_{\text{СН}}(t) > N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}}$, где $N_{\text{СН}}(t)$ – мощность СН ГЭК, кВт:

– если количества полностью заряженных аккумуляторов на станции достаточно и для удовлетворения спроса на замену АКБ, и для СН ГЭК, то $N_{\text{Сети}}(t) = 0$;

– если количества заряженных аккумуляторов недостаточно для энергоснабжения СН комплекса, то тогда недостающая часть питания СН потребляется из сети:

$$N_{\text{Сети}}(t) = N_{\text{СН}}(t) - N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}} - \\ -n_{\text{АКБ}}^{\text{Част.разр.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}}^{\text{Текущ.}}(t) - n_{\text{АКБ}}^{\text{Доступ.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}}, \quad (5)$$

где $n_{\text{АКБ}}^{\text{Част.разр.}}(t)$ – количество частично разряженных АКБ, шт.; $N_{\text{АКБ}}^{\text{Текущ.}}$ – текущий уровень заряда АКБ, кВт; $n_{\text{АКБ}}^{\text{Доступ.}}(t)$ – количество АКБ, которые можно использовать для энергоснабжения СН ГЭК, шт.; $N_{\text{АКБ}}$ – полная мощность АКБ, кВт.

– если количества полностью заряженных аккумуляторов недостаточно для удовлетворения спроса на замену АКБ, то из сети потребляется мощность, необходимая не только для СН комплекса, но и для подзарядки необходимого количества АКБ,

$$N_{\text{Сети}}(t) = N_{\text{СН}}(t) - N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}} - \\ -n_{\text{АКБ}}^{\text{Част.разр.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}}^{\text{Текущ.}}(t) + n_{\text{АКБ}}^{\text{Зар.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}}, \quad (6)$$

где $n_{\text{АКБ}}^{\text{Зар.}}(t)$ – количество заряжающихся АКБ, шт.;

2) мощности ВИЭ достаточно для энергоснабжения СН комплекса или для выполнения баланса мощности, т.е. $P_{\text{ГЭК}}(t) > N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}$ и $N_{\text{СН}}(t) \le N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}$ или $P_{\text{ГЭК}}(t) \le N_{\text{ВИЭ}}(t)\eta_{\text{Преобр.}}$:

– если количества заряженных АКБ на станции достаточно для удовлетворения спроса на замену АКБ, то $N_{\text{Сети}}(t) = 0$;

– если количества полностью заряженных аккумуляторов недостаточно для удовлетворения спроса на замену АКБ, то тогда избыточная мощность ВИЭ, а также мощность из сети используются для подзарядки разряженных АКБ:

$$N_{\text{Сети}}(t) = \begin{cases} N_{\text{СН}}(t) - N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}} + n_{\text{АКБ}}^{\text{Зар.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}} \text{ при } N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}} < N_{\text{СН}}(t) + n_{\text{АКБ}}^{\text{Зар.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}}; \\ 0 \text{ при } N_{\text{ВИЭ}}(t)\cdot\eta_{\text{Преобр.}} \ge N_{\text{СН}}(t) + n_{\text{АКБ}}^{\text{Зар.}}(t)\cdot N_{\text{АКБ}}. \end{cases} \quad (7)$$

Модели элементов ГЭК и условия их работы положены в основу методики и построенного на ней аппарата технико-экономического обоснования структуры и параметров ГЭК на базе ВИЭ и станций подзарядки.

Результаты исследования

Для численного анализа структуры и параметров ГЭК, в том числе эффективности его использования в различных районах России, была выбрана типовая структура его оборудования, приведенная в таблице 1.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таблица 1

Оборудование, включенное в типовые варианты ГЭК

Table 1

Equipment included in the typical versions of the hybrid energy complex

Ветроэлектрические установки			
Марка ВЭУ	PW-30/14 (АВЭУ-30)	TW 60	PK-10
Номинальная мощность установки, кВт	30	60	12
Высота башни, м	15	35	5,5
Скорость ветра включения, м/с	2,5	2,5	4
Расчетная скорость ветра, м/с	10	12	12
Солнечные модули			
Марка СМ	ТСМ-200В		
Мощность (пиковая), Вт	200		
Номинальный КПД, о.е.	0,15		
Дизельные электроустановки			
Марка ДЭУ	ДГУ АД-30	ДГУ АД-60	
Номинальная мощность установки, кВт	30	60	
Аккумуляторные батареи			
Марка АКБ	RA12-260		
Номинальная емкость, А·ч	260		
Аккумуляторные батареи электромобилей			
Электромобиль	Nissan Leaf	Chevrolet Volt	
Энергия, кВт·ч	24	16	

Алгоритм выбора структуры и параметров ГЭК приведен на рисунке 4. Алгоритм позволяет рассматривать разные варианты состава оборудования ГЭК, которые будут характерны для разных регионов России.

В ходе исследования был выполнен расчет режимов работы нескольких вариантов ГЭК, предполагающих размещение в разных регионах России. Результаты расчетов были представлены в графическом виде (примеры см. на рисунках 5 и 6).

Полученные зависимости отражают влияние состава и параметров оборудования ГЭК на такие показатели, как электропотребление из электрической сети или выработка дизельной электростанции (ДЭС), если в качестве резервного источника питания будет принята не электрическая сеть, а ДЭС. Это, в свою очередь, позволяет определить оптимальное с точки зрения минимума сетевого энергопотребления или экономии дизельного топлива количество оборудования разного типа.



Рис. 4. Алгоритм выбора структуры ГЭК в зависимости от его географического положения
Fig. 4. Hybrid energy complex structure selection algorithm depending on its geographical location

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

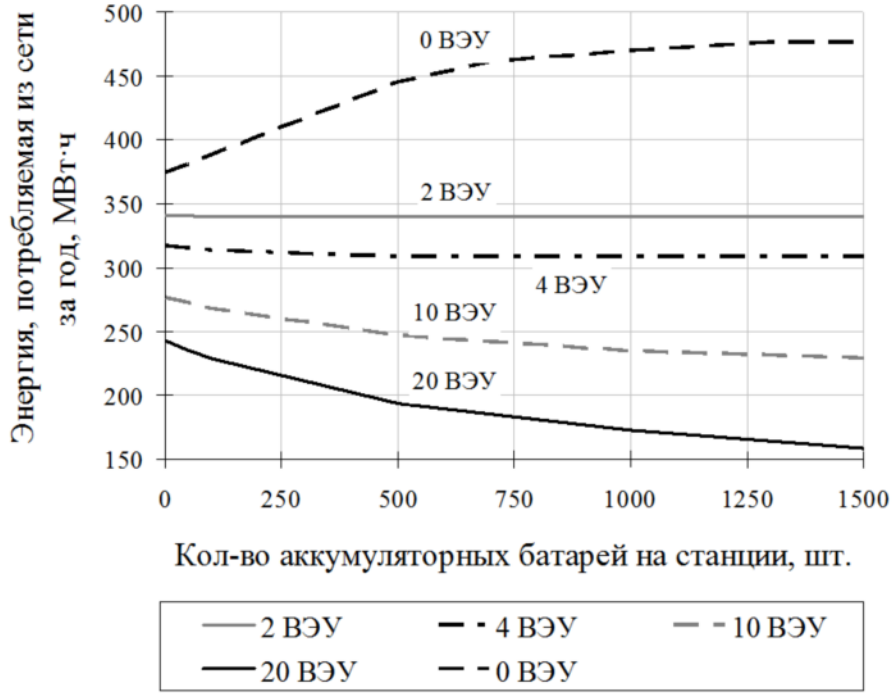


Рис. 5. Зависимость потребления из электрической сети от структуры ГЭК со станцией ночной зарядки
Fig. 5. The dependence of consumption from power grid on the structure of hybrid energy complex with nighttime charging station

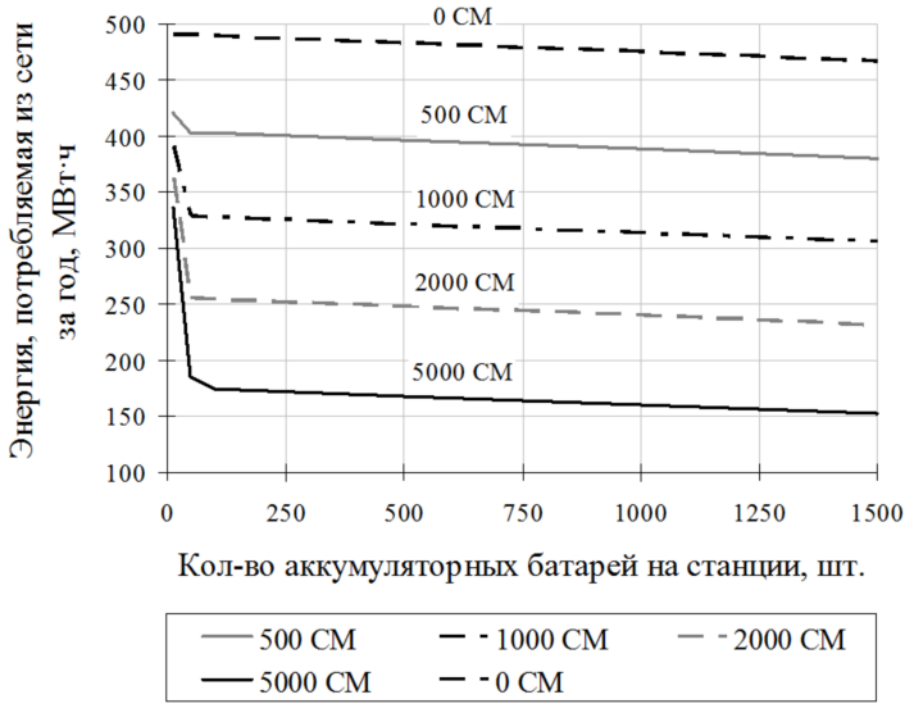


Рис. 6. Зависимость потребления из электрической сети от структуры ГЭК со станцией замены АКБ для таксопарка
Fig. 6. The dependence of consumption from power grid on the structure of hybrid energy complex with battery replacement station for taxi company

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Оценка экономической эффективности осуществлялась на основе результатов расчетов режимов работы ГЭК двумя способами:

– по величине чистого дисконтированного дохода (ЧДД), т.е. стоимости будущих доходов за вычетом затрат, где первые и вторые приведены к сегодняшнему дню;

– путем сравнения стоимости подзарядки АКБ электромобиля со стоимостью заправки бензином автомобиля аналогичного класса.

Оценка эффективности по величине ЧДД ГЭК на основе ВИЭ, имеющих подключение к электрической сети, производилась путём сравнением этих комплексов с зарядкой от электрической сети. Для этого в ходе расчетов изменялись тарифы на сетевую электроэнергию. В свою очередь автономные ГЭК сравнивались с зарядкой от ДЭС. При этом изменялась стоимость дизельного топлива. Полученные в итоге результаты показали, что:

– ГЭК на основе ВИЭ станут эффективнее зарядки от электрической сети в том случае, если стоимость сетевой электроэнергии составит 8 руб./кВт·ч и более;

– автономные ветродизельные ГЭК, состоящие из ветроэлектрических станций (ВЭС) и ДЭС, при значительной удаленности комплексов от электрической сети по сравнению с зарядкой от ДЭС становятся эффективными уже при среднегодовой скорости ветра 4–4,5 м/с. Такие ветродизельные ГЭК могут сооружаться в Ростовской и Свердловской областях, в Хабаровском и Приморском краях, так как их ветровой потенциал соответствует необходимым показателям [16].

Следует отметить, что для рекреационных зон и заповедников экологический эффект от использования ГЭК на основе ВИЭ превалирует над экономической эффективностью, поэтому в данном случае для всех рассматриваемых регионов России целесообразность использования ГЭК как на основе солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), так и на ВЭС должна определяться условиями приобретения оборудования, строительства и монтажа, а также эксплуатации возводимых энергообъектов.

Для оценки сравнительной экономической эффективности зарядки электромобиля от ГЭК на основе ВИЭ по сравнению с заправкой легковых автомобилей бензином в ходе расчетов изменялась величина тарифа на продаваемую потребителям электроэнергию. Это позволило определить для каждого из рассмотренных вариантов ГЭК такую стоимость электроэнергии, при которой эти комплексы окупались бы в течение расчетного периода в 20 лет. Полученные результаты показывают, что при расходе топлива на 100 км пробега 8–10 л (стоимость эквивалентна 250–315 руб. для бензина А-95 и 260–320 руб. для дизельного топлива) и электропотреблении электромобилей Nissan Leaf и Chevrolet Volt на 100 км пробега соответственно 21 и 23 кВт·ч (стоимость подзарядки см. в таблице 2), стоимость зарядки электромобиля в некоторых случаях меньше стоимости заправки автомобиля.

Таблица 2

Стоимость подзарядки электромобиля, приведенная для 100 км пробега

Table 2

The cost of charging an electric vehicle, reduced to 100 kilometers run

Тип станции подзарядки	Электроснабжение станции подзарядки от			
	ДЭС	ГЭС на основе СФЭС	ГЭС на основе ВЭС	ГЭС на основе СФЭС и ВЭС
Для районов с централизованным энергоснабжением (дублирование от электрической сети)				
Зарядная станция	–	330–400 руб.	105–240 руб.	350–510 руб.
Станция замены АКБ	–	245–350 руб.	120–225 руб.	255–445 руб.
Для изолированных районов (дублирование от ДЭС)				
Станция замены АКБ	510 руб.	805–865 руб.	425–655 руб.	745–1 000 руб.

Выводы

В целом можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная математическая модель ГЭК позволяет имитировать режимы работы электроустановок на основе солнечной и ветровой энергии, типовых АКБ или АКБ легковых электромобилей и зарядных станций или станций замены АКБ с дублированием энергоснабжения от электрической сети или ДЭС;

2. Исследование влияния состава и параметров ГЭК на режимы его работы показало, что:

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

– при одинаковой установленной мощности ВЭС, целесообразнее включать в ее состав ВЭУ и ДЭУ с большей единичной установленной мощностью;

– ГЭК, подключенные к электрической сети, наиболее эффективны для станций подзарядки, пик энергопотребления которых приходится на вечернее и ночное время суток;

3. Методика обоснования состава и параметров ГЭК может быть использована для анализа ГЭК различной структуры, которая изменяется путем замены или исключения моделей отдельных элементов ГЭК;

4. Эффективность использования ГЭК оценивается:

• для районов с централизованным электроснабжением:

– ГЭК на основе ВЭС и зарядной станцией или станцией замены АКБ эффективны при среднегодовой скорости ветра более 3,5 м/с (целесообразно использовать в Ростовской и Свердловской областях, в Хабаровском и Приморском краях);

– ГЭК со СФЭС и станцией замены АКБ эффективны при среднегодовом приходе солнечного излучения более 190 Вт/м^2 (целесообразно использовать в Хабаровском крае);

• для изолированных районов ГЭК с ВЭС и станцией замены АКБ более эффективны, чем аналогичные ГЭК с ДЭС, при среднегодовой скорости ветра 4–4,5 м/с (целесообразно использовать в Ростовской и Свердловской областях, в Хабаровском и Приморском краях);

5. Разработанные рекомендации по определению оптимальной структуры типовых ГЭК на основе станций подзарядки и ВИЭ позволяют оценивать эффективность использования ГЭК в различных регионах страны при задании для каждой территории значений валового потенциала ВИЭ и условий использования ГЭК.

Список литературы

1. Меморандум о реализации программы развития экологически чистого автономного электрического транспорта и зарядной инфраструктуры на территории г. Москвы (программа «Экополис»). М.: Пресс-релиз: Револьта, 2011–2013. [Электронный ресурс]: http://revolta.ru/files/Press%20release%20RU%2015_02_2012.pdf.

2. Кудряшова Ю.С., Мельников С.А., Семутникова Е.Г. и др. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2012 году. Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. М.: Спецкнига, 2012.

3. Electric Car Use by Country. [Электронный ресурс]: Wikipedia, the Free Encyclopedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country

4. Electric Vehicle Network. [Электронный ресурс]: Wikipedia, the Free Encyclopedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_network

5. Револьта. Зарядная инфраструктура. Электротранспорт. МОЭСК-EV. М.: Револьта, 2011–2013. http://revolta.ru

6. МОЭСК-EV. [Электронный ресурс]: МОЭСК-EV, 2011–2013. http://moesk-ev.ru

7. SolarChargedDriving. Plugging the World into the Power of the Sun. [Электронный ресурс]: SolarChargedDriving, 2009–2013. http://solarchargeddriving.com

8. Sparacino A.R. Design and Simulation of a DC Electric Vehicle Charging Station Interconnected with a MVDC Network. University of Pittsburgh, 2012.

9. Johannes Urban, Manfred Bruckmann, Andreas Welsch. Evaluation of Solar DC/DC Charging Concepts in Off-Grid Operation. HS Regensburg, 2012.

10. Горинов К.А., Тюхов И.И. Фотоэлектрические станции для зарядки электромобилей // Возобновляемые источники энергии: материалы восьмой научной молодежной школы с международным участием. М.: Университетская книга. 2012. С. 80–85.

11. Patten John, Christensen Nathan, Srivastava Steven, Nola Gary. Wind Charged Plug-In Hybrid Electric Vehicle // Green Manufacturing Research Journal, 2011. [Электронный ресурс]: http:// scholarworks.wmich.edu/greenmanufacturing/1/

12. Jessica Grove-Smith. Charging Station for Electric Vehicles. Nordic Folkecenter for Renewable Energy, 2008.

13. American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) – Light-Duty Electric Drive Vehicle and Charging Infrastructure Testing. The EV Project Vehicle Charging Infrastructure. [Электронный ресурс]: Idaho National Laboratory. http://avt.inel.gov/evproject.shtml

14. American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) – Light-Duty Electric Drive Vehicle and Charging Infrastructure Testing. ChargePoint America Vehicle Charging Infrastructure. [Электронный ресурс]: Idaho National Laboratory. http:// avt.inel.gov/chargepoint.shtml

15. John Smart, Jamie Davies, Matthew Shirk, Casey Quinn, Kenneth S. Kurani. Electricity Demand of PHEVs Operated by Private Households and Commercial Fleets: Effects of Driving and Charging Behavior // The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, 2010.

16. Метеорологическая база данных «Meteonorm». [Электронный ресурс]: http:// meteonorm.com.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

References

1. Memorandum o realizacii programmy razvitiâ èkologičeski čistogo avtonomnogo èlektričeskogo transporta i zarâdnoj infrastruktury na territorii g. Moskvy (programma «Èkopolis»). Press-reliz: Revol'ta, M., 2011–2013. Available at: http:// revolta.ru/files/Press%20release%20RU%2015_02_2012.pdf. (in Russ.).

2. Kudryashova Yu.S., Melnikov S.A., Semutnikova E.G. et al. Doklad o sostoânii okružaûŝej sredy v gorode Moskve v 2012 godu. Pravitel'stvo Moskvy, Departament prirodopol'zovaniâ i ohrany okružaûŝej sredy goroda Moskvy. Moscow: Speckniga Publ., 2012 (in Russ.).

3. Electric Car Use by Country. Available at: Wikipedia, the Free Encyclopedia. http:// en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country (in Eng.).

4. Electric Vehicle Network. Available at: Wikipedia, the Free Encyclopedia. http:// en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_network (in Eng.).

5. Revol'ta. Zarâdnaâ infrastruktura. Èlektrotransport. MOÈSK-EV: Available at: Revol'ta, M., 2011–2013. http:// revolta.ru (in Russ.).

6. MOÈSK-EV: MOÈSK-EV, 2011–2013. Available at: http://moesk-ev.ru (in Russ.).

7. SolarChargedDriving. Plugging the World into the Power of the Sun: SolarCharged-Driving, 2009–2013. Available at: http://solarchargeddriving.com (in Eng.).

8. Sparacino A.R. Design and Simulation of a DC Electric Vehicle Charging Station Interconnected with a MVDC Network. University of Pittsburgh, 2012 (in Eng.).

9. Johannes Urban, Manfred Bruckmann, Andreas Welsch. Evaluation of Solar DC/DC Charging Concepts in Off-Grid Operation. HS Regensburg, 2012 (in Eng.).

10. Gorinov K.A., Tyuhov I.I. Fotoèlektričeskie stancii dlâ zarâdki èlektromobilej. *Vozobnovlâemye istočniki ènergii: materialy vos'moj naučnoj molodežnoj školy s meždunarodnym učastiem*. Moscow: Universitetskaâ kniga Publ., 2012, pp. 80–85 (in Russ.).

11. Patten John, Christensen Nathan, Srivastava Steven, Nola Gary. Wind Charged Plug-In Hybrid Electric Ve-hicle // Green Manufacturing Research Journal, 2011. Available at: http:// scholarworks.wmich.edu/greenmanufacturing/1/ (in Eng.).

12. Jessica Grove-Smith. Charging Station for Electric Vehicles. Nordic Folkecenter for Renewable Energy, 2008 (in Eng.).

13. American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) – Light-Duty Electric Drive Vehicle and Charging Infra-structure Testing. The EV Project Vehicle Charging Infrastructure. Available at: Idaho National Laboratory. http://avt.inel.gov/evproject.shtml (in Eng.).

14. American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) – Light-Duty Electric Drive Vehicle and Charging Infra-structure Testing. ChargePoint America Vehicle Charging Infrastructure. Available at: Idaho National Laboratory. http://avt.inel.gov/chargepoint.shtml (in Eng.).

15. John Smart, Jamie Davies, Matthew Shirk, Casey Quinn, Kenneth S. Kurani. Electricity Demand of PHEVs Operated by Private Households and Commercial Fleets: Effects of Driving and Charging Behavior. *The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition*, 2010 (in Eng.).

16. Meteorologičeskaâ baza dannyh «Meteonorm». Available at: http://meteonorm.com (in Russ.)

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEXES

ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ И УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

PROBLEMS OF OIL, GAS, AND COAL INDUSTRY

Статья поступила в редакцию 30.04.15. Ред. рег. № 2254 The article has entered in publishing office 30.04.15. Ed. reg. No. 2254

УДК 621.311.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКИ С ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ В ВЕНЕСУЭЛЕ

В.А. Кузнецова[1], Р.В. Пугачев[1], М.Е. Росендо Чакон[1,2], А.С. Лопес Сааб[1,2]

[1]ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51; e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2] Национальный экспериментальный политехнический университет
национальных вооруженных сил
Венесуэла 02101, Маракай, ул. Маракай – Марияра
тел.: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.012

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

В работе изложена инновационная технология повышения нефтеотдачи пластов (ПНП) на основе солнечной тепловой установки. Авторы останавливаются на проблеме замены обычного парогенератора, работающего на органическом топливе, солнечным полем параболоцилиндрических концентраторов (ПЦ концентраторов). Рассматривается влияние неравномерности закачки пара на общую эффективность нефтедобычи, связанную с циклическим характером прихода солнечной энергии. Анализируются оптические и тепловые потери в ПЦ концентраторе. Цель статьи – показать возможность использования значительного потенциала солнечной энергии Венесуэлы для получения пара на основе солнечной тепловой установки с ПЦ концентраторами.

Ключевые слова: повышение нефтеотдачи пластов (ПНП), солнечная тепловая установка, параболоцилиндрический концентратор, Венесуэла.

USE OF SOLAR THERMAL PLANT WITH PARABOLIC TROUGH CONCENTRATORS FOR THE PURPOSE OF THE ENHANCED OIL RECOVERY PROCESS IN VENEZUELA

V.A. Kuznetsova[1], R.V. Pugachev[1], M.E. Rosendo Chacon[1,2], A.C. Lopez Saab[1,2]

[1]National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250 Russian Federation
ph: +7(495)362-72-51, e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2]Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional
Vieja Maracay – Mariara St., Maracay, 02101 Venezuela
ph: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

This article expounds an innovative technology for enhanced oil recovery (EOR) based on solar thermal plant. First of all the authors dwell on the problem of the replacement of conventional steam generators operating with fossil fuels by the solar field of parabolic trough concentrators. Then they discuss the impact of intermittent steam injection on overall efficiency of oil production, related to the cyclical nature of the incoming solar energy. Next they analyze the optical and thermal losses in parabolic trough concentrator. The purpose of this article is to show the possibility of using the vast potential of solar energy in Venezuela in order to produce steam with parabolic trough concentrator solar plant.

Keywords: enhanced oil recovery (EOR), solar steam plant, parabolic trough concentrator, Venezuela.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Валентина Андреевна Кузнецова
Valentina A. Kuznetsova

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1972).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика, гидроэнергетика.

Публикации: более 60.

Information about the author: senior lecturer of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1972).

Research area: renewable energy, solar and wind energy, hydropower.

Publications: more than 60.



Роман Викторович Пугачев
Roman V. Pugachev

Сведения об авторе: доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1999).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии.

Публикации: 40.

Information about the author: professor of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1999).

Research area: renewable energy.

Publications: 40.



Милица Елена Росендо Чакон
Militza E. Rosendo Chacon

Сведения об авторе: аспирантка кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.



Андрес С. Лопес Сааб
Andres C. Lopez Saab

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Мировые ресурсы нетрадиционной нефти, такие как тяжелая, сверхтяжелая нефть и битум составляют значительную часть мирового объема добычи. Однако высоковязкая природа данных ресурсов означает, что только малая их часть может быть извлечена с помощью недорогих и простых первичных и вторичных методов нефтедобычи. Большие объемы добычи требуют сложных и затратных третичных методов, известных как повышение нефтеотдачи пластов (ПНП). При этом для реализации процесса ПНП требуется сжигать органическое топливо для выработки пара, что наносит вред окружающей среде, поэтому в настоящее время возобновляемые виды энергии используют не только для того, чтобы в будущем, возможно, заменить ими производство сырой нефти, но и для добычи ископаемого топлива более безопасным и эффективным способом. Инновационный пример – солнечная тепловая установка с параболоцилиндрическими концентраторами (ПЦ концентраторами).

Нетрадиционные ресурсы нефти

Венесуэла обладает огромными запасами нефтяных ресурсов, при этом 70 % составляет тяжелая нефть. По данным ОПЕК, Венесуэла к концу 2010 г заняла первое место по разведанным запасам. Они составляют 297,6 млнбарр (около 20 % мировых запасов) [1]. Другая оценка ресурсов тяжелой нефти Венесуэлы предоставлена Геологической службой США (USGS, 2009) [2], согласно которой нефтеносный пояс Ориноко содержит объем от 380 до 652 млрд баррелей технически извлекаемой тяжелой нефти.

Характеристики венесуэльской нефти (тяжелая, сверхтяжелая и нефтеносные пески) приводят к необходимости применять тепловые методы повышения нефтеотдачи пластов (ПНП).

Самая большая зона залегания тяжелой нефти на территории Венесуэлы показана на рисунке 1 [3].

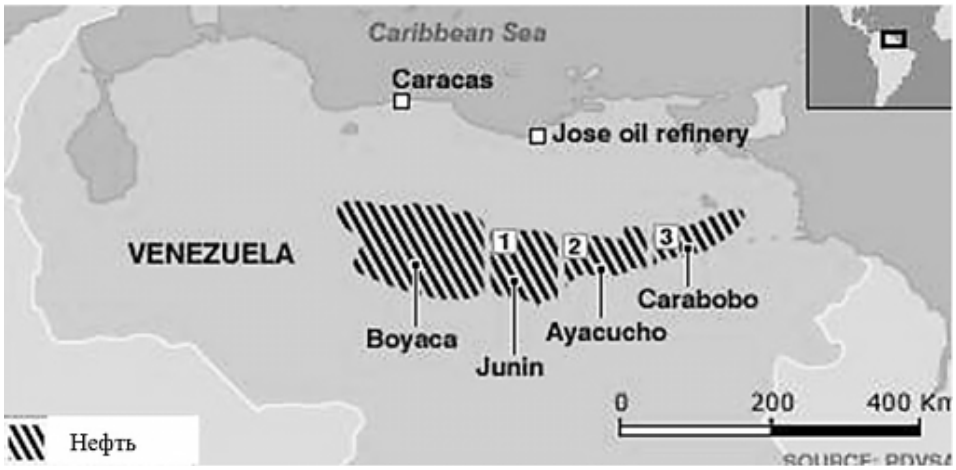


Рис. 1. Нефтеносные пески Ориноко
Fig. 1. Orinoco Belt

Повышение нефтеотдачи пластов

Термин «повышение нефтеотдачи пластов» подразумевает введение жидкостей, которые снижают вязкость и улучшают текучесть нефти. Накачиваемые в нефтяной пласт жидкости могут состоять из компонентов, которые способны смешиваться с нефтью (обычно это углекислый газ, пар, воздух или

кислород, полимерный раствор, гели, щелочные растворы и т.д.). ПНП относится к таким технологиям и стратегиям, которые используются нефтяными компаниями для максимального увеличения добычи нефти из существующих пластов.

Выбор подходящей для применения жидкости или технологии в конкретном нефтяном месторождении зависит от глубины скважины [4], свойств содержащейся в ней нефти и экономических возможностей месторождения (рис. 2).

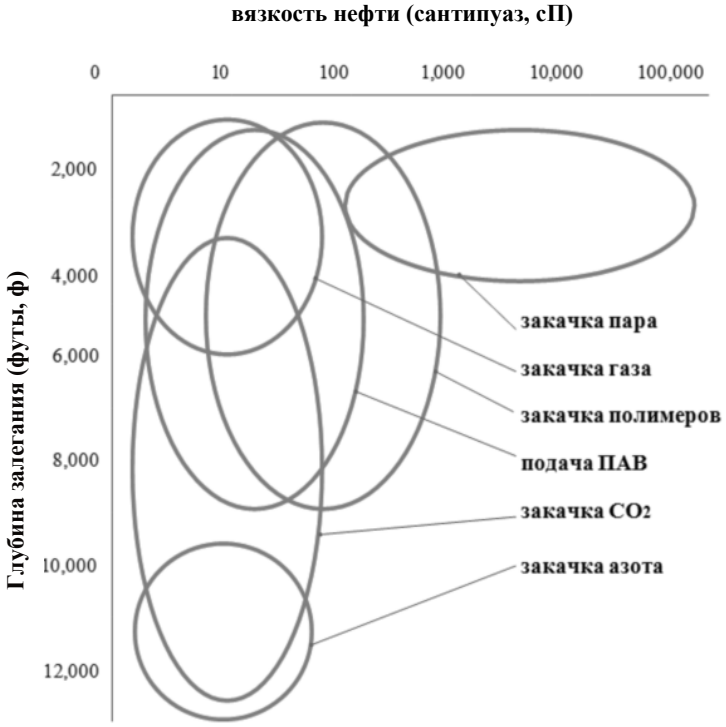


Рис. 2. Выбор технологии ПНП на основе глубины залегания и вязкости нефти
Fig. 2. Enhanced Oil Recovery technology selection due to oil deposit deepness and oil viscosity

Закачка пара для разжижения нефти или полимеров для загущения воды и увеличения нефтеотдачи больше подходит для нефтяных месторождений с высокой вязкостью. И наоборот, углекислый и другие газы, которые способны смешиваться с нефтью и уменьшать остаточную нефтенасыщенность в месторождении, лучше подходят для маловязких месторождений с большой глубиной, давлением и температурой.

Из доступных сегодня методов ПНП добыча вязкой нефти остается неразрывно связанной с тепловыми методами ПНП на основе пара (далее П-ПНП). П-ПНП представляет собой введение больших объемов пара в месторождение с целью уменьшения вязкости нефти и улучшения ее подвижности, и, следовательно, увеличения производства нефти.

Методы ПНП активно применяются в США, Венесуэле, Индонезии, Омане, Канаде и Китае.

Тепловые ПНП. Тепловые методы ПНП используются преимущественно в месторождениях тяжелой, сверхтяжелой нефти и в нефтеносных песках.

Основная цель тепловой нефтедобычи – сократить вязкость пластовой нефти в месторождении и ускорить нефтедобычу. В основном этого можно достичь, повысив температуру сырья при нагревании. Горячая вода и пар – отличные проводники тепла, но пар больше используется в тепловых ПНП-проектах.

Для нагревания нефти используется метод подачи пара под высоким давлением в толщу пород, что способствует уменьшению ее вязкости. Тепловой метод повышения нефтеотдачи пластов на основе пара – старейший метод ПНП, который стали применять около 50 лет назад. Месторождение Тиа Хуана в Венесуэле – одно из самых первых паровых П-ПНП проектов в мире [5].

Сегодня П-ПНП остается доминирующим методом. Около 35 % активных проектов ПНП в мире используют пар для введения в месторождение.

Тепловые методы повышения нефтеотдачи пластов на основе пара (П-ПНП)

Сегодня существуют три основных используемых на практике вида П-ПНП: циклическое нагнетание пара в пласт, непрерывное нагнетание пара (паровой поток) и парогравитационный дренаж. В данном разделе представлен обзор этих процессов.

Циклическое нагнетание пара в пласт, также известное как пароциклическая обработка скважин

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

(ПЦО), представляет собой перенос тепла в месторождение путем периодического введения пара в нефтеносную скважину для уменьшения вязкости пластовой нефти и увеличения ее подвижности. ПЦО особенно успешно применяется для добычи высоковязкой нефти и битума [6].

В проектах ПЦО пар сначала вводится в месторождение на срок в несколько дней или недель, затем нефтяная скважина закрывается, чтобы пласт пропитался этим паром. Далее скважина открывается на длительное время для откачки смеси горячей нефти и воды и, когда производство нефти снижается до минимального экономического уровня, полный цикл повторяется. Полный цикл ПЦО показан на рисунке 3.

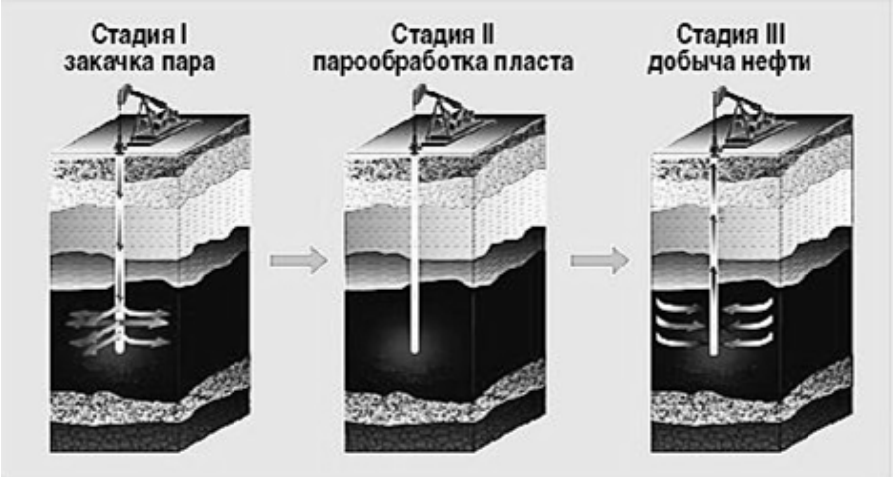


Рис. 3. Циклы производства методом ПЦО
Fig. 3. Cyclic Steam Stimulation production cycles

Основной недостаток ПЦО – низкий уровень добычи нефти, который составляет от 3 до 15 % всей нефти в скважине. [7].

В целом показатели добычи нефти непрерывным нагнетанием пара обычно выше, чем методами ПЦО.

Непрерывное нагнетание пара. Более современная и сложная техника, чем ПЦО, известна как паровой поток. Кроме уменьшения вязкости нефти, вводимый пар отодвигает нефть в стороны по направлению к производственным скважинам (рис. 4). В отличие от ПЦО эта техника дает возможность использовать несколько скважин для введения пара и производства нефти, что позволяет заполнить паром большую часть месторождения. Существующий опыт показывает, что ПЦО повышает тепловую эффективность, но со сравнительно малой общей нефтедобычей. И наоборот, паровой поток демонстрирует более высокие показатели нефтедобычи (до 40 %), но с большим потреблением пара.

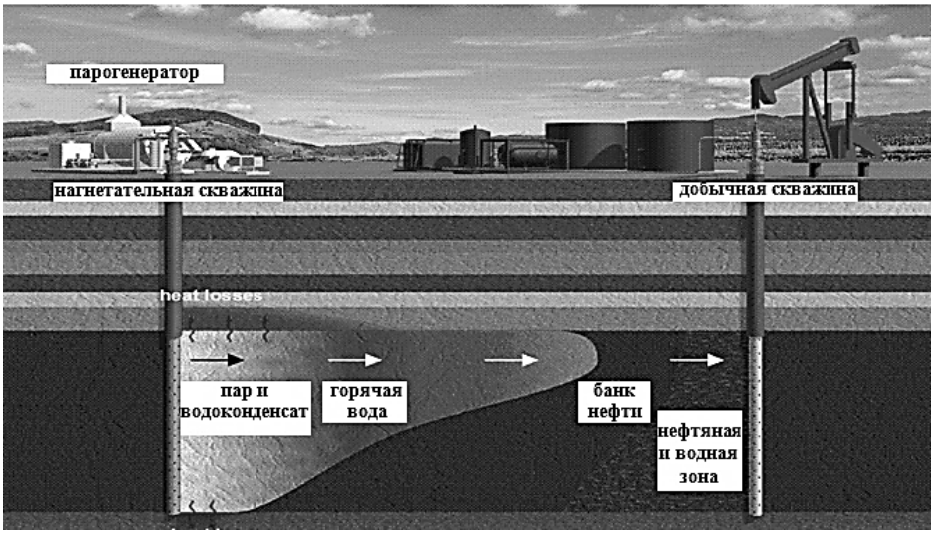


Рис. 4. Процесс непрерывного нагнетания пара
Fig. 4. Continuous Steam Injection process

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Парогравитационный дренаж (SAGD). Вязкость некоторых типов нефти, например битума, находящихся в нефтеносных песках Венесуэлы, так высока, что почти все привычные методы производства не работают на практике. Битум особенно недвижим в скважинных условиях, и, следовательно, введение любых жидкостей довольно проблематично. До недавнего времени ПЦО был единственно возможным методом добычи битума из нефтеносных песков. Основная трудность, с которой можно столкнуться при непрерывном нагнетании пара и ПЦО, – это то, что даже разогретый битум не всегда позволяет направить нагретую жидкость в скважины [8], поэтому взаимодействие между жидкостью и производственными скважинами очень низкое. Нагретый битум остывает и снова обретает свою вязкость на пути к холодному резервуару производственной скважины, что препятствует достижению необходимого нефтепотока.

Парогравитационный дренаж – это особая форма парового потока, который изначально был разработан для добычи битума. Основная определяющая черта процесса парогравитационного дренажа – использование двух параллельных горизонтальных скважин, обычно расположенных на расстоянии 5 метров друг от друга [9].

На рис. 5 показан механизм процесса, при котором пар непрерывно поступает в верхний колодец, вытесняя нефть и конденсируемую воду в нижний колодец. В литературе [6] показано, что если пар поступает выше, но близко к производственной скважине, то он будет подниматься, а более тяжелый конденсат и нагретая нефть будут опускаться. Под действием гравитации нагретая нефть стекает к нижнему горизонтальному колодцу, отсюда и название процесса – гравитационный дренаж.

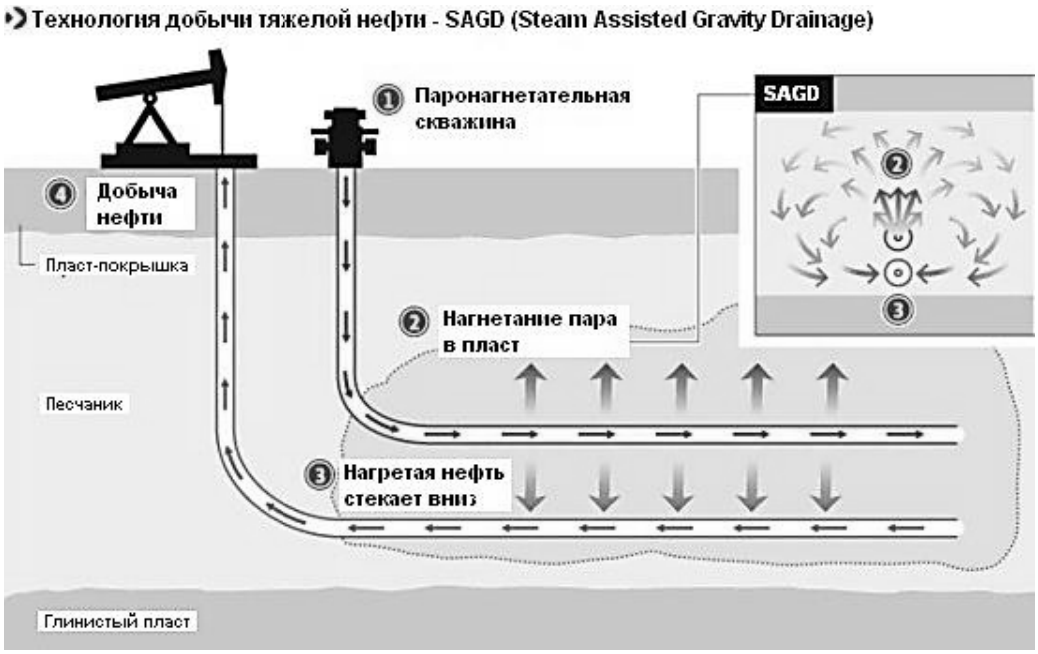


Рис. 5. Процесс парогравитационного дренажа
Fig. 5. Steam Assisted Gravity Drainage process

Основные достоинства парогравитационного дренажа:

– высокий объем нефтедобычи 50–70 % [10];

– меньшее количество пара на баррель производимой нефти, чем в других П-ПНП;

– возможность добычи более тяжелого битума без обширного предварительного нагревания, ведь в отличие от обычного непрерывного нагнетания пара нефть остается горячей при перемещении в производственную скважину.

Потребление топлива и выброс углекислого газа при П-ПНП. Преимущества солнечной тепловой установки для окружающей среды

Добыча тяжелой нефти – энергоемкий процесс, который требует тепловой энергии. Эта энергия, как правило, поступает путем конверсии природного топлива. Пар для операций П-ПНП обычно вырабатывается с использованием прямоточных паровых генераторов (рис. 6).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

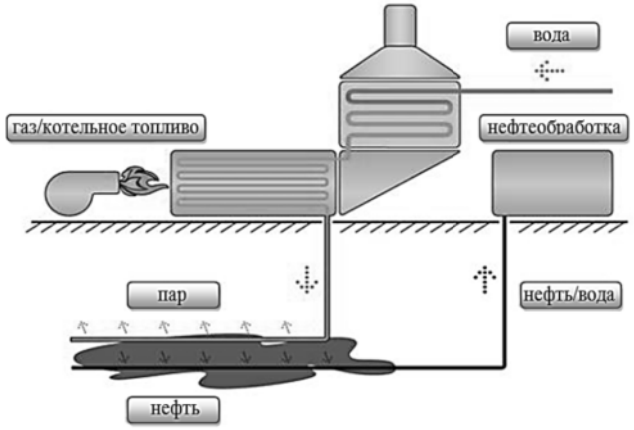


Рис. 6.Типичная схема П-ПНП
Fig. 6. Typical schematic model of steam based enhanced oil recovery

Горение органического топлива увеличивает выброс углекислого газа, оксида азота и двуокиси серы в атмосферу. Возможен также выброс метана, если природный газ не сжигается полностью.

Согласно исследованию "EnergyPolicy" и Всемирного банка, Венесуэла занимает первое место среди стран Латинской Америки по выбросам CO_2 на душу населения (рис. 7).

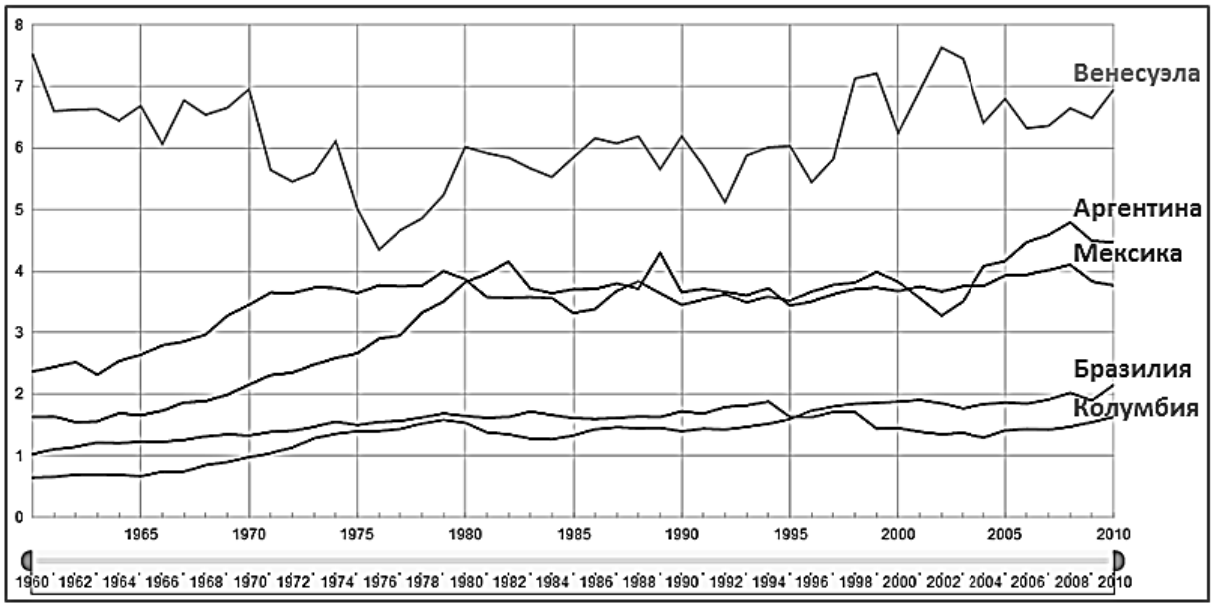


Рис. 7. Выбросы CO_2 на душу населения в Латинской Америке [11, 12]
Fig. 7. Carbon dioxide pollution per capita in Latin America [11, 12]

Растущие цены на газ вместе с ужесточающимися правилами по охране окружающей среды, включая ограничения по использованию угля, привели к появлению научных исследований по замещению природного газа при П-ПНП солнечной энергией (ПЦ концентраторы в ПНП), что может привести к уменьшению выбросов CO_2, NO_x и SO_2.

ПНП на основе солнечной тепловой установки с ПЦ концентраторами

При обычном паровом П-ПНП пар производится путем сжигания природного газа. В ПНП для получения пара вместо природного газа можно применять технологию концентрирования солнечной энергии на основе солнечной тепловой установки. Параболоцилиндрические рефлекторы используются для отражения и концентрации солнечного света на приемники, собирающие солнечную энергию и конвертирующие ее в тепловую энергию, из которой затем получают водяной пар.

Применение технологии ПЦ концентратора в тепловом секторе ПНП нефтяной промышленности дает возможность производить большое количество

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

пара на экономически выгодных условиях и безопасно для окружающей среды.

Технологии ПЦ концентраторов могут производить пар в таком же количестве и такой же температуры, как и природный газ. В результате появляется возможность сократить количество природного газа, используемого в обычных П-ПНП, и направить его на другие нужды, такие как производство электроэнергии, водоопреснение и промышленное развитие. Хотя производство и подача пара с ПЦ концентраторами могут изменяться во времени, это, как можно будет убедиться в ходе дальнейших рассуждений, не имеет негативного влияния на уровень нефтедобычи [13]. Таким образом, солнечные ПЦ концентраторы могут заменить природный газ для производства пара, необходимого при ПНП.

Перспективы ПЦ концентратора в П-ПНП

Использование ПЦ концентраторов в П-ПНП ограничено месторождениями тяжелой нефти в районах с обильным солнечным светом, в то же время пригодность многих нефтяных месторождений для данной технологии несомненна. Венесуэла обладает большими запасами нефтяных ресурсов, при этом 70 %, как уже было сказано, составляет тяжелая нефть, а значительный потенциал солнечной энергии делает Венесуэлу очень благоприятным районом для использования ПЦ концентраторов совместно с тепловыми ПНП. Среднесуточный приход солнечной радиации на трех четвертях территории страны составляет 4,5–6,7 КВт/м^2 в сутки. При этом не существует значительных колебаний прихода солнечной радиации в течение года.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

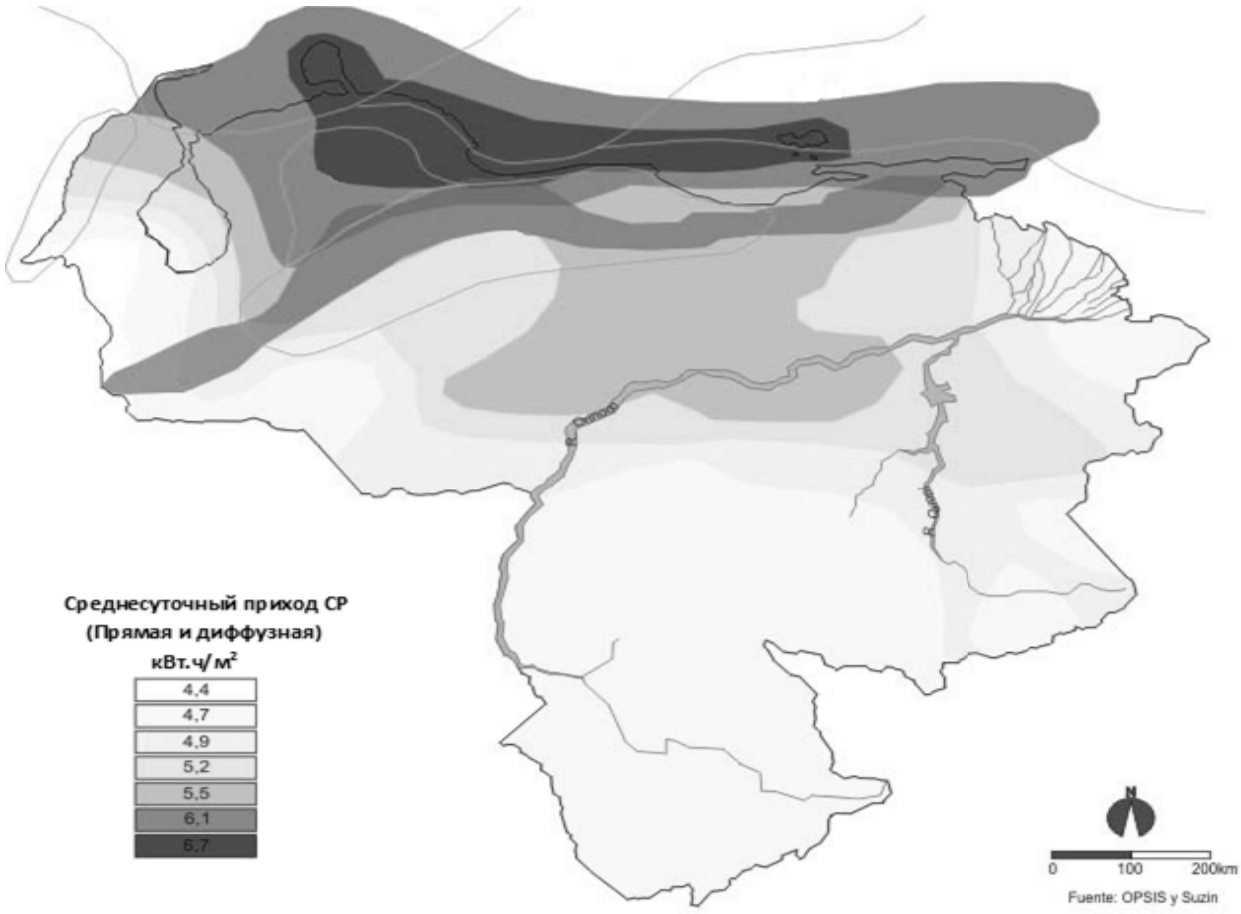


Рис. 8. Приход солнечной энергии на территорию Венесуэлы [14]
Fig. 8. Solar radiation incoming in Venezuela [14]

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Влияние непостоянного режима подачи пара на эффективность добычи нефти

Большинство тепловых методов повышения нефтеотдачи пластов на основе пара (П-ПНП) требуют непрерывной подачи. Однако пар, получаемый с помощью солнечной энергии, зависит от времени суток и сезона, что приводит к неустойчивости процессов производства пара в дневное/ночное время, а также при смене сезонов. Следовательно, необходимо тщательно оценить влияние непостоянного режима подачи пара на эффективность добычи нефти с использованием солнечной энергии.

Экспериментальное изучение влияния суточной неравномерности нагнетания пара на эффективность добычи нефти проводилось в 1982 г [15]. В этой работе показано, что при одинаковом суточном объёме нагнетаемого пара на первом этапе постоянная по времени подача пара приводит к более высоким темпам добычи нефти, но в дальнейшем при вспрыскивании такого же суточного объема пара (пар поступал только в течение 12 часов) добыча нефти выравнивается, однако происходит это значительного позже по времени (почти на 38 %).

Недавнее и более детальное исследование для оценки подпочвенной эффективности третичных способов нефтедобычи с использованием солнечной энергии было проведено компаниями Shell Technology Oman и PetroleumDevelopmentOman (PDO). Цель – определить снижение эффективности нефтедобычи вследствие сезонной цикличности объема пара, производимого с помощью солнечной энергии [13].

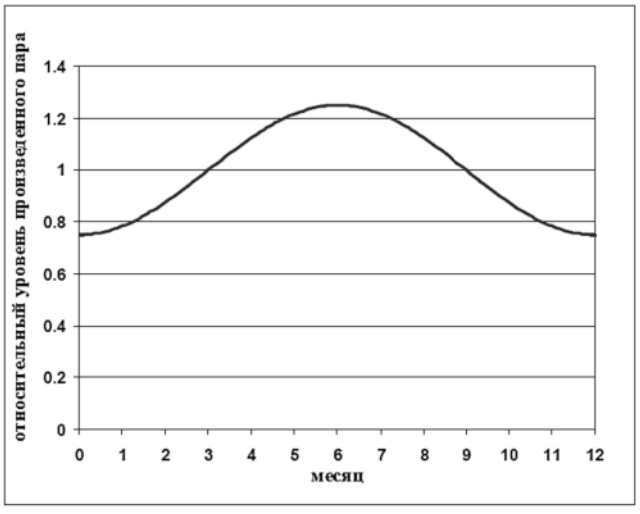


Рис. 9. Сезонное изменение предполагаемого уровня пара, произведённого с использованием солнечной энергии
Fig. 9. Seasonal changes of expected steam level produced with solar energy

Сезонное изменение объема производимого пара моделировалось колебательной функцией с амплитудой ±25 % от среднегодового уровня. При этом полагалось, что при одинаковом объеме закачанного пара закачка вместо 24 часов производится только в течение 10 часов в сутки, т.е. фактический объем пара выше на коэффициент 2,4 (24 ч/10 ч), чем сезонный уровень.

В работе моделировались два типичных характера геологической природы нефтяного коллектора: трещиноватый и безтрещиноватый.

Некоторые результаты исследования представлены на рисунках 10 и 11. На рисунке 10 приводятся сравнительные данные объема нефтедобычи при использовании солнечной энергии и при непрерывной подаче в трещиноватый коллектор.

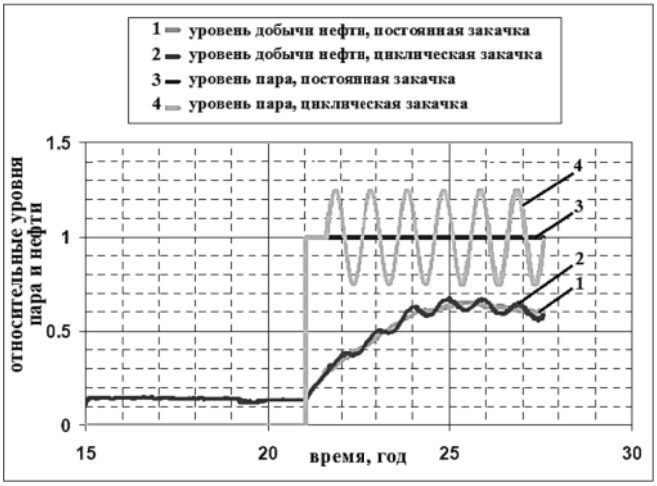


Рис. 10. Моделирование нарастания объема добычи нефти при постоянном и циклическом закачивании пара в трещиноватый коллектор
Fig. 10. Modeling of oil extraction volume increase under constant and cyclical steam injection in fractured reservoir

Из этого следует, что при постоянной и циклической закачке пара характер нарастания объема добычи нефти в течение времени практически совпадает.

На рисунке 11 видно, что сезонные колебания расхода пара соответствуют колебаниям дебита нефти. В данном случае было установлено, что относительное изменение расхода пара на ±25 % приводит к относительному изменению объема нефти на ±7 %.

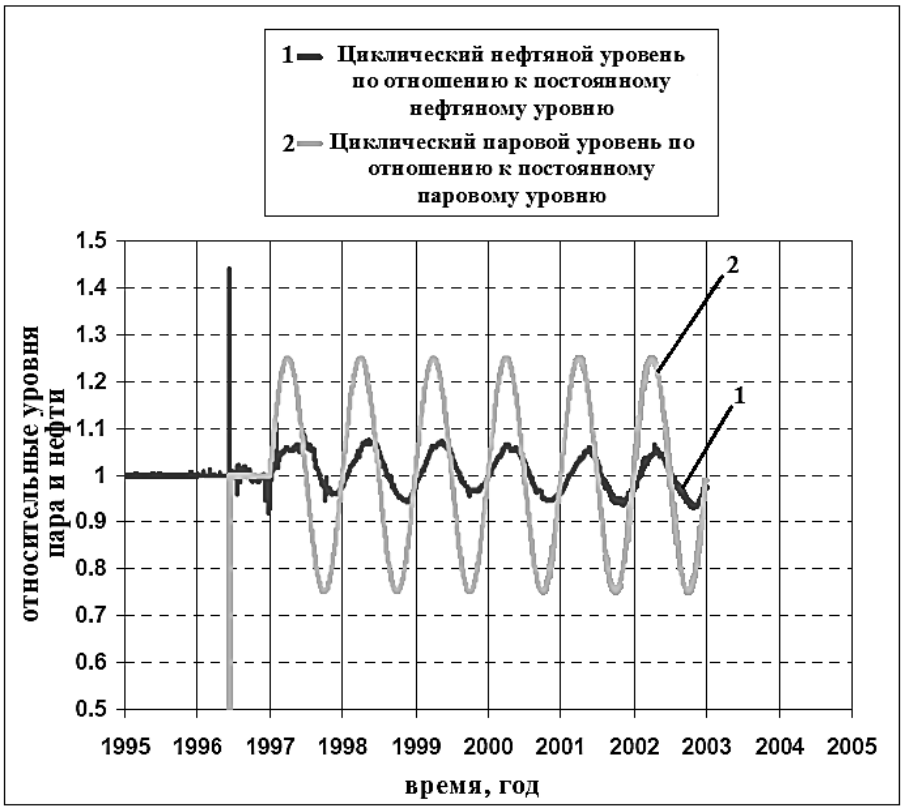


Рис. 11. Моделирование закачивания пара в трещиноватый коллектор
Fig. 11. Modeling of steam injection in fractured reservoir

Влияние циклической закачки пара было более заметно в безтрещиноватом коллекторе. Относительное изменение расхода пара на ±25 % было изначально отражено в относительном изменении скорости потока нефти на ±25 %, но позднее уменьшилось до ±5 %.

Как все предыдущие, так и это исследование доказали, что несмотря на циклические изменения объема добычи, закачка одного и того же количества пара в течение одинакового промежутка времени приводит к одинаковой эффективности добычи нефти. Следовательно, с точки зрения добычи, пар, производимый солнечной энергией, является приемлемой альтернативой постоянного режима нагнетания пара.

Выработка пара с ПЦ концентраторами

На рис. 12 представлено схематичное изображение системы бестопочного котла с ПЦ концентраторами. Жидкость, поглощая солнечную энергию, нагревается и через теплообменник передает тепловую энергию во внешний контур, где образуется пар.

Диапазон температуры, который идеально подходит для работы с ПЦ концентраторами, составляет от 425 K° до 675° K. Для более высоких температур тепловые потери этого типа ПЦ концентраторов становятся значительными и снижают КПД. Для температур ниже 425 K° применяются более дешевые типы концентраторов.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

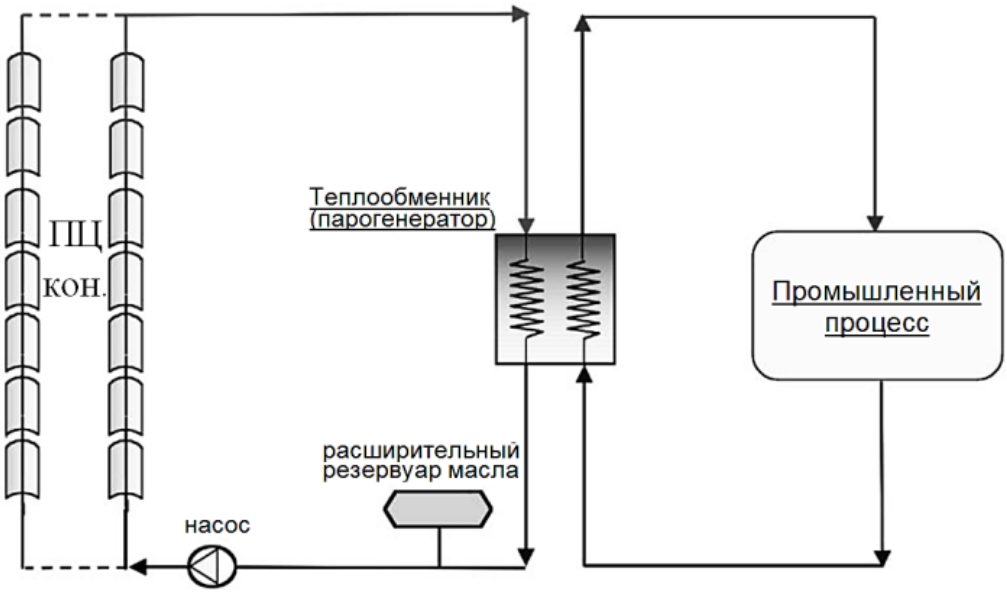


Рис. 12. Генерирующая система пара с ПЦ концентраторами
Fig. 12. Parabolic trough concentrator steam generating system

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Тип теплоносителя (HTF), используемого в ПЦ концентраторах, зависит от температуры, которая должна быть достигнута. Если требуются умеренные температуры (< 450 K°), то при использовании деминерализованной воды в качестве теплоносителя не возникает серьезных проблем, так как давление не является чрезмерно высоким. С другой стороны, синтетическое масло используется в случаях, когда необходимы более высокие температуры (400 K° < T < 675 K°).

Это означает, что если необходимо иметь горячую воду на выходе из ПЦ концентратора до 590 K°, то давление в контуре должно быть выше 10 МПа.

Наоборот, масло можно нагреть до 590 K°, но поддерживать давление в контуре около 1,5 МПа, так как давление насыщенных паров масла для этих температур намного меньше, чем воды. А работа при более низком давлении допускает использование менее дорогих материалов для труб, упрощает монтаж и меры безопасности.

Таким образом, процесс парообразования должен проводиться при определенной температуре, чтобы пар от ПЦ концентратора доставлялся при переменной скорости потока в зависимости от солнечного излучения в отверстия солнечных коллекторов. Поскольку количество получаемой солнечной энергии меняется ввиду облачности или других причин, выходную температуру коллектора можно поддерживать постоянной, изменяя скорость потока масла через коллекторы.

Энергетический баланс ПЦ концентратора

В результате всех оптических, геометрических и тепловых потерь, которые существуют в ПЦ концентраторе, полезная тепловая энергия от ПЦ концентратора меньше, чем энергия, полученная в идеальных условиях при отсутствии перечисленных потерь. Именно поэтому необходимо объяснить расчеты, связанные с определением энергетического баланса ПЦ концентратора.

Мощность излучения над активной поверхностью параболоцилиндрического концентратора, получаемая вследствие прямого солнечного излучения, $N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}}$ определяется по формуле [16]:

$$N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}} = F_{\text{К}} R_{\text{пр}}^{\text{уд}} \cos(\theta)\,, \qquad (1)$$

где $N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}}$ – мощность солнечного излучения над активной поверхностью ПЦ концентратора (Вт); $F_{\text{К}}$ – площадь отражающей поверхности ПЦ концентратора, (м^2); $R_{\text{пр}}^{\text{уд}}$ – удельная интенсивность потока прямой солнечной радиации (ПСР), (Вт / м^2); θ – угол падения (°).

Угол падения. Угол, который образуют солнечной вектор и нормаль к плоскости открытия ПЦ концентратора, имеет большое значение при расчете полезной энергии, поставляемой ПЦ концентратором. Угол падения θ не только определяет, какая часть прямой солнечной радиации пригодна для ПЦ концентратора [$R_{\text{пр}}^{\text{уд}} \cos(\theta)$], но и область полезного открытия ПЦ концентратора (потери на конце ПЦ концентратора; потери из-за положения рядов ПЦ концентраторов относительного друг друга, т.е. потери из-за затенения, и т.д.).

Таким образом, расчет угла падения является существенным, если нужно знать или предсказать термическое поведение ПЦ концентратора. Необходимо помнить, что угол падения зависит, среди про-

чих факторов, от географических координат (широта φ и долгота λ) того места, где расположены ПЦ концентраторы, а также дня и времени суток.

Для расчета угла падения необходимо иметь четкие критерии значений, принятых для системы осей. Критерии приведены на рис. 13.

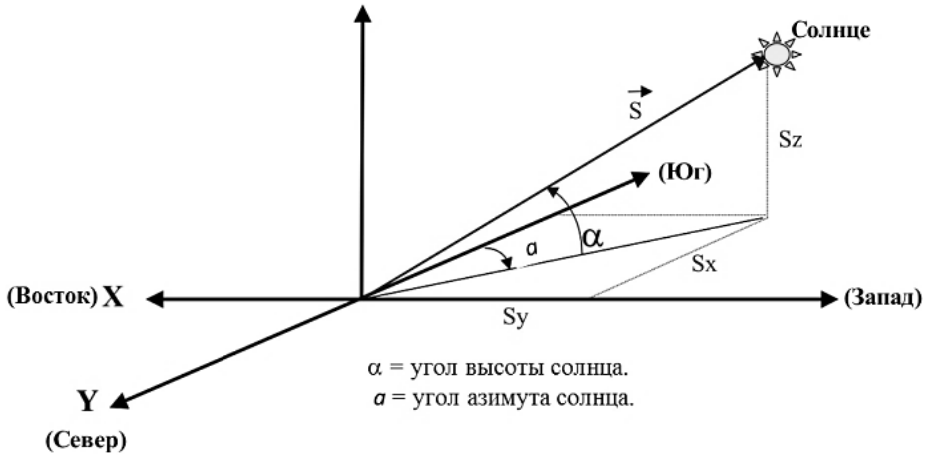


Рис. 13. Система координат, принятая для расчетов
Fig. 13. Coordinate system adopted for the calculation

• Во-первых, рассчитывается склонение δ в градусах для определенного дня и года:

$$\delta = \arcsin\left(\sin(\delta_0)\sin\left((N-80)\frac{360}{365,25}\right)\right), \quad (2)$$

$$\delta_0 = 23,4523 - \left(0,46845(Y-1900)/3600\right), \quad (3)$$

где Y – год; N – число суток с начала года $(1 \le N \le 365)$.

На рисунке 14 показано взаимоположение Земли и Солнца, когда склонение δ максимально и составляет 23,45° 21 июля и –23,45° 21 декабря.

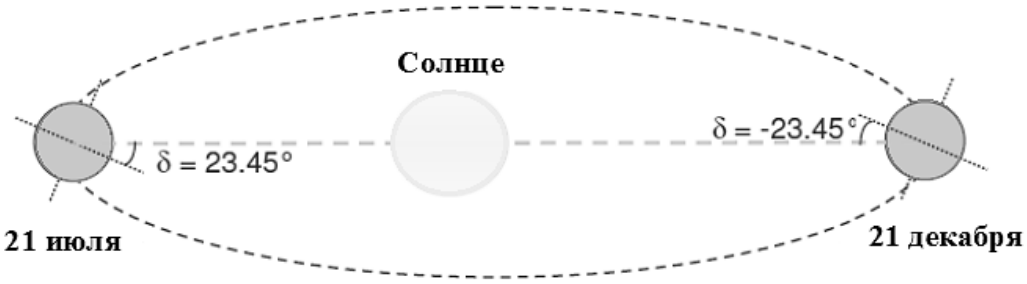


Рис. 14. Угол наклона
Fig. 14. Angle of inclination

• Рассчитывается часовой угол ω для данного солнечного времени, *ST*:

$$\omega = 15(12 - ST). \quad (4)$$

• Угол падения рассчитывается, принимая во внимание условие, при котором ПЦ концентратор удобно расположен: ось вращения ПЦ концентратора, солнечный вектор и вектор нормали к плоскости открытия ПЦ концентратора должны находиться в одной плоскости.

Таким образом, для ПЦ концентраторов, ориентированных на восток-запад или север-юг, расчет угла падения производится по следующим выражениям [17]:

– ПЦ концентраторы с горизонтальной осью вращения, ориентированной с востока на запад:

$$\theta = \arccos\left(\sqrt{1+\cos^2\delta\left(\cos^2\omega - 1\right)}\right); \quad (5)$$

– ПЦ концентраторы с горизонтальной осью вращения, ориентированной с севера на юг:

$$\theta = \arccos\left(\cos\delta\sqrt{(\cos\varphi\cos\omega + \mathrm{tang}\delta\sin\varphi)^2 + \sin^2\omega}\right). \quad (6)$$

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Полезная тепловая мощность, обеспеченная ПЦ концентратором, задается в условиях увеличения энтальпии, испытываемой рабочей жидкостью в ПЦ концентраторе:

$$N_{Q_{к\to ж}} = q_m (h_{out} - h_{in}), \quad (7)$$

где $N_{Q_{К\to ж}}$ – полезная мощность ПЦ концентратора (Вт); q_m – массовый расход рабочей жидкости (кг / с); h_{in} – удельная энтальпия рабочей жидкости на входе ПЦ концентратора (Дж / кг); h_{out} – удельная энтальпия рабочей жидкости на выходе ПЦ концентратора (Дж / кг).

Эффективность параболоцилиндрического концентратора определяется тремя различными переменными:

− оптической эффективностью $\eta_{opt,0^\circ}$, которая включает все оптические потери в ПЦ концентраторе с нулевым углом падения;

− тепловой эффективностью η_{th}, которая включает все тепловые потери, возникающие в ПЦ концентраторе;

− модификатор из-за угла падения K (θ), который включает все геометрические и оптические потери, происходящие в ПЦ концентраторе при условии, что угол падения больше нуля (θ > 0º).

Оптические, геометрические и тепловые потери в ПЦ концентраторе

Оптические потери происходят в результате того, что нет:

• отражающей поверхности ПЦ концентратора, которая является идеальным отражателем;

• абсолютно прозрачного стекла, охватывающего металлическую трубку;

• селективного покрытия металлической трубки, являющегося идеальным поглотителем;

• идеальной геометрии ПЦ концентратора.

Эти несовершенства приводят к тому, что только часть прямого солнечного излучения, падающего на приемную площадку ПЦ концентратора, достигает жидкости, циркулирующей внутри трубки поглотителя (абсорбера). С того момента как луч падает на приемную площадку ПЦ концентратора (параболоцилиндрический рефлектор) и до тех пор пока он не достигнет жидкости (рис. 15), можно определить четыре основных параметра, связанных с оптическими потерями.

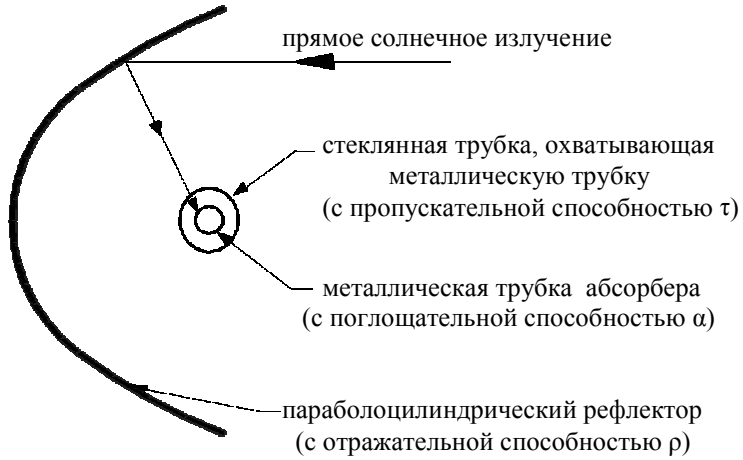


Рис. 15. Оптические параметры ПЦ концентратора
Fig. 15. Parabolic trough concentrator optical parameters

Отражательная способность параболоцилиндрического рефлектора (ρ). Отражающая поверхность ПЦ концентратора не идеальна, в результате чего отражается только часть падающего излучения. Обычное значение отражательной способности составляет около 90 %, по мере увеличения степени загрязнения поверхности оно постепенно уменьшается. Скорость загрязнения зависит от факторов окружающей среды. Ежедневно среднее значение отражательной способности параболоцилиндрического рефлектора (ПЦР) уменьшается примерно на 0,2 %. По этой причине необходимо очищать его регулярно.

Коэффициент перехвата (γ). Часть прямого солнечного излучения, отраженного параболоцилиндрическим рефлектором, не достигает стеклянной трубки поглотителя по различным причинам, таким как микроскопические или макроскопические несовершенства ПЦР, ошибки в монтаже ПЦР или ошибки в монтаже структуры поддержки ПЦР. Это приводит к тому, что некоторые лучи после отражения не пересекают трубку поглотителя на протяжения всей траектории. Данные потери считаются коэффициентом перехвата (γ), имеющего типичное значение порядка 0,96.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Пропускательная способность стеклянной крышки (τ). Металлическая трубка расположена внутри стеклянной трубки для уменьшения тепловых потерь из-за конвекции и защиты селективной поверхности. Часть солнечной радиации, отраженной параболоцилиндрическим рефлектором, теряется при прохождении через стеклянную трубку. Обычно потери в относительных единицах составляют 0,09, но могут быть уменьшены до 0,04 при антибликовой обработке стекла с двух сторон.

Поглощательная способность селективной поверхности (α). Этот параметр определяет количество прямого солнечного излучения, которое поглощается селективной поверхностью, покрывающей металлическую трубку, по отношению к количеству прямого солнечного излучения, которое достигает этой поверхности. Обычное значение поглощательной способности находится в диапазоне 90–96 %.

Произведение четырех параметров, описанных выше, называется оптической эффективностью [16]:

$$\eta_{opt} = \rho\tau\alpha\gamma . \quad (8)$$

Значения четырех параметров, входящих в уравнение 8, зависит от угла падения солнечной радиации (θ). Они достигают номинального значения при θ = 0° и обратно пропорционально уменьшаются с увеличением угла падения. Максимальная оптическая эффективность может быть получена путём умножения номинальных значений четырех параметров:

$$\eta_{opt,0^\circ} = \rho\tau\alpha\gamma \mid \theta = 0^\circ . \quad (9)$$

Геометрические потери количественно определяют снижение эффективной площади активной поверхности ПЦ концентратора. Существуют две группы геометрических потерь:

− потери из-за положения рядов ПЦ концентраторов относительного друг друга (*потери из-за затенения*);

− потери, присущие каждому ПЦ концентратору, так называемые потери на конце ПЦ концентратора.

Первые возникают из-за затенения, вызванного тем, что каждый предыдущий ряд проецируется на следующий параллельный ряд, в результате чего часть его поверхности не подвергается воздействию прямого солнечного излучения (рис. 16). Эти потери можно уменьшить или даже избежать, увеличивая расстояние между рядами ПЦ концентраторов.

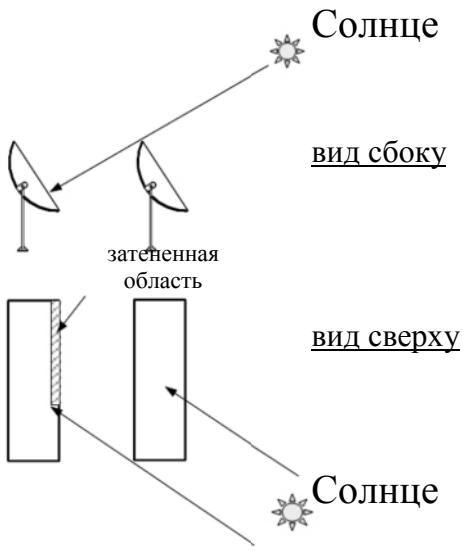


Рис. 16. Геометрические потери из-за затенения между параллельными рядами
Fig. 16. Geometrical losses due to shading effect between parallel rows

Другой вид геометрических потерь, присущих каждому ПЦ концентратору, в данном случае вызван тем, что рассматриваемый тип ПЦ концентратора снабжен системой слежения за солнцем по одной оси и, следовательно, может вращаться только вокруг оси слежения. На рисунке 17 показан этот тип геометрических потерь.

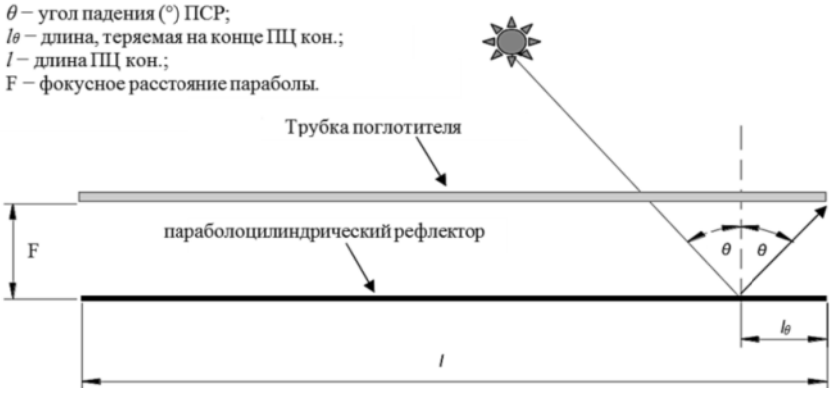


Рис. 17. Угол падения и геометрические потери на конце ПЦ концентратора
Fig. 17. Incident angle and geometrical losses at the edge of parabolic trough concentrator

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

При этом при определенных значениях угла падения на конце ПЦ концентратора образуется область, которая, несмотря на получение солнечного излучения, отражает его уже за пределами трубки поглотителя, и, следовательно, излучение никогда не будет сконцентрировано на ней.

Геометрические и оптические потери зависят от угла падения: они минимальны, когда угол равен 0°, и максимальны, когда угол равен 90°. Существует параметр $K(\theta)$ [18], называемый модификатором, который определяет влияние угла падения на эффективность ПЦ концентратора и, соответственно, является мерой всех геометрических и оптических потерь, происходящих в ПЦ концентраторе:

$$K(\theta) = 1 - \left[\frac{\left(2,859621 \cdot 10^{-5} \cdot \theta^2 + 5,25097 \cdot 10^{-4}\theta\right)}{\cos\theta} \right]. \quad (10)$$

Тепловые потери. Помимо геометрических и оптических потерь в ПЦ концентраторе также существуют тепловые потери, занимающие по важности второе место после оптических потерь. Тепловые потери происходят главным образом в двух местах – в трубках поглотителя и на участках трубопроводов теплоносителя солнечного поля ПЦ концентраторов, но потери в трубках поглотителя являются наиболее важными и включают в себя:

− потери тепла за счет теплопроводности через опоры трубки поглотителя;

− потери тепла за счет излучения, конвекции и теплопроводности из металлической трубки в стеклянную;

− потери тепла за счет конвекции и излучения из стеклянной трубки в окружающую среду.

Потерями тепла за счет теплопроводности через опоры трубки поглотителя можно пренебречь по сравнению с другими тепловыми потерями. Кроме того, в данном проекте в трубке поглотителя между стеклянной и металлической трубками существует вакуум, так что потери тепла за счет конвекции отсутствуют. Тепловые потери, представлены на следующем рисунке (рис. 18).

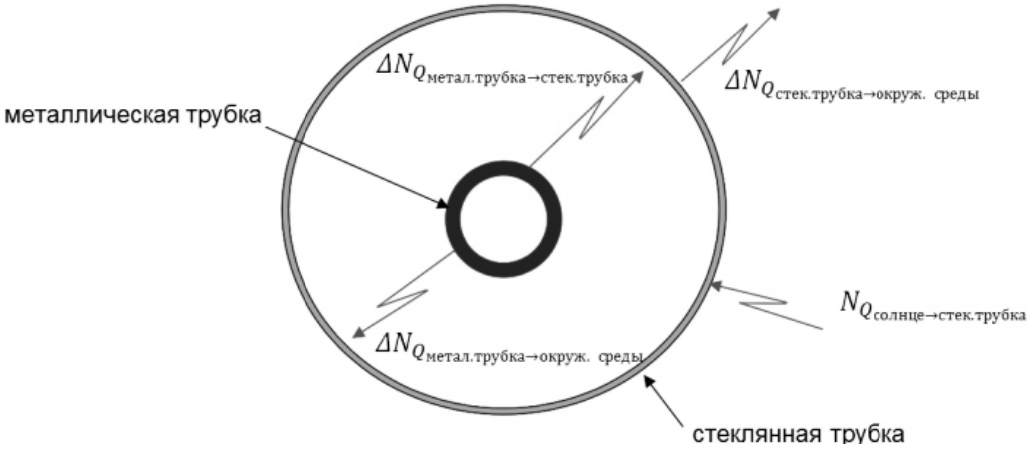


Рис. 18. Тепловые потери в трубке поглотителя ПЦ концентратора
Fig. 18. Thermal losses of parabolic trough concentrator absorber pipe

где $\Delta N_{Q_{\text{метал.трубка}\to\text{окруж.среды}}}$ – потеря тепла за счет излучения в металлической трубке, Вт; $\Delta N_{Q_{\text{метал.трубка}\to\text{стек.трубка}}}$ – потеря тепла за счет теплопроводности и конвекции между металлической и стеклянной трубкой, Вт; $\Delta N_{Q_{\text{стек.трубка}\to\text{окруж..среды}}}$ – потеря тепла за счет конвекции и излучения из стеклянной трубки в окружающую среду, Вт; $\Delta N_{Q_{\text{солнце}\to\text{стек.трубка}}}$ – интенсивность потока прямого солнечного излучения (ПСИ), поглощающегося стеклянной трубкой абсорбера, Вт.

Следует иметь в виду, что в действительности тепловые потери зависят от трубки поглотителя и не зависят от самого ПЦ концентратора. В той же модели ПЦ концентратора могут быть установлены различные виды трубок поглотителя, и потери тепла будут изменяться в зависимости от вида используемой трубки. В ряде случаев для определения тепловых потерь самых современных трубок поглотителя используются эмпирические зависимости. Так, например, компания Schott в своих проектах использует следующие выражения [18]:

$$\Delta N_{Q_{\text{конц.}\to\text{окр.ср}}} = \Delta N_{Q_{\text{мет.тр.}\to\text{окр.ср}}} + \Delta N_{Q_{\text{мет.тр}\to\text{стек.тр}}} = q_l, \quad (11)$$

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

$$q_l = 0,00154\Delta T^2 + 0,2021\Delta T - 24,899 + \left[\left(0,00036\Delta T^2 + 0,2029\Delta T + 24,899\right)\left(\frac{R_{\text{пр}}^{\text{уд}}}{900}\right)\cos(\theta)\right], \qquad (12)$$

где q_l − удельные линейные тепловые потери ПЦ концентратора в Вт/м; ΔT – повышение температур между средней температурой, достигнутой рабочей жидкостью (масло) внутри трубки поглотителя (абсорбер), и температурой окружающей среды в °С; $R_{\text{пр}}^{\text{уд}}$ – удельная интенсивность потока прямой солнечной радиации (ПСР) в Вт / м^2; cos (θ) − косинус угла падения.

Взаимосвязь между двумя видами эффективности, описанными выше, и модификатором из-за угла падения задается следующим уравнением общей эффективности [16]:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{opt,0^\circ} K(\theta)\eta_{th}. \qquad (13)$$

Общая эффективность ПЦ концентратора учитывает все потери, в нём происходящие: оптические, геометрические и тепловые, – и рассчитывается как отношение полезной тепловой мощности, обеспеченной ПЦ концентратором, к мощности прямого солнечного излучения, падающего на приемную поверхность ПЦ концентратора. Общая эффективность рассчитывается в соответствии с приведенным ниже уравнением, где $\Delta N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}}$ и $\Delta N_{Q_{\text{к}\to\text{ж}}}$ задаются (1) и (7) соответственно:

$$\eta_{\text{общ.}} = \frac{\Delta N_{Q_{\text{к}\to\text{ж}}}}{\Delta N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}}}. \qquad (14)$$

Типичный показатель оптической эффективности составляет 0,75 при степени чистоты 100 %.

Тепловая эффективность η_{th} напрямую зависит от рабочей температуры металлической трубки поглотителя. Значение этой эффективности обычно задают в виде функции температуры окружающей среды и температуры абсорбера для заданного значения прямого солнечного излучения.

Значение K (θ) (модификатор из-за угла падения) зависит от угла падения, где K = 1 для θ = 0 ° и K = 0 для θ = 90º, и дается в виде полинома, коэффициенты которого определяются экспериментально.

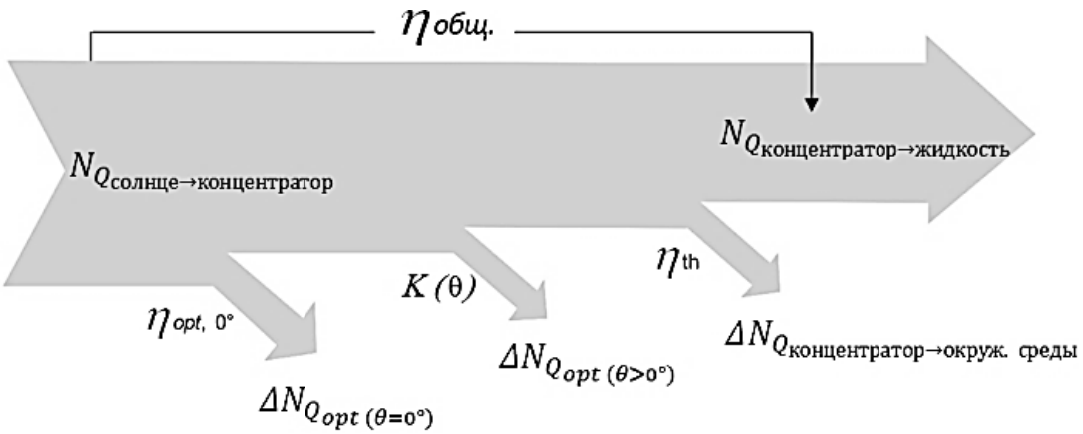


Рис. 19. Диаграмма потерь и эффективностей в ПЦ концентраторе
Fig. 19. Diagram of parabolic trough concentrator losses and efficiency

На рисунке 19 видно, как теряется часть мощности солнечного излучения, падающего на ПЦ концентратор, из-за оптической эффективности, в то время как другая часть теряется при угле падения θ ≠ 0°. Потери в ПЦ концентраторе дополняются тепловыми потерями в трубке поглотителя (абсорбер) из-за его температуры.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Полезная тепловая мощность, передаваемая в жидкость

Полезная тепловая мощность $\Delta N_{Q_{\text{К}\to\text{ж}}}$, которую дает ПЦ концентратор, зависит от прямого солнечного излучения $\Delta N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}}$, падающего на него, и параметров ПЦ концентратора. Она определяется [16] следующим образом:

$$\Delta N_{Q_{\text{К}\to\text{ж}}} = \Delta N_{Q_{\text{солнце}\to\text{концентратор}}} \eta_{\text{общ.}}, \quad (15)$$

$$N_Q = F_{\text{К}} R_{\text{пр}}^{\text{уд}} \cos(\theta) \eta_{opt,0^\circ} K(\theta) \eta_{th} k_{\text{заг}}, \quad (16)$$

где $k_{\text{заг}}$ – коэффициент загрязнения ПЦ концентратора ($0 < k_{\text{заг}} < 1$).

Если в уравнении полезной тепловой мощности заменить выражение тепловой эффективности выражением тепловых потерь, то расчет полезной тепловой мощности ПЦ концентратора будет рассчитываться по уравнению:

$$N_{Q_{\text{К}\to\text{ж}}} = F_{\text{К}} R_{\text{пр}}^{\text{уд}} \cos(\theta) \eta_{opt,0^\circ} K(\theta) k_{\text{заг}} - Q_l. \quad (17)$$

В свою очередь, полезная тепловая мощность, передаваемая в жидкость, равна мощности, поступающей в трубку поглотителя (абсорбер) ПЦ концентратора за минусом потерь температуры.

Заключение

При использовании этой технологии можно заменить парогенератор, работающий на органическом топливе, на солнечное поле ПЦ концентраторов. При этом циклический характер поступления солнечной энергии и соответствующая ему циклическая выработка пара не оказывают существенного влияния на процесс нефтедобычи. Следовательно, с точки зрения добычи нефти, пар, производимый солнечной энергией, является приемлемой альтернативой постоянного режима нагнетания пара.

Технология повышения общей эффективности тепловых ПНП с внедрением ПЦ концентраторов солнечного излучения (источник тепла) не требует сжигания природного газа или другого топлива для производства пара и значительно понижает выброс парниковых газов при процессе выработки пара.

Таким образом, для Венесуэлы, которая одновременно является обладателем значительных нефтяных и солнечных ресурсов, исследование возможности использования солнечной энергии в нефтяной отрасли является весьма перспективным и может принести ощутимый экономический эффект.

Список литературы

1. ОПЕК. Перспективы мировой нефти, 2012.
2. USGS. Оценка извлекаемых тяжелых нефтяных ресурсов нефтяного пояса Ориноко, Венесуэла. Геологическая служба США, 2009.
3. PDVSA. Unpublished Company Reports. Petroleos de Venezuela S.A.
4. Royal Dutch Shell, Enhanced Oil Recovery (EOR) Report, 2013.
5. Alvarado V., Manrique E. Enhanced Oil Recovery: Field Planning and Development Strategies. Gulf Professional Publishing, 2010.
6. Butler R.M. Thermal recovery of oil and bitumen. Prentice Hall in Englewood Cliffs, N.J., 1991.
7. Sarathi P.S., Olsen D.K. Practical Aspects of Steam Injection Processes: A Handbook for Independent Operators. Prepared for U.S. Department of Energy, 1992.
8. Butler R.M. Steam-assisted Gravity Drainage: Concept, Development, Performance And Future // Journal of Canadian Petroleum Technology.1994. Vol. 33, No. 2. P. 44–50.
9. Nasr T.N., Ayodele O.R. Thermal Techniques for the Recovery of Heavy Oil and Bitumen. SPE International Improved Oil Recovery. Kuala Lumpur, Malaysia: Society of Petroleum Engineers, 2005.
10. Alboudwarej H., Shawn J., et al. Oil Field Review: Highlighting Heavy Oil. Schlumberger, 2006.
11. Kuntsi-Reunanen E.A comparison of Latin American energy-related CO_2 emissions from 1970 to 2001 // Energy Policy.2007. Vol. 35, Issue 1. P. 586–596.
12. The World Bank [Электронный ресурс] http://www.worldbank.org/
13. Хеел А.П.Г., Ванник Дж.Н.М., Бентоуати С. и др. Влияние суточных и сезонных циклов в солнечном произведенном паре на повышении нефтеотдачи пластов. ПНП Конференция нефти и газа. Маскат, Оман, 2010.
14. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012.
15. Дошер Т.М, Гассеми Ф., Оморегие О. Эффект суточной закачки на эффективность закачки пара // Журнал нефтяных технологий.1982. Т. 34, № 8.
16. Goswami D.Y., Kreith F. Energy Conversion, CRC Press, 2007. P. 465–474.
17. Rabl A. Active solar collectors and their applications. Ed. Oxford University Press, New York (EEUU), 1985. P. 1–92. ISBN: 0195035461,
18. Zarza E. Captadores Cilindro Parabólicos. Componentes y parámetros principales. Tema 3 de la Asignatura 5 del Módulo I, UIMP-CSIC en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

References

1. OPEK. Perspektivy mirovoj nefti, 2012 (in Russ.).
2. USGS. Ocenka izvlekaemyh tâželyh neftânyh resursov neftânogo poâsa Orinoko, Venesuèla. US Geological Survey, 2009 (in Russ.).
3. PDVSA. Unpublished Company Reports. Petroleos de Venezuela S.A. (in Eng.).
4. Royal Dutch Shell, Enhanced Oil Recovery (EOR) Report, 2013 (in Eng.).
5. Alvarado V., Manrique E. Enhanced Oil Recovery: Field Planning and Development Strategies. Gulf Professional Publishing, 2010 (in Eng.).
6. Butler R.M. Thermal recovery of oil and bitumen. Prentice Hall in Englewood Cliffs, N.J., 1991 (in Eng.).
7. Sarathi P.S., Olsen D.K. Practical Aspects of Steam Injection Processes: A Handbook for Independent Operators. Prepared for U.S. Department of Energy, 1992 (in Eng.).
8. Butler R.M. Steam-assisted Gravity Drainage: Concept, Development, Performance And Future. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 1994, vol. 33, no. 2, pp. 44–50 (in Eng.).
9. Nasr T.N., Ayodele O.R. Thermal Techniques for the Recovery of Heavy Oil and Bitumen. SPE International Improved Oil Recovery. Kuala Lumpur, Malaysia: Society of Petroleum Engineers, 2005 (in Eng.).
10. Alboudwarej H., Shawn J., et al. Oil Field Review: Highlighting Heavy Oil. Schlumberger, 2006 (in Eng.).
11. Kuntsi-Reunanen E.A comparison of Latin American energy-related CO_2 emissions from 1970 to 2001. *Energy Policy*, 2007, vol. 35, issue 1, pp. 586–596 (in Eng.).
12. The World Bank. Available at: http://www.worldbank.org/ (in Eng.).
13. Heel A.P.G., Vannik J.N.M., Bentouati S. et al. Vliânie sutočnyh I sezonnyh ciklov v solnečnom proizvedennom pare na povyšeni I nefteotdači plastov. PNP Konferenciâ nefti I gaza. Maskat, Oman, 2010 (in Russ.).
14. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012 (in Span.).
15. Dosher T.M, Gassemi F., Omoregie O. Èffekt sutočnoj zakački na èffektivnost' zakački para. *Žurnal neftânyh tehnologij*, 1982, vol. 34, no. 8 (in Russ.).
16. Goswami D.Y., Kreith F. Energy Conversion, CRC Press, 2007, pp. 465–474 (in Eng.).
17. Rabl A. Active solar collectors and their applications. Ed. Oxford University Press, New York (EEUU), 1985, pp. 1–92, ISBN: 0195035461 (in Eng.).
18. Zarza E. Captadores Cilindro Parabólicos. Componentes y parámetros principales. Tema 3 de la Asignatura 5 del Módulo I, UIMP-CSIC en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno (in Span.).

Транслитерация по ISO 9:1995

Преподаватели кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ



Матвиенко Николай Иванович

Родился 27.07.1933 г в Украине на хуторе Головачи, Белопольского района, Сумской области.

Закончил МЭИ с красным дипломом в 1963 г. По распределению был оставлен для работы на своей кафедре. Кандидат технических наук (1969). Доцент кафедры (1976).

Направление научной деятельности: аналоговое моделирование гидроэлектростанций и их элементов, исследование режимов работы ГЭС, переходные процессы на гидроэнергетических установках, проектирование и эксплуатация солнечных электростанций и ветровых электростанций.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 30.04.15. Ред. рег. № 2255 The article has entered in publishing office 30.04.15. Ed. reg. No. 2255

УДК 621.311.26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ПАРА ДЛЯ НЕФТЕДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ РАЙОНА БАЧАКЕРО В ВЕНЕСУЭЛЕ

В.А. Кузнецова[1], Р.В. Пугачев[1], М.Е. Росендо Чакон[1,2], А.С. Лопес Сааб[1,2]

[1]ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51; e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2] Национальный экспериментальный политехнический университет
национальных вооруженных сил
Венесуэла 02101, Маракай, ул. Маракай–Марияра
тел.: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.013

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

В статье рассматривается возможность использования технологий, основанных на солнечной энергии, для обеспечения требований теплового метода повышения нефтеотдачи пластов на основе пара (П-ПНП) и описывается методика определения параметров солнечной тепловой установки с параболоцилиндрическими концентраторами только с дневным нагнетанием пара. Для исследования типового месторождения, где применяется метод непрерывного нагнетания пара, в соответствии с солнечной радиацией, характерной для района Бачакеро республики Венесуэла, был выбран тип и ориентация ПЦ концентратора, тип и температура рабочей жидкости, рассчитано общее число ПЦ концентраторов.

Ключевые слова: повышение нефтеотдачи пластов (ПНП), солнечная тепловая установка, параболоцилиндрический концентратор, Венесуэла.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF STEAM PRODUCTION SYSTEMS FOR OIL PRODUCTION USING SOLAR ENERGY FOR BACHAKERO'S REGION IN VENEZUELA

V.A. Kuznetsova[1], R.V. Pugachev[1], M.E. Rosendo Chacon[1,2], A.C. Lopez Saab[1,2]

[1]National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250 Russian Federation
ph: +7(495)362-72-51, e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru
[2]Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional
Vieja Maracay – Mariara Str., Maracay, 02101 Venezuela
ph: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

The article discusses the possibility of the use of solar energy technologies meeting the requirements of Steam Based Enhanced Oil Recovery and describes the methods of obtaining parameters of solar steam plant with parabolic trough concentrator considering day steam injection. In order to study standard oil deposit where is used continuous steam injection method in accordance with the solar radiation characteristic for the Bachaquero region of the Republic of Venezuela, the type and orientation of parabolic trough collector, the type and temperature of the working fluid were chosen, the total number of parabolic trough concentrators was calculated.

Keywords: enhanced oil recovery (EOR), solar steam plant, parabolic trough concentrator, Venezuela.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Валентина Андреевна Кузнецова
Valentina A. Kuznetsova

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1972).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика, гидроэнергетика.

Публикации: более 60.

Information about the author: senior lecturer of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1972).

Research area: renewable energy, solar and wind energy, hydropower.

Publications: more than 60.



Роман Викторович Пугачев
Roman V. Pugachev

Сведения об авторе: доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1999).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии.

Публикации: 40.

Information about the author: professor of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1999).

Research area: renewable energy.

Publications: 40.



Милица Елена Росендо Чакон
Militza E. Rosendo Chacon

Сведения об авторе: аспирантка кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.



Андрес С. Лопес Сааб
Andres C. Lopez Saab

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the "Hydropower and Renewable Energy" department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Венесуэла обладает огромными запасами нефтяных ресурсов, при этом 70 % составляет тяжелая нефть, что приводит к необходимости использования методов повышения нефтеотдачи пластов (ПНП). Пар – отличный проводник тепла и часто используется в тепловых ПНП проектах. Основная цель тепловой нефтедобычи – сократить вязкость пластовой нефти в месторождении и ускорить нефтедобычу. В основном это достигается увеличением температуры сырья при нагревании.

Для того чтобы определить термические параметры пара, необходимые для теплового метода повышения нефтеотдачи пластов (температура, давление, качество и количество), нужно учесть основные характеристики нефтяного месторождения: давление, глубина, пористость и неоднородность коллекторов; структура грунта, подвижность нефти и другие.

При увеличении глубины залегания нефти требуется повысить давление нагнетаемого пара и производительность парогенератора. В случае неглубокого месторождения эффективность нагнетания пара увеличивается за счет меньших потерь тепла и более низкого уровня требуемого давления пара.

С целью экономии органического топлива для получения пара можно вместо парового генератора использовать солнечную энергию, устанавливая параболоцилиндрические концентраторы (ПЦ концентраторы), где жидкость нагревается и образуется насыщенный пар.

По определенным для данного месторождения объему и параметрам нагнетаемого пара определяется количество ПЦ концентраторов. При этом только часть потока солнечной энергии перейдет в тепловую энергию, передаваемую жидкости. Часть энергии теряется из-за оптических характеристик концентратора, часть – в связи с тем, что угол падения θ не равен 0, часть рассеивается при нагревании теплоносителя.

В целом для определения количества ПЦ концентраторов необходимо вычислить объем и параметры нагнетаемого пара, массовый расход и скорость движения жидкости в ПЦ концентраторе, общее количество и схему соединения ПЦ концентратора; рассчитать потери энергии в ПЦ концентраторе и температуру на выходе ПЦ концентратора.

Обзор технических характеристик

В этой статье рассматриваются технологии, основанные на солнечной энергии, и их возможность обеспечивать требования теплового метода повышения нефтеотдачи пластов на основе пара (П-ПНП).

Существует много причин считать, что пар, произведенный с помощью солнечной тепловой установки, является альтернативой постоянному паронагнетанию, и что короткие перерывы подачи пара не окажут большого влияния на процесс нефтедобычи ПНП [1]. Поэтому циклическое использование солнечной энергии, позволяющее получить определенный объем пара, так же эффективно, как и непрерывное нагнетание.

Для проектирования солнечной тепловой установки, заменяющей парогенератор мощностью 50 MBtu/ч было выбрано типичное месторождение, где используется метод непрерывного нагнетания пара в соответствии с солнечной радиацией, характерной для местности Бачакеро (Венесуэла). Пар производится при 80 % качества, 70 Бар и 285 °C.

Солнечная тепловая установка была рассчитана на обеспечение суммарной энергии 1 200 Btu/сутки при максимальном и среднем приходе солнечной радиации, равном суммарному количеству пара, который вырабатывается парогенератором при постоянном нагнетании.

Таким образом, пар должен вырабатываться при максимальных уровнях в течение дня, когда солнечная энергия максимальна для восполнения отсутствия подачи пара в ночное время.

Исследование предполагает наличие современных парогенераторов и системы распределения пара, к которым может быть подключена солнечная тепловая установка.

Параметры, необходимые для проектных значений ПЦ концентратора

Для производства необходимого количества пара с помощью имеющейся солнечной энергии разрабатываются солнечные паровые установки. Эффективность работы ПЦ концентратора зависит от следующих факторов:

– дата (месяц и день) и время расчетной точки;

– прямое солнечное излучение и температура воздуха для выбранных даты и времени;

– географическое положение установки (широта и долгота);

– ориентация ПЦ концентратора;

– тепловая мощность, поступающая от солнечного поля;

– входная/выходная температура жидкости (теплоносителя);

– тип теплоносителя;

– тип ПЦ концентратора;

– угол падения прямого солнечного излучения на ПЦ концентратор.

Ресурсы солнечной энергии в районе Бачакеро

В качестве примера рассчитываются параметры поля ПЦ концентраторов для месторождения нефти в районе Бачакеро республики Венесуэла.

Бачакеро расположен в северо-западной части Венесуэлы между 08˚ и 10˚ северной широты и 70˚ и

72˚ западной долготы. Географические координаты солнечного поля для данного исследования: широта 09° 56' 24" С, долгота 71° 07' 48" В.

Географическое положение Бачакеро показано на рисунке 1.

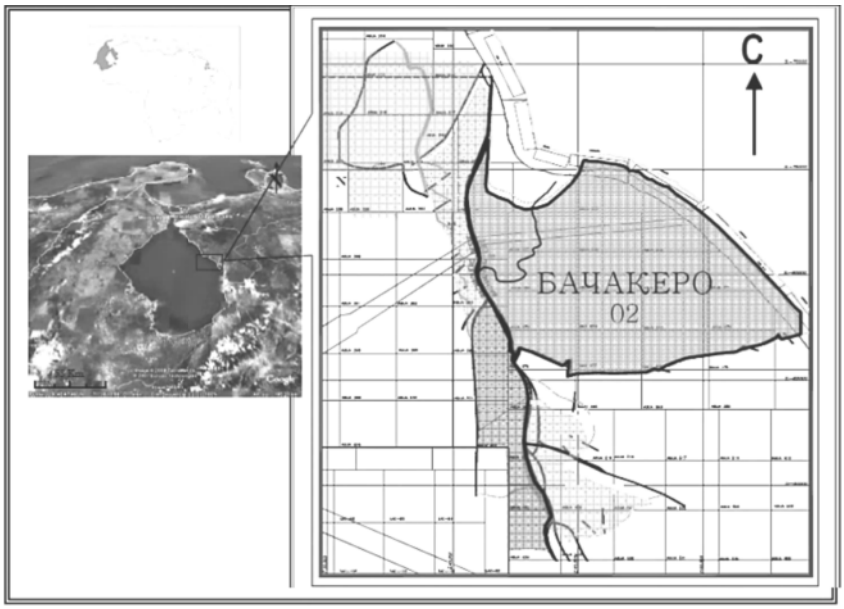


Рис. 1. Географическое положение Бачакеро (Венесуэла)
Fig. 1. Bachaquero's geografical position in Venezuela

В связи с недостаточным количеством гидрометеорологических (актинометрических) станций (ГМС) в Венесуэле для оценки потенциала солнечной энергии используются мировые базы данных (БД) "NASA" и "METEONORM".

Ниже приводятся сравнительные данные, полученные из БД "METEONORM" с данными БД "NASA".

Сравнение проводится по следующим показателям:

• среднемесячный приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную площадку (кВт·ч/м^2/сут);

• среднемесячный приход прямого солнечного излучения (кВт·ч/м^2/сут);

• среднемесячная продолжительность солнечного сияния Тсс (час);

• среднемесячная температура воздуха на уровне 10 м выше поверхности Земли (°С).

Сравнение данных БД "NASA" и БД "METEONORM"

Данные о приходе солнечной радиации, поступающей в течение года, приведены на рисунках 2−4.

Отклонения значений по данным БД "NASA" и БД "METEONORM" определяются по формуле:

$$\Delta = \frac{Э_{БД"NASA"} - Э_{БД"METEONORM"}}{Э_{БД"NASA"}} 100\%, \qquad (1)$$

где ЭБД "NASA"/"METEONORM" – данные по БД "NASA" или "METEONORM".

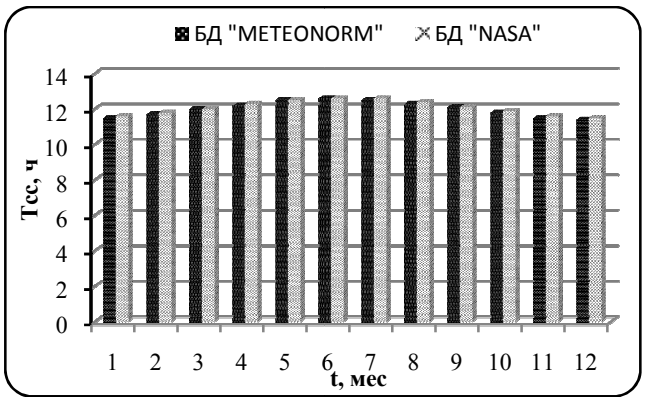


Рис. 2. Сравнение среднемесячной продолжительности солнечного сияния T_{cc} по данным БД "NASA" и БД "METEONORM" в течение года
Fig. 2. Comparison of monthly sunshine duration from databases NASA and METEONORM during the year

Анализ данных наблюдений показывает, что продолжительность солнечного сияния T_{cc} в районе, расположенном недалеко от экватора, довольно высока и равномерна в течение года: составляет примерно 50 % от общего количества часов в месяц. При этом относительные расхождения данных по T_{cc}, полученных по БД "NASA" и БД "METEONORM", не превышает 1 %.

В таблице 1 приводятся данные о среднемноголетней, минимальной и максимальной температуре воздуха по данным БД "NASA" и БД

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

"METEONORM" в течение года, значения которой оказывают влияние на колебания тепловых потерь солнечной установки.

Из таблицы следует, что минимальное значение по данным БД "NASA" и БД "METEONORM" составляет 20,1 °С, т.е. в течение года температура не будет опускаться ниже этого значения, что позволяет использовать выбранное для данного исследования в качестве рабочей жидкости синтетическое масло, так как минимальная температура воздуха значительно выше точки его замерзания.

Таблица 1

Среднемесячная температура воздуха на высоте 10 м над поверхностью Земли (°С)

Table 1

Monthly average air temperature at 10 m above the earth

	Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Средне-годовое
NASA	Среднемноголетнее	24,0	25,3	26,3	25,3	24,5	24,1	24,1	24,3	24,2	23,8	23,5	23,2	24,4
	Минимум	20,3	21,3	22,5	22,1	21,5	21,1	20,8	20,8	20,8	20,8	20,6	20,1	21,1
	Максимум	27,9	29,3	30,1	28,3	27,4	27,1	27,5	27,9	27,6	26,9	26,5	26,6	27,7
MET.	Среднемноголетнее	28,2	28,2	28,6	29,2	29,4	29,5	29,7	30	29,3	28,7	28,4	28	28,9
	Минимум	21,4	21,5	22,3	22,5	23	23	23,1	23,2	21,8	22,9	22,6	22	22,4
	Максимум	35,5	35	35,8	35,7	36,7	36,3	37,2	37,6	36,3	35,8	35,5	35,4	36,1

На рисунке 3 приведены данные о приходе суммарной солнечной радиации согласно БД "NASA" и БД "METEONORM" [2, 3].

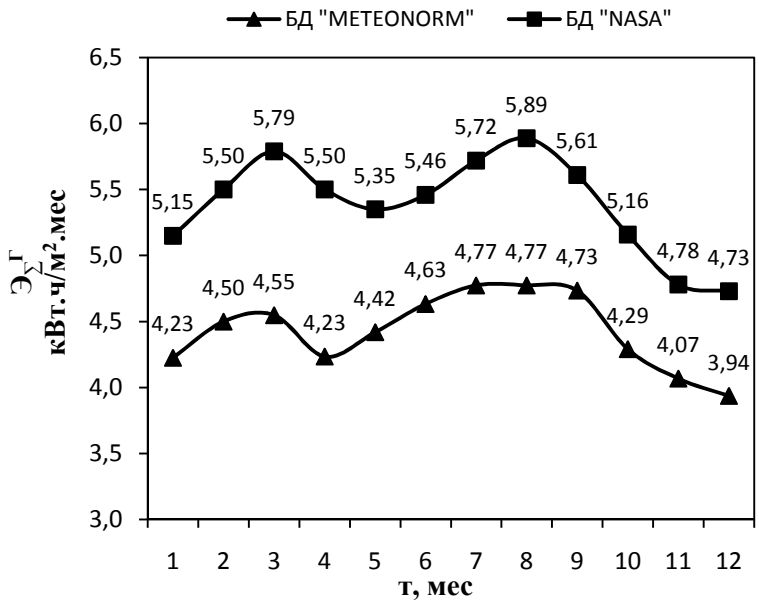


Рис. 3. Сравнение среднемесячного суммарного поступления СР по БД "NASA" и БД "METEONORM"
Fig. 3. Monthly average global solar radiation comparison from databases NASA and METEONORM

Отклонения от БД "NASA" по годовому поступлению солнечной радиации (СР) по БД "METEONORM" составляют 17,81 %.

На рисунке 3 видно, что максимальное значение СР в течение года находится в промежутке с 1 июля по 31 августа, а минимальное значение с 1декабря по 31 декабря.

Разница между среднемесячными данными по БД "METEONORM" и БД "NASA" превышает 14 % для всех месяцев года. В марте и апреле отклонение Δ составляет более 21 % и 23 % соответственно.

На рисунке 4 приведены данные о приходе прямой солнечной радиации согласно БД "NASA" и БД "METEONORM".

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

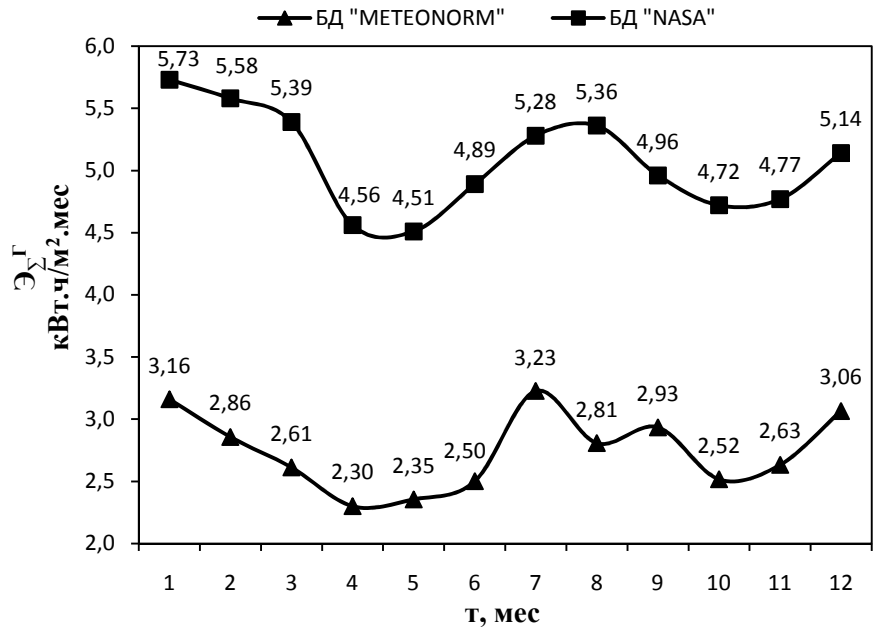


Рис. 4. Сравнение среднемесячного поступления прямого солнечного излучения по БД "NASA" и БД "METEONORM"
Fig. 4. Monthly average direct normal radiation comparison from data bases NASA and METEONORM

Отклонения от БД "NASA" по годовым поступлениям прямого солнечного излучения по БД "METEONORM" составляют 45,69 %.

На рисунке 4 видно, что максимальное значение прямой солнечной радиации (ПСР) в течение года приходится на январь и февраль, а минимальное значение – на апрель и май.

Разница между среднемесячными данными по БД "METEONORM" и БД "NASA" превышает 38 % для всех месяцев года. В марте и апреле отклонение Δ более 51 % и 49 % соответственно.

Таким образом, значения прихода суммарной и, особенно, прямой СР, полученных из рассмотренных баз данных, отличаются весьма значительно. В отсутствие данных измерений метеостанций Венесуэлы было принято решение использовать в расчетах данные из БД "METEONORM", которые покажут более низкий уровень эффективности использования солнечной энергии.

В случае если реальные данные будут ближе к значениям, полученным из БД "NASA", техническая и экономическая эффективность проекта повысится.

Дата и время, выбранные для расчетной точки

Для проведения данного исследования первоначально была выбрана дата с максимальным значением суточной прямой солнечной радиации для расчетной точки. Конкретной датой для расчетной точки было выбрано 18 августа – день с максимальным приходом прямой солнечной радиации (рис. 5).

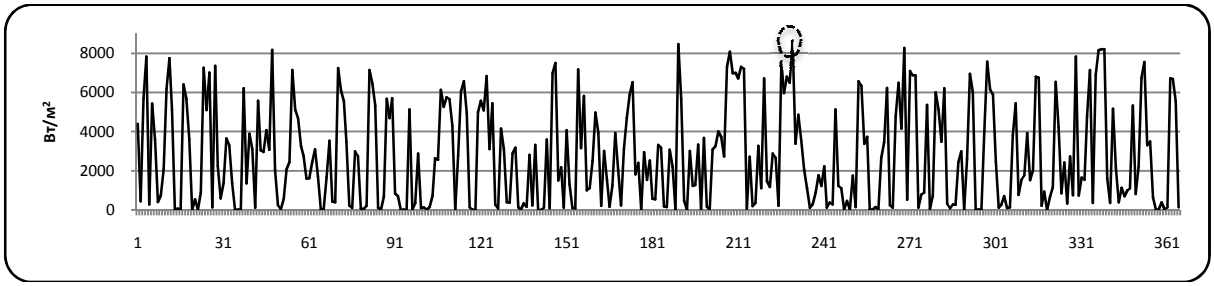


Рис. 5. Суточная удельная интенсивность потока прямой солнечной радиации $R_{\text{пр}}^{\text{уд}}$ в течение года
Fig. 5. Direct normal radiation daily intensity during the year

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

В этот день приход СР составляет 8 625 Вт·ч/м^2, а максимальное значение в солнечный полдень 896 Вт/м^2. Температура окружающей среды T_{amb} для расчетной точки 34,6 °С.

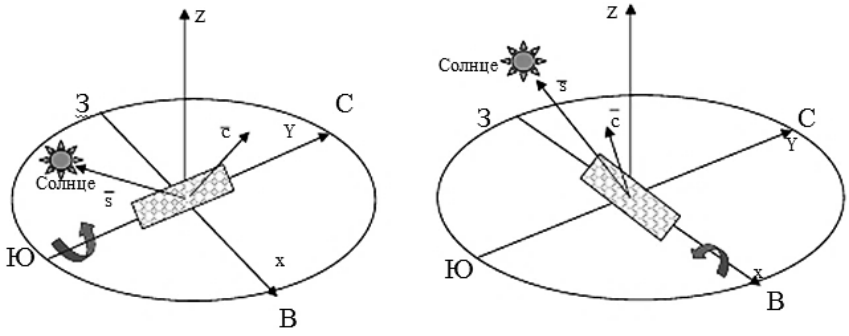
В качестве времени расчетной точки выбирается, как правило, 12:00 по солнечному времени, когда солнце находится в зените и прямое солнечное излучение достигает максимума.

Выбранный день представляет благоприятные условия, такие как достаточная продолжительность солнечного сияния, доступное от восхода до заката, низкий угол падения солнечного излучения над активной поверхностью ПЦ концентратора и максимальная удельная интенсивность потока ПСР для всего года.

Определение ориентации ПЦ концентраторов

После выбора даты расчетной точки, необходимо определить направление ПЦ концентраторов, которые обычно устанавливаются таким образом, чтобы их ось вращения была ориентирована в направлении восток-запад или север-юг. Рисунок 6 показывает две наиболее распространенные ориентации.

Наибольшая выработка энергии обеспечивается при ориентации ПЦ концентратора на север-юг, поэтому ПЦ концентраторы солнечных тепловых установок обычно ориентированы в этом направлении [4].



а) направление север-юг б) направление восток-запад

Рис. 6. Два основных направления оси вращения ПЦ концентратора
Fig. 6. Two main rotation axes of parabolic trough concentrator

Угол падения прямого солнечного излучения над активной поверхностью ПЦ концентратора

Существуют ПЦ концентраторы, которые могут следить за солнцем по двум осям так, чтобы в любое время солнечный вектор был перпендикулярен плоскости открытия ПЦ концентратора. Однако такие ПЦ концентраторы имеют более сложную механическую конструкцию, требуют дорогостоящего обслуживания. Кроме того, возрастает длина пассивных трубок внутри ПЦ концентратора, что ведет к увеличению тепловых потерь и снижению выдаваемой тепловой мощности. Поэтому на практике используются ПЦ концентраторы, осуществляющие слежение за солнцем по одной оси. На рисунке 7 показана работа такого ПЦ концентратора.

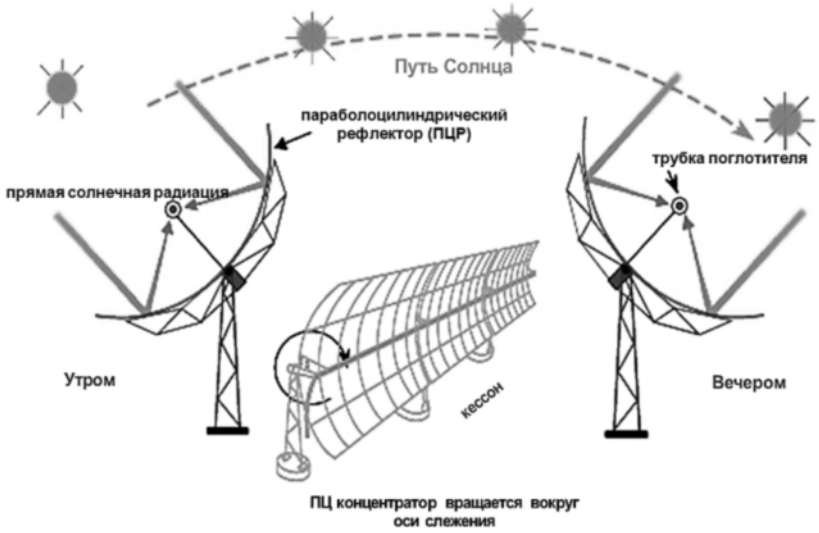


Рис. 7. Схема работы системы слежения за солнцем по одной оси
Fig. 7. Principal operation pattern of single axis solar tracking system

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таким образом, с системой слежения за солнцем по одной оси возникает угол, который образуют солнечный вектор и нормаль к плоскости открытия ПЦ концентратора. Этот угол называется углом падения и имеет большое значение при расчете полезной энергии, которую поставляет ПЦ концентратор. Угол падения θ не только определяет, какая часть прямой солнечной радиации попадает на ПЦ концентратор, но также области полезного открытия ПЦ концентратора (потери на конце ПЦ концентратора; потери из-за положения рядов ПЦ концентраторов относительного друг друга, т.е. потери из-за затенения, и т.д.).

Таким образом, для определения термического поведения ПЦ концентратора расчет угла падения является существенным. При этом необходимо иметь в виду, что угол падения, среди прочих факторов, зависит от географических координат (широта и долгота) того места, где расположены ПЦ концентраторы, а также года, дня и времени суток.

При расчете угла падения используются зависимости ПЦ концентраторов, ориентированных в направлении север-юг [5].

Как видно на рисунке 8, в выбранный день, а именно 18 августа в 12:00 по солнечному времени, угол падения (θ) солнечного излучения над активной поверхностью ПЦ концентратора – низкий и составляет 2,3°, что в свою очередь приводит к более низким потерям.

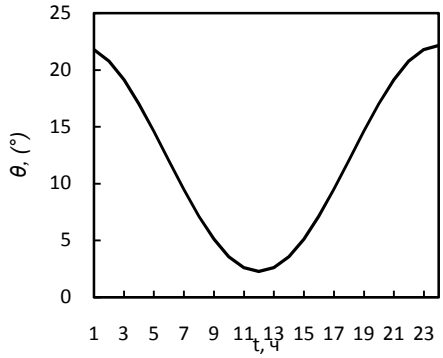


Рис. 8. Угол падения солнечного излучения в зависимости от времени суток для 18 августа
Fig. 8. Daily characteristics of the solar radiation incident angle for the 18th of August

Тип ПЦ концентратора

В приведенном расчетном исследовании рассматривался ПЦ концентратор Eurotrough-150, основные характеристики которого приведены в таблице 2 [6].

Таблица 2

Характеристики ПЦ концентратора Eurotrough 150

Table 2

Eurothough 150 parabolic trough concentrator characteristics

ПЦ концентратор Eurotrough150	
Ширина параболы (м)	5,77
Общая длина каждого ПЦ концентратора (м)	148,5
Количество модулей в ПЦ концентраторе	12
Наружный диаметр металлической трубки поглотителя (м)	0,07
Внутренний диаметр металлической трубки абсорбера (м)	0,065
Площадь активной поверхности ПЦ концентратора ($м^2$)	817,5
Шероховатость стороны внутренней трубки поглотителя	20
Номинальная отражательная способность параболоцилиндрического рефлектора, ρ	0,94
Пропускательная способность стеклянной крышки, τ	0,965
Поглощательная способность селективной поверхности, α	0,955
Коэффициент перехвата, γ	0,90
Максимальная оптическая эффективность: ρτα γ	0,779

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

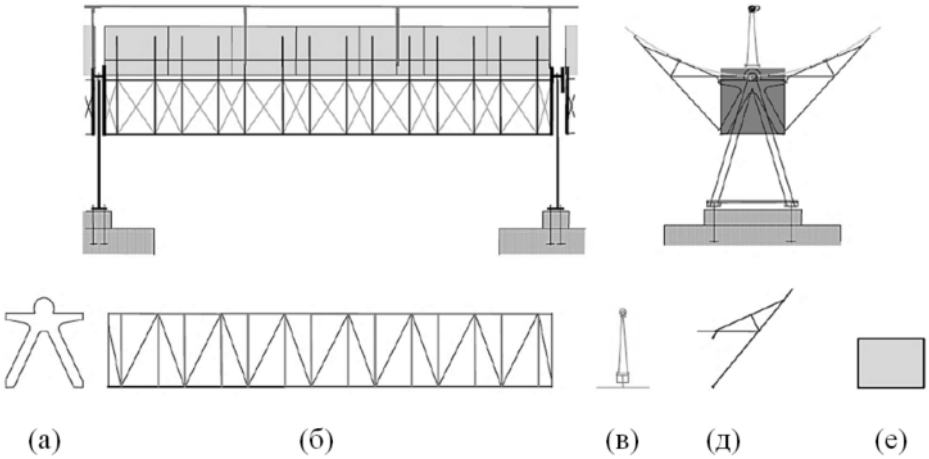


Рис. 9. Структурные элементы ПЦ концентратора Eurotrough: а) передние и задние концевые пластины для крепления на опорах, (б) кессон, (в) опоры трубки поглотителя, (д) консольная часть, (е) часть параболоцилиндрического рефлектора [7]
Fig. 9. Euro trough module structural elements: (a) front and rear endplates for mounting to the pylons, (b) space frame structure, (c) receiver supports, (d) cantilever arm, (e) mirror facet [7]

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Тип рабочей жидкости

Существуют различные типы синтетического масла, и выбор того или иного из них ориентирован на максимальную рабочую температуру, которая должна быть достигнута. Например, при максимальной температуре 575 ºК обычно выбирается синтетическое масло Santotherm 55 (также называемое Therminol 55), которое обладает хорошими тепловыми свойствами и продаётся по доступной цене. При температурах до 672 ºК часто используется другой тип масла, TherminolVP-1, которое также может работать при температуре 672 ºК, но имеет один недостаток – его точка замерзания 285 ºК, поэтому температура TherminolVP-1должна быть выше этого значения.

Существуют и другие масла, способные работать при температуре 672 ºК, точка замерзания которых не так высока. Так, Syltherm 800 – масло с хорошими тепловыми свойствами до 698 ºК и температурой замерзания 233 ºК. Однако проблема заключается в том, что стоимость Syltherm 800 в 3 раза превышает стоимость TherminolVP-1, и несмотря на то что цены за единицу колеблются в зависимости от количество масла, приобретаемого заказчиком, относительная разница в ценах все же остается.

В качестве рабочей жидкости было выбрано синтетическое масло TherminolVP-1. Отмечается, что минимальная температура воздуха для данного исследования выше его точки замерзания и не опускается ниже 20,1 °С (см. табл. 1).

Наиболее важные свойства TherminolVP-1 приведены в следующей таблице [8] (табл. 3).

Таблица 3

Основные технические характеристики рабочей жидкости TherminolVP-1

Table3

Main technical characteristics of heat transfer fluid TherminolVP-1

Максимальная основная температура	400 ° С
Максимальная температура пленки	430 ° С
Кинематическая вязкость при 40 °С	2,48 мм^2 / с (сСт)
Температура самовоспламенения	621 ° С
Точка замерзания	12 ° С
Коэффициент теплового расширения	0,00097 / °С
Содержание влаги	<300 частей на миллион
Общая кислотность	<0,2 мг КОН / г
Содержание хлора	<10 частей на миллион
Коррозия меди	<< 1
Средняя молекулярная масса	166

Плотность ρ в кг/м^3 и вязкость μ в Па·с этого масла рассчитываются по следующим формулам [8, 9]:

$$\rho(\text{кг}/\text{м}^3) = -0,90797T(^\circ\text{C}) + \\ +0,00078116T^2(^\circ\text{C}) - 2,367\cdot10^{-6}T^3(^\circ\text{C}) + 1083,25, \quad (2)$$

$$\mu(\text{Па.с}) = \rho \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot e^{\left(\frac{544,149}{T(^\circ\text{C})+114,43} - 2,59578\right)}, \quad (3)$$

Теплоемкость Therminol VP-1 C_p может быть выражена функцией температуры методом линейной регрессии из таблиц данных, предоставленных производителем масла, по следующему уравнению:

$$Cp(\text{кДж} / \text{кг} \cdot {}^\circ\text{K}) = 2,731 \cdot 10^{-3} T({}^\circ\text{C}) + 1,498. \quad (4)$$

Масла компании THERMINOL® использовались на солнечных электростанциях с середины 80-х годов XX в, некоторые из них до сих пор используются в своем первоначальном виде. Секрет долговечности и надежности работы масел в функционировании, отвечающем ежедневным температурным циклам, отличной тепловой стабильности и аналитической поддержке поставщика.

Входная и выходная температура жидкости

Схема генерирования пара с ПЦ концентраторами представлена на рисунке 10. Для получения желательной температуры 285 °C на выходе второго контура необходимо на входе первого контура иметь температуру на 10 °C выше, т.е. 295 °C. Это значение устанавливается при 70 бар (давление производства пара) с учетом температуры насыщения пара 285 °C и потерь примерно в 10 °C в теплообменнике.

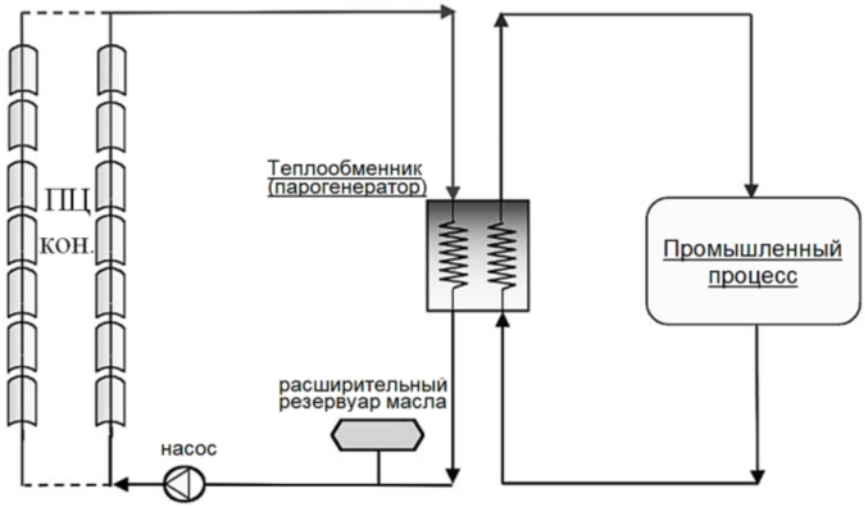


Рис. 10. Генерирующая система пара с ПЦ концентраторами
Fig. 10. Parabolic trough concentrator steam generating system

Температура на выходе из ПЦ концентратора должна быть немного ниже, чем максимальная рабочая температура, которой может достигать это масло (400 °C). В этом случае температура устанавливается на 390 ° C.

Определение параметров солнечного поля

Типичное солнечное поле ПЦ концентраторов состоит из определенного количества параллельных рядов этих концентраторов. Каждый ряд, в свою очередь, состоит из нескольких ПЦ концентраторов, соединенных последовательно так, что рабочая жидкость циркулирует по трубке поглотителя и нагревается, проходя от входа к выходу каждого ряда.

Для конкретных координат рассматриваемого объекта и его потребности в производстве пара необходимо рассчитать:

а) количество ПЦ концентраторов, подключенных последовательно в каждом ряду;

б) количество рядов, подключенных параллельно.

Расчет количества ПЦ концентраторов, подключенных последовательно в ряд

Количество ПЦ концентраторов (N), которые должны быть соединены последовательно в каждом ряду, зависит от повышения температуры (ΔT), требуемого в производственном процессе. Как описано в предыдущем разделе, входная и выходная температура солнечного поля составляет 295 °C и 390 °C соответственно. Таким образом, необходимое колебание температуры в этом случае ΔT = 95 °C.

После расчета ΔT, количество необходимых ПЦ концентраторов определяется отношением [10]:

$$N = \frac{\Delta T}{\Delta T_C}, \quad (5)$$

где N – количество ПЦ концентраторов, подключенных последовательно в каждом ряду; C – повышение температуры промышленного применения П-ПНП; ΔT_C – повышение температуры между входом и вы-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ходом ПЦ концентратора.

ΔT_C рассчитывается исходя из данных, предоставленных производителем ПЦ концентратора (тепловой эффективности, модификатор из-за угла падения и т.д.)

Это повышение температуры ΔT_C, возникающее во время циркуляции рабочей жидкости по трубке поглотителя ПЦ концентратора, будет зависеть от массового расхода масла.

Из опыта эксплуатации ПЦ концентратора известно: турбулентный поток жидкости внутри трубки поглотителя должен характеризоваться числом Рейнольдса $Re = 4 \cdot 10^5$, что позволит избежать деформации трубки при чрезмерном ее нагревании и повреждения ПЦ концентратора [4].

Значение скорости жидкости, необходимое для достижения $Re = 4 \cdot 10^5$, можно получить из следующей формулы:

$$v = \frac{Re \cdot \mu}{\rho D}, \quad (6)$$

где μ – динамическая вязкость жидкости (кг/м·с); v – скорость жидкости (м/с); D – внутренний диаметр трубки поглотителя (м); ρ – плотность синтетического масла кг/м^3.

Для определения параметров жидкости в приведенном выше уравнении (ρ, μ) в ходе предварительного расчета параметров солнечного поля необходимо вычислить среднюю температуру жидкости, равную среднему значению номинальных температур входа и выхода из солнечного поля, которая в данном случае равна 342,5 °С.

Принимая во внимание среднее значение температуры масла для солнечного поля и используя уравнение динамической вязкости и плотности (2) и (3), μ должна быть равна 1,89 Па·с 10^{-4} и ρ равна 768,81 кг/м^3.

Поскольку внутренний диаметр трубки поглотителя Eurotrough-150 равен 65 мм, из приведенного выше уравнения (10) рассчитывается минимальная скорость, которую должно иметь масло внутри трубки поглотителя: v = 1,51 м/с.

После определения скорости жидкости можно определить массовый расход q_m, исходя из площади поперечного сечения металлической трубки (s), предоставленной производителем ПЦ концентратора, и плотности жидкости:

$$q_m = vs\rho. \quad (7)$$

В нашем случае плотность масла при 342,5 °С равна 768,81 кг/м^3; металлическая трубка имеет поперечное сечение 3,32·10^{-3} м^2, что эквивалентно скорости потока 1,51 м/с, а массовый расход составит 3,85 кг/с.

После того как определен массовый расход масла, гарантирующего турбулентный режим, можно рассчитать увеличение температуры испытываемой жидкости между входом и выходом ПЦ концентратора ΔT_C.

Удельные линейные тепловые потери ПЦ концентратора в зависимости от прихода солнечной радиации определяются по зависимостям, приведенным в [11]

Общая длина ПЦ концентратора в случае Eurotrough-150 составляет 148,5 метров, а полная потеря тепла в ПЦ концентраторе (Q_l) для расчетной точки – Q_l = 45171,97 Вт.

По зависимостям, приведенным в [11], определяется модификатор из-за угла падения $K(\theta)$ = 0,99 и полезная тепловая мощность, которую дает ПЦ концентратор. При максимальной оптической эффективности $\eta_{opt,0^\circ} = 0,779$ и коэффициенте загрязнения ПЦ концентратора 0,95, полезная тепловая мощность, обеспеченная ПЦ концентратором Eurotrough-150, составляет 496,19 кВт

Эта мощность расходуется на повышение температуры масла в первом контуре установки:

$$N_Q = \int_{T_i}^{T_0} C_p dT, \quad (8)$$

где C_P – удельная теплоемкость при постоянном давлении масла; T_i – температура масла на входе ПЦ концентратора; T_o – температура масла на выходе ПЦ концентратора.

Температура масла на входе равна средней температуре масла в солнечном поле (342,5 °С), и, если известно конкретное уравнение теплоемкости в зависимости от температуры (8), получается уравнение второй степени, где неизвестной является температура масла на выходе из ПЦ концентратора: $0{,}001366\,T_0^2 + 1{,}498\,T_0 - 802{,}05 = 0$.

Данное уравнение справедливо при T_o = 393,94°С, поэтому повышение температуры между входом и выходом ПЦ концентратора

$$\Delta T_C = T_0 - T_i = 393,94 - 342,5 = 51,44\ ^\circ\text{C}. \quad (9)$$

Так как необходимо получить общее повышение температуры ΔT = 95 °С в каждом ряду ПЦ концентраторов, и каждый ПЦ концентратор имеет повышение температуры ΔT_C = 51,44 °С, количество ПЦ концентраторов, которые должны быть соединены последовательно в каждом ряду, рассчитывается следующем образом: $N = \frac{\Delta T}{\Delta T_C} = \frac{95}{51,44} = 1,85$.

В этих условиях лучше выбрать четное число ПЦ концентраторов, так чтобы ряды были расположены в виде «U» и приняли конфигурацию трубной системы с центральным снабжением (одинаковое количе-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ство ПЦ концентраторов с каждой стороны для сбалансированности схемы).

Итак, для того чтобы принять эту конфигурацию, количество ПЦ концентраторов в каждом ряду округляется до двух. При этом массовый расход несколько увеличится, но существенного влияния на число Рейнольдса не окажет.

Далее показан новый массовый расход масла TherminolVP-1, которое циркулирует внутри трубок поглотителей: $q_m = 3,85 \cdot \left(\frac{2}{1,85} \right) = 4,16$кг / с

Это значение сохраняется в пределах рекомендуемого, которое должно быть 3–5 кг/с, следовательно, принимается конфигурация из двух ПЦ концентраторов в ряду.

Расчет количества рядов, подключенных параллельно

Следующий шаг в выборе размера солнечного поля – определение количества рядов, которые будут установлены параллельно. Это число зависит от тепловой мощности, требуемой в промышленном процессе.

Поскольку в ряду 2 параллельно соединенных ПЦ концентратора, полезная тепловая мощность, обеспеченная каждым рядом в расчетной точке, равна удвоенной мощности, обеспечиваемой одним ПЦ концентратором, а именно: $N_Q = 2 \cdot 496,19 = 992,38$ кВт.

Суточная тепловая энергия, вырабатываемая одним рядом солнечного поля, рассчитывается по часовому ряду значений прихода СР и для рассматриваемых суток составляет 9408,93 кВт. Количество параллельных рядов, установленных в солнечном поле, для получения 100 % удовлетворения тепловых потребностей повышения нефтеотдачи для расчетной точки вычисляется следующим образом:

Количество параллельных рядов
14,6535 МВт ·24 ч/ 9,408 МВт = 37,38

Для обеспечения безопасности конструкции допускается 10 % превышение, которое в свою очередь включает возможные общие потери в трубках генерирующего оборудования, КПД парогенератора (солнечного поля) и потери в результате конденсации пара. С учётом данных потерь получается 41,12, так что общее количество рядов равно 42, что обеспечивает 100 % покрытие для расчетной точки.

Таким образом, солнечное поле будет состоять из 42 параллельных рядов по 2 ПЦ концентратора в каждом ряду.

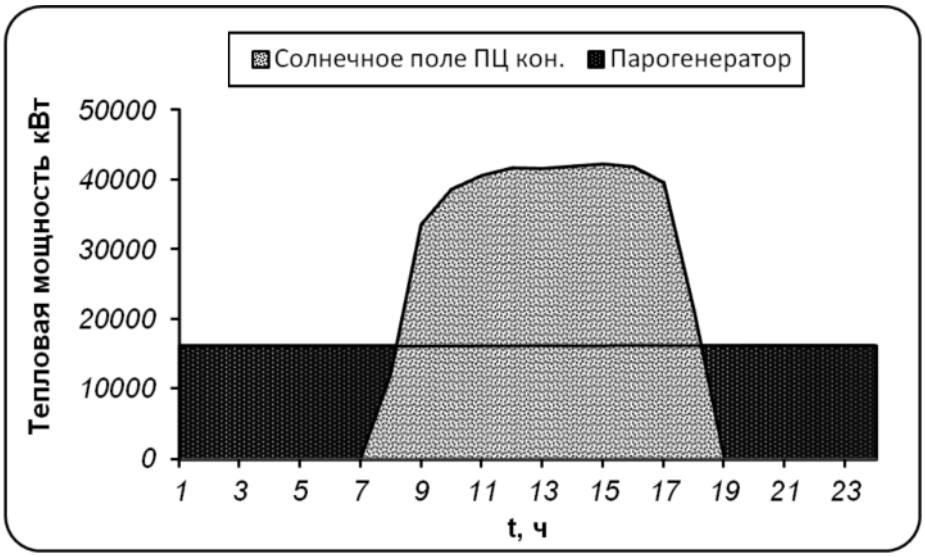


Рис. 11. Тепловая мощность, вырабатываемая в течение суток парогенератором и солнечным полем ПЦ концентраторов
Fig. 11. Daily produced thermal power capacity of steam generator and parabolic trough concentrator

На рисунке 11 показаны результаты расчета для суток с максимальным приходом СР 395,17 МВт·ч. Для нагнетания в нефтеносные слои необходим пар с температурой 285 °С и давлением 70 бар. В случае использования обычного парогенератора пар подается постоянно в течение 24 часов (зона выделена на рисунке 12). Солнечное поле ПЦ концентраторов с рассчитанными ранее параметрами производит тот же объем пара, но в период с 7:00 до 19:00 часов.

Анализ работы солнечной тепловой установки с ПЦ концентраторами в течение года

Следует отметить, что поскольку параметры солнечного поля ПЦ концентраторов выбирались по суткам с весьма высоким приходом солнечной радиации, в целом в течение года ПЦ концентраторы обеспечат 33,77 % тепловой энергии, а это приведет к соответст-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

вующей годовой экономии органического топлива. При этом по месяцам процент солнечной тепловой энергии будет варьироваться от 29 % до 42 %.

Если параметры солнечного поля ПЦ концентраторов вычислять для дня с приходом СР близким к среднему за рассматриваемый период значению, то солнечное поле концентраторов будет состоять из 20 параллельных рядов по 14 ПЦ концентраторов в каждом ряду, а производство солнечной тепловой энергии достигнет 113 %.

Результаты расчетов представлены на рисунке 12.

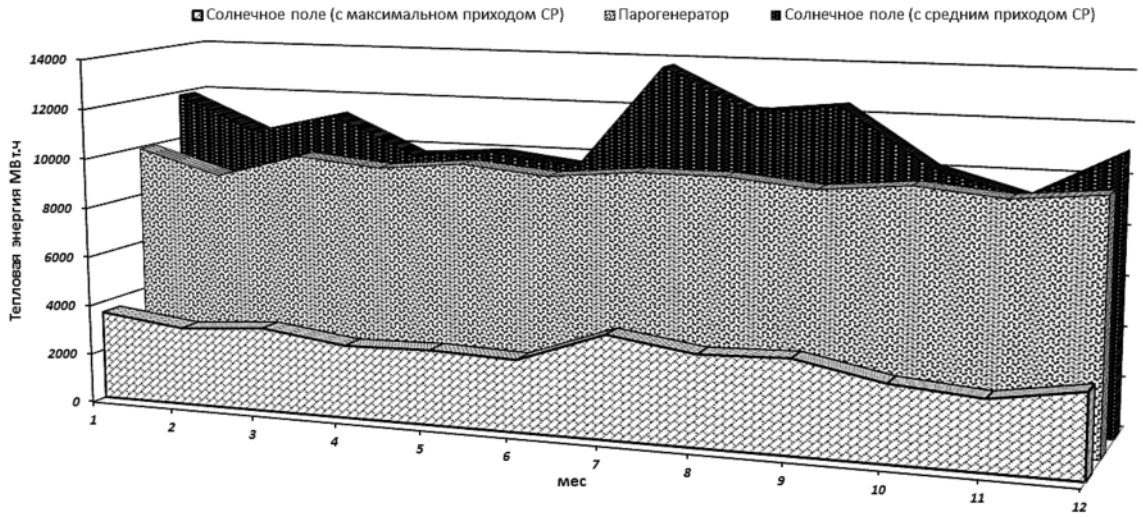


Рис. 12. Энергия, вырабатываемая солнечным полем и обычным парогенератором на базе природного газа
Fig. 12. Produced energy of solar steam plant and typical gas steam generator

Заключение

Изложена методика определения параметров солнечного поля ПЦ концентраторов, обеспечивающего производство пара для метода П-ПНП.

Для исследования типового месторождения, где используется метод непрерывного нагнетания пара в соответствии с солнечной радиацией, типичной для района Бачакеро республики Венесуэла, был выбран тип и ориентация ПЦ концентраторов, тип и температура рабочей жидкости, рассчитано обще число ПЦ концентраторов.

Показано, что для условий Бачакеро 280 ПЦ концентраторов полностью обеспечивают производство пара, необходимое для применения ПНП технологий.

Эффективность использования ПЦ концентраторов для производства необходимого количества пара по сравнению с использованием органического топлива рассчитывается на основе финансово-экономического анализа.

Список литературы

1. Хеел А.П.Г., Ванник Дж.Н.М., Бентоуати С. и др. Влияние суточных и сезонных циклов в солнечном произведенном паре на повышении нефтеотдачи пластов // ПНП Конференция нефти и газа. Маскат, Оман, 2010.

2. NASA. Атмосферные исследования центра обработки данных национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства. [Эл. ресурс] http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/

3. METEONORM Version 6.0.2.5. METEOTEST Fabrikstrasse 14 CH-3012 Bem Switzerland.

4. Zarza E. Captadores Cilindro Parabólicos. Componentes y parámetros principales. Tema 3 de la Asignatura 5 del Módulo I, UIMP-CSIC en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno.

5. Rabl A. Active solar collectors and their applications. Ed. Oxford University Press, New York (EEUU). 1985. P. 1–92. ISBN: 0195035461.

6. Geyer Michael et al. EUROTROUGH – Parabolic Trough Collector eloped for Cost Efficient Solar Power Generation // 11th Int. Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Technologies, Sept. 2002.

7. Gunther M., Joemann M., Csambor S. Advanced csp teaching materials. 2011. Chapter 5. P. 27–28.

8. THERMINOL VP-1. Main physical and chemical characteristics of THERMINOL VP-1. Technical Bulletin 7239115B. St Louis, 1999. [Электронный ресурс]: www.therminol.com

9. Mathew S., Visavale G., Mali V. CFD Analysis of a Heat Collector Element in a Solar Parabolic Trough Collector.

10. Goswami D.Y, Kreith F. Energy Conversion.CRC Press, 2007. P. 465–474.

11. Кузнецова В.А., Пугачев Р.В., Росендо Чакон М.Е., Лопес Сааб А.С. Использование солнечной тепловой установки с параболоцилиндрическими

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

концентраторами для повышения нефтеотдачи пластов // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). 2015. № 10. С. 118–135.

References

1. Heel A.P.G., Vannik J.N.M., Bentouati S. et al. Vliânie sutočnyh i sezonnyh ciklov v solnečnom proizvedennom pare na povyšenii nefteotdači plastov. *PNP Konferenciâneftiigaza*, Maskat, Oman, 2010 (in Russ.).

2. NASA. Atmosfernye issledovaniâ centra obrabotki dannyh nacional'nogo upravleniâ povozduhoplavaniû I issledovaniû kosmičeskogo prostranstva. Available at: http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/ (in Russ.).

3. METEONORM Version 6.0.2.5. METEOTEST Fabrikstrasse 14 CH-3012 Bem Switzerland (in Eng.).

4. Zarza E. Captadores Cilindro Parabólicos. Componentes y parámetros principales. Tema 3 de la Asignatura 5 del Módulo I, UIMP-CSIC en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno (in Span.).

5. Rabl A. Active solar collectors and their applications. Ed. Oxford University Press, New York (EEUU). 1985. P. 1–92. ISBN: 0195035461(in Eng.).

6. Geyer Michael et al. EUROTROUGH – Parabolic Trough Collector eloped for Cost Efficient Solar Power Generation. *11th Int. Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Technologies*, Sept. 2002 (in Eng.).

7. Gunther M., Joemann M., Csambor S. Advanced csp teaching materials, 2011, Chapter 5, pp. 27–28 (in Eng.).

8. THERMINOL VP-1. Main physical and chemical characteristics of THERMINOL VP-1. Technical Bulletin 7239115B. St Louis, 1999. Available at: www.therminol.com (in Eng.).

9. Mathew S., Visavale G., Mali V. CFD Analysis of a Heat Collector Element in a Solar Parabolic Trough Collector (in Eng.).

10. Goswami D.Y, Kreith F. Energy Conversion. CRC Press, 2007, pp. 465–474.

11. Kuznetsova V.A., Pugachev R.V., Rosendo Chakon M.E., Lopes Saab A.S. Ispol'zovanie solnečnoj teplovoj ustanovki s parabolocilindričeskimi koncentratorami dlâ povyšeniâ nefteotdači plastov // *International Scientific Journal «Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ» (ISJAEE)*, 2015, no. 10, pp. 118–135 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

АКЦИЯ «АРХИВНЫЕ НОМЕРА 2000–2013»:

Научно-технический центр «ТАТА»
предлагает приобрести архивные номера журналов

1. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE) (2000-2013);
2. Международный научный журнал «Письма в «АЭЭ» (№ 1, 2014);
3. Международный научный журнал «Космонавтика» (№ 1, 2011; № 1-2 и № 3-4, 2012);
4. Международный научный журнал «Фундаментальная и прикладная физика» (№ 1, 2012)
5. Международный научный журнал «История оружия и военное искусство» (№ 1-2, 2012).

стоимость одного номера – 360 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены);
стоимость комплекта из 6 номеров (любых) – 1 860 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены);
стоимость комплекта из 12 номеров (любых) – 3 000 руб. (почтовые расходы на территории РФ включены).

количество журналов ограничено!

по вопросам приобретения обращаться
e-mail: p.maximova@hydrogen.ru
(*Максимова Полина Александровна*)

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES

Статья поступила в редакцию 28.04.15. Ред. рег. № 2246 The article has entered in publishing office 28.04.15. Ed. reg. No. 2246

УДК 538.915

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИК (1,5-3μ) ЛАЗЕРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ $A^{II}B^{VI}$, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ Fe^{2+}, Co^{2+} и Ni^{2+}

Е.Ф. Кустов[1], И.С. Курчатов[2]

[1]Национальный исследовательский университет «МЭИ»
РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 7 (495)-362-75-60; e-mail: universe@mpei.ac.ru
[2]Научно-исследовательский институт технического стекла
РФ 117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 29, корп. 5
тел.: 7(499)-129-16-36; e-mail: info@intg.org

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.014

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

Исследованы спектрально-люминесцентные характеристики ионов Fe^{2+}, Co^{2+} и Ni^{2+} в полупроводниковых материалах типа $A^{II}B^{VI}$ (ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe) и соотношение энергии полос поглощения и люминесценции с шириной запрещенной зоны полупроводников $A^{II}B^{VI}$. Оценивается возможность получения лазерного эффекта на этих материалах в окне прозрачности волоконно-оптических линий связи в диапазоне 1,5–3 микрон. Полученные результаты актуальны для других применений перенастраиваемых по длине волны полупроводниковых лазеров.

Ключевые слова: полупроводниковые лазеры, ионы группы железа, энергетическая структура, интенсивность переходов.

RESEARCH OF SPECTRAL CHARACTERISTICS OF IR LASERS OF SEMICONDUCTORS $A^{II}B^{VI}$ DOPED WITH Fe^{2+}, Co^{2+} AND Ni^{2+} IONS

E.F. Kustov[1], I.S. Kurchatov[2]

[1]National Research University “Moscow Power Engineering Institute”
14 Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: 7 (495)-362-75-60; e-mail: universe@mpei.ac.ru
[2]JSC «Institute of Technical Glass»
5 build, 29 Krzhizhanovsky Str., Moscow, Russian Federation
ph.: 7(499)-129-16-36; e-mail: info@intg.org

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

International Publishing House for scientific periodicals “Space”

Международный издательский дом научной периодики “Спейс”

The article presents the research of spectral properties of Fe^{2+}, Co^{2+} and Ni^{2+} ion energy structure in semiconductor materials $A^{II}B^{VI}$ (ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe) and the ratio of these spectral structures of absorption and luminescence transitions with band gap of materials $A^{II}B^{VI}$. This article evaluates the possibility of obtaining laser action on these materials in 1.5–3 microns range, as optic fiber data lines have a transparency window in that range. The results are valuable for various other applications of tunable semiconductor lasers.

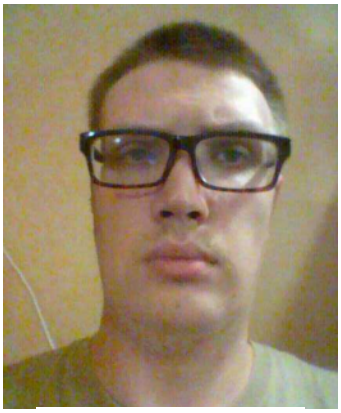
Keywords: semiconductor lasers, ions of the iron group, the energy structure, the intensity of transitions.



Кустов Евгений Федорович
Evgenij F. Kustov

Сведения об авторе: д-р физ.-мат. наук, профессор ФТЭМК, НИУ «МЭИ».
Образование: МЭИ.
Область научных интересов: полупроводники.
Публикации: более 100.

Information about the author: DSc (physics and mathematics), professor of FTEMK, MPEI.
Education: MPEI.
Research area: semiconductors.
Publications: more than 100.



Курчатов Иван Сергеевич
Ivan S. Kurchatov

Сведения об авторе: аспирант МЭИ, инженер-технолог ОАО «НИТС».
Образование: МГУ.
Область научных интересов: полупроводники.
Публикации: 6.

Information about the author: postgraduate of MPEI, engineer of NITG.
Education: MSU.
Research area: semiconductors.
Publications: 6.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

В полупроводниковых оптоэлектронных устройствах альтернативной энергетики имеется проблема преобразования светового излучения в излучение ближнего и среднего ИК диапазона. Созданные к настоящему времени преобразующие системы являются громоздкими, что ограничивает область их применения. А созданные полупроводниковые лазеры имеют ограниченное количество полос излучения в области прозрачности оптических волокон. Одним из вариантов решения проблемы является создание новых материалов путём введения в полупроводниковые материалы ионов группы железа, преобразующих спектральный диапазон излучения полупроводников в ИК область. Кроме того, введение этих ионов создает широкие полосы поглощения в запрещенной зоне полупроводников, что может увеличить спектральный диапазон и чувствительность солнечных преобразователей энергии на полупроводниках.

Полупроводниковые лазеры применяются в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), технологиях формообразования, резки и сварки различных материалов, медицине для диагностики и лечения различных заболеваний, системах военного назначения, научных исследованиях, измерительной технике и др [1]. Лазеры этого типа имеют большой диапазон генерируемой мощности в непрерывном и импульсном режимах, высокое быстродействие при импульсной модуляции, а частота их излучения может перестраиваться в пределах области люминесценции. По

сравнению с другими типами лазеров они имеют меньшие вес и габариты и наибольший коэффициент полезного действия. Наиболее широко полупроводниковые лазеры применяются в волоконно-оптических линиях связи.

Известно, что полоса прозрачности ВОЛС в диапазоне длин волн (1,5–3) мкм значительно шире спектров передаваемых сигналов, поэтому для повышения экономической эффективности ВОЛС перспективна передача сигналов на новых, ещё не используемых частотах. Вероятно, по этой причине в последние годы возник интерес к исследованиям по созданию лазеров на полупроводниках $A^{II}B^{VI}$ и $A^{III}B^{V}$, легированных ионами Cr^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} и Fe^{2+} и редкоземельных элементов. Теоретические и экспериментальные исследования в этом направлении выполнялись на отдельном типе полупроводника, легированного одним из ионов [2, 3]. После создания общей теории лигандной структуры окружения ионов группы железа (Co^{2+}, Ni^{2+} и Fe^{2+}) [4–7] появилась возможность рассчитать весь набор параметров областей люминесценции ионов группы железа в полупроводниках $A^{II}B^{VI}$. В настоящей статье опубликованы результаты расчёта параметров массива областей люминесценции для Fe^{2+}, Co^{2+}и Ni^{2+} в полупроводниках $A^{II}B^{VI}$.

Матрицы и диаграммы энергетических уровней электронных конфигураций d^7 (d^3), d^6 (d^4)
Матрицы и энергия состояний конфигурации d^7(d^3)

В таблице 1 представлены матрицы состояний конфигурации d^7 в кластерах и комплексах кубических групп симметрии.

Таблица 1

Матрицы состояний конфигурации d^7 в кластерах и комплексах октаэдрической симметрии

Table 1

Matrix of d^7 configuration states in clusters and complexes of octahedral symmetry

$^2F_2$

$12Dq+105F_4$	$-3\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$-5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$4F_2+50F_4$	$2F_2-10F_4$
	$2Dq-6F_2+135F_4$	$3(F_2-5F_4)$	$-3\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$-3\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
		$2Dq+4F_2+85F_4$	$\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$-\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
			$-8Dq+6F_2+145F_4$	$10(F_2-5F_4)$
				$-8Dq-2F_2+115F_4$

$^2F_1$

$12Dq-6F_2+135F_4$	$-3(F_2-5F_4)$	$3(F_2-5F_4)$	0	$-2\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
	$2Dq+103F_2$	$-3(F_2-5F_4)$	$3(F_2-5F_4)$	$3\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
		$2Dq-6F_2+135F_4$	$-3(F_2-5F_4)$	$-\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
			$-8Dq-6F_2+135F_4$	$2\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
				$-8Dq-2F_2+115F_4$

^2E

$12Dq-6F_2+135F_4$	$-6\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$-3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	0
	$2Dq+8F_2+170F_4$	$10(F_2-5F_4)$	$\sqrt{3}(2F_2+25F_4)$
		$2Dq-F_2+110F_4$	$2\sqrt{3}(F_2-5F_4)$
			$-18Dq-8F_2+180F_4$

$^4F_1$

$2Dq-3F_2+15F_4$	$6(F_2-5F_4)$
	$-8Dq-12F_2+60F_4$

$^4A_2$ $12Dq-15F_2+75F_4$
$^4F_2$ $2Dq-15F_2+75F_4$
$^2A_1$ $2Dq-11F_2+160F_4$
$^2A_2$ $2Dq+9F_2+60F_4$

Энергии уровней состояний конфигурации d^7 зависят от двух параметров электростатического взаимодействия между электронами F_2 и F_4 и параметра взаимодействия с окружением Dq. При Dq = 0 состояния свободного атома конфигурации d^7 совпадают с состояниями электронной конфигурации d^3, представленные на рис. 1.

Здесь также для всех соотношений параметров F_2/F_4 состояние ^4F является основным; в октаэдрических структурах оно расщепляется на три уровня:

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

$^4A_2$, $^4F_2$ и $^4F_1$, – имеющих одинаковую энергию при $Dq = 0$. Это состояние остается преобладающим в большом интервале соотношений параметров F_2/F_4. Однако при $F_2/F_4 > 10$ имеется тенденция смены основного состояния на ^2G с уровнями уровня $^2A_1$, $^2F_2$, $^2F_1$, и ^2E, что будет проявляться в магнитных свойствах элементов с конфигурацией d^7.

На рисунке 1 представлена зависимость энергии E/F_2 уровней конфигурации d^7 от значений относительного параметра Dq/F_2 при F_2/F_4 =14.

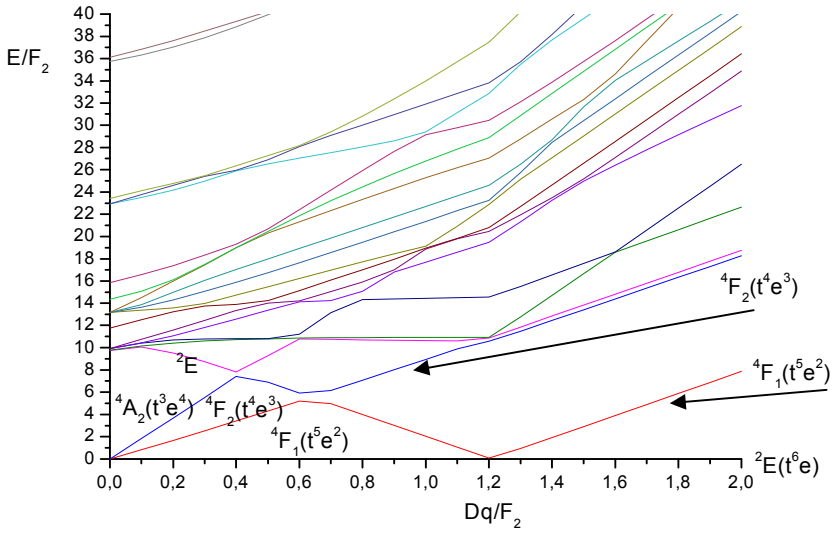


Рис. 1. Зависимость энергии E/F_2 уровней конфигурации d^7 от значений относительного параметра Dq/F_2 при F_2/F_4 =14
Fig. 1. The relation of E/F_2 energy levels for d^7 configuration to relative parameter Dq/F_2 for F_2/F_4 =14

На рисунках 2 и 3 даны диаграммы энергетических уровней электронной конфигурации d^7 для положительно и отрицательно координированных структур при значении относительного параметра внутримолекулярного поля $-2 < Dq/F_2 < 2$ и соотношении параметров межэлектронного взаимодействия F_2/F_4 =14.

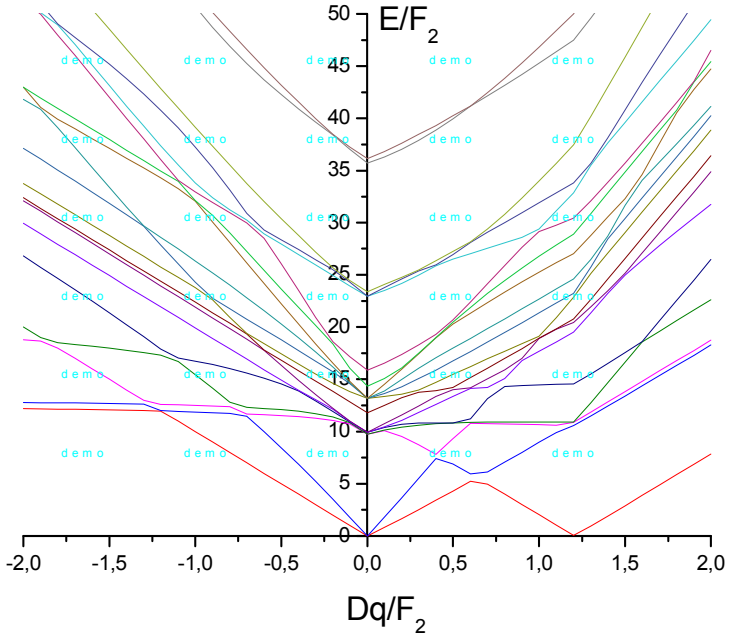


Рис. 2. Зависимость энергии E/F_2 уровней конфигурации d^7 от значений относительного параметра $-2 < Dq/F_2 < 2$ при F_2/F_4 = 14
Fig. 2. The relation of E/F_2 energy levels for d^7 configuration to relative parameter $-2 < Dq/F_2 < 2$ for F_2/F_4 = 14

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

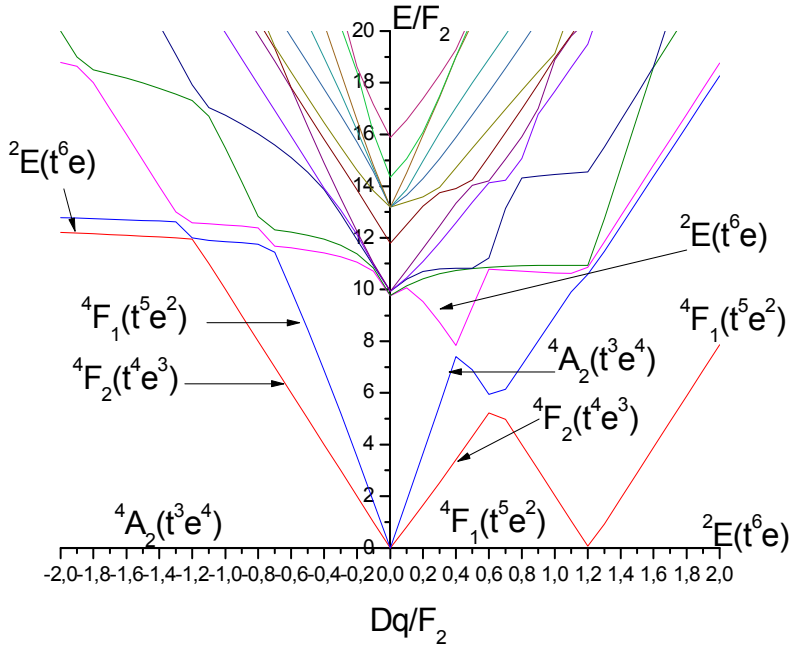


Рис. 3. Зависимость нижних уровней энергии E/F_2 конфигурации d^7 от значений относительного параметра $-2 < Dq/F_2 < 2$ при $F_2/F_4 = 14$

Fig. 3. The relation of E/F_2 energy low level for d^7 configuration to relative parameter $-2 < Dq/F_2 < 2$ for $F_2/F_4 = 14$

На рисунке 3 показана идентификация нижних уровней с обозначением спина и орбитального состояния и конфигурации внутримолекулярного поля. Идентификация остальных уровней приведена в таблице 2.

Таблица 2

Идентификация состояний электронной конфигурации d^7 для положительно и отрицательно координированных структур

Table 2

Identification of d^7 states for positive and negative coordinated structures

$Dq/F_2 = -1,5$			$Dq/F_2 = 1,5$		
E	S	Терм	E	S	Терм
0	1,5	$^4A_2$	0	0,5	^2E
12,078	0,5	^2E	2,886	1,5	$^4F_1$
12,687	0,5	$^2F_1$	13,408	0,5	$^2F_1$
15	1,5	$^4F_2$	13,825	0,5	$^2F_2$
18,002	0,5	$^2F_2$	16,641	1,5	$^4F_2$
21,364	1,5	$^4F_1$	17,558	0,5	$^2F_1$
24,943	0,5	$^2A_1$	24,971	0,5	$^2F_2$
27,033	0,5	$^2F_2$	25,152	1,5	$^4F_1$
27,391	0,5	$^2F_1$	26,586	0,5	$^2A_1$
28,785	0,5	^2E	29,041	0,5	$^2F_1$
31,862	0,5	$^2F_1$	30,406	0,5	^2E
33,388	1,5	$^4F_1$	31,642	1,5	$^4A_2$
37,118	0,5	$^2F_2$	32,295	0,5	$^2F_2$
37,952	0,5	$^2A_2$	34,834	0,5	$^2F_1$
42,017	0,5	$^2F_1$	35,724	0,5	$^2F_2$
43,144	0,5	$^2F_2$	39,593	0,5	$^2A_2$
45,172	0,5	^2E	40,805	0,49999	^2E
48,521	0,5	$^2F_1$	45,848	0,50001	$^2F_1$
61,285	0,5	$^2F_2$	53,979	0,49999	^2E
62,59	0,5	^2E	57,979	0,5	$^2F_2$

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Энергетические уровни ионов с конфигурациями d^7 с учетом спин-орбитального взаимодействия

На рисунках 4 и 5 приведены диаграммы энергетических уровней ионов с электронной конфигурацией d^7 в зависимости от значений $-2 < Dq/F_2 < 0$ при константе спин-орбитального взаимодействия $\lambda(^4F)/F_2 = 0$ и –0,1.

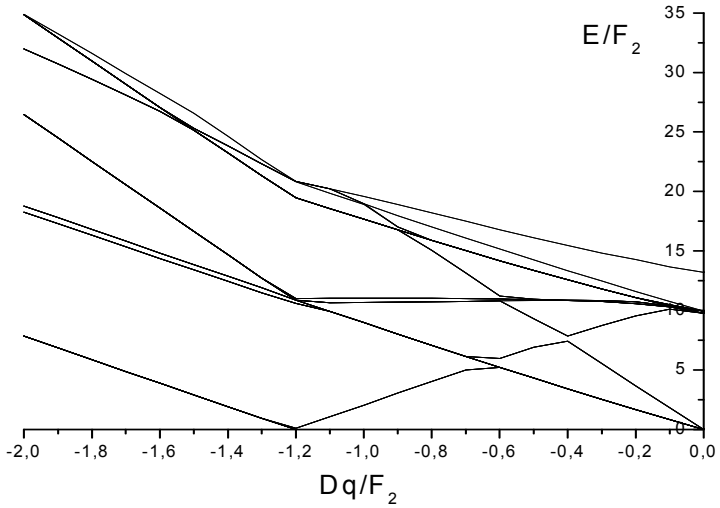


Рис. 4. Энергетические уровни ионов с электронной конфигурацией d^7 в зависимости от значений $-2 < Dq/F_2 < 0$ при константе спин-орбитального взаимодействия $\lambda/F_2 = 0$

Fig. 4. Energy levels for ions of d^7 electron configuration in relation to parameter $-2 < Dq/F_2 < 0$ for spin-orbital constant set as $\lambda/F_2 = 0$

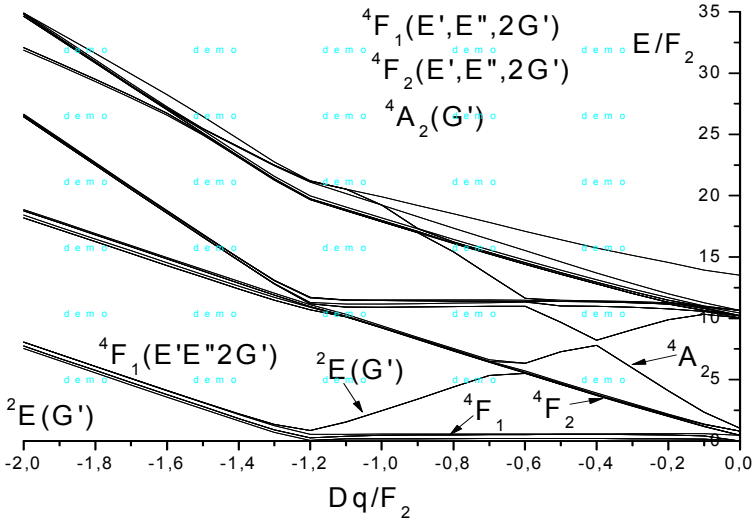


Рис. 5. Энергетические уровни ионов с электронной конфигурацией d^7 в зависимости от значений $-2 < Dq/F_2 < 0$ при константе спин-орбитального взаимодействия $\lambda(^4F)/F_2 = -0,1$

Fig. 5. Energy levels for ions of d^7 electron configuration in relation to parameter $-2 < Dq/F_2 < 0$ for spin-orbital constant set as $\lambda(^4F)/F_2 = -0.1$

Как видно из сравнения двух диаграмм, малое спин-орбитальное взаимодействие приводит к небольшому расщеплению уровней при сохранении основных зависимостей от Dq/F_2. Расщепление основного состояния за счет взаимодействия спин-орбитального типа с верхними состояниями не происходит.

Диаграмма энергетических уровней при $\lambda(^4F)/F_2 = 0$ совпадает с аналогичной диаграммой на рисунках 1–3.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

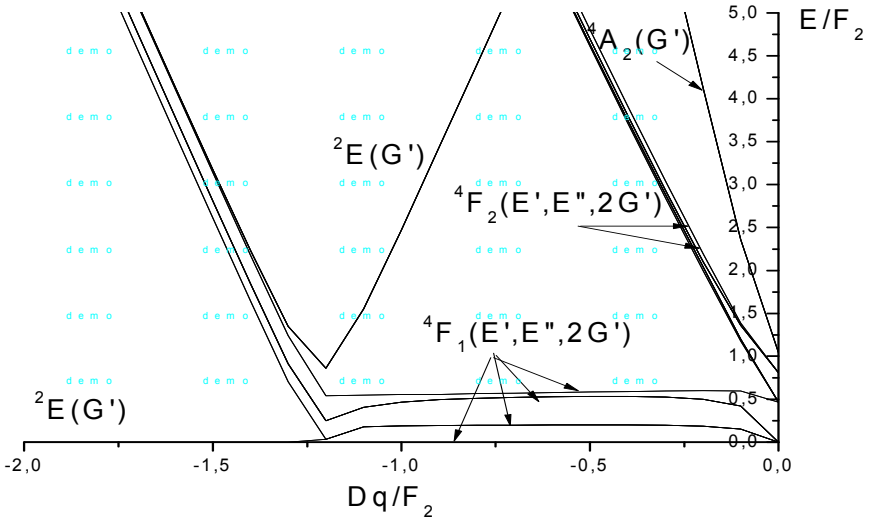


Рис. 6. Энергетические уровни ионов с электронной конфигурацией d^7 в зависимости от значений $-2 < Dq/F_2 < 0$ при константе спин-орбитального взаимодействия $\lambda(^4F)/F_2 = -0{,}1$ в области энергии основного состояния $0 < E/F_2 < 5{,}0$

Fig. 6. Energy levels for ions of d^7 electron configuration in relation to parameter $-2 < Dq/F_2 < 0$ for spin-orbital constant set as $\lambda(^4F)/F_2 = -0.1$ the ground state being $0 < E/F_2 < 5{,}0$

На рисунке 6 показаны энергетические уровни ионов с электронной конфигурацией d^7 в зависимости от значений $-2 < Dq/F_2 < 0$ при константе спин-орбитального взаимодействия $\lambda(^4F)/F_2 = -0{,}1$ в области энергии основного состояния $0 < E/F_2 < 5{,}0$.

Обозначение спин-орбитальных уровней производится по неприводимым представлениям двойных точечных групп, которые в случае групп кубической сингонии имеют несколько обозначений: $\Gamma_6 \equiv E'(2)$, $\Gamma_7 \equiv E''(2)$, $\Gamma_8 \equiv G'(4)$. В скобках приведены размерности представлений.

Редукция неприводимых представлений групп полных вращений на представления двойных групп кубической сингонии приведены в таблице 3.

Таблица 3

Редукция неприводимых представлений групп полных вращений на представления двойных групп кубической сингонии

Table 3

Reduction of irreducible representations of complete rotations to represent binary groups of the cubic system

J	1/2	3/2	5/2	7/2	9/2	11/2
O_h, O, T_d	Γ_6	Γ_8	$\Gamma_6+\Gamma_8$	$\Gamma_6+\Gamma_7+\Gamma_8$	$\Gamma_6+2\Gamma_8$	$\Gamma_6+\Gamma_7+2\Gamma_8$

Для значений $-1{,}2 < Dq/F_2 < 0$ нижними уровнями являются четыре СО уровня $\Gamma_6 + \Gamma_7 + 2\Gamma_8$ или $E' + E'' + 2\ G'$, получающиеся из спин-орбитального взаимодействия мультиплета $^4F_1$.

Магнитные свойства в этом интервале внутримолекулярных полей определяются заселенностями этих четырех уровней и их магнитными моментами. В этом интервале магнитные моменты зависят от температуры, особенно в области малых температур.

Для значений $Dq/F_2 < -1{,}2$ нижними уровнями являются один СО уровень Γ_8 или G', получающиеся из спин-орбитального взаимодействия мультиплета ^2E. В этом интервале магнитные моменты не зависят от температуры.

Энергетические состояния элементов с электронной конфигурацией $d^6(d^4)$

В таблице 4 представлены матрицы состояний конфигурации d^6 в кластерах и комплексах кубической симметрии.

Энергии уровней состояний конфигурации d^6 зависят от двух параметров электростатического взаимодействия между электронами F_2 и F_4 и параметра взаимодействия с окружением Dq. При $Dq = 0$ матрицы описывают состояния свободного атома с электронной конфигурацией d^6.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таблица 4

Матрицы состояний конфигурации d^6 в кластерах и комплексах октаэдрической симметрии

Table 4

Matrix of d^6 configuration states in clusters and complexes of octahedral symmetry

^1E

$16Dq-9F_2+290F_4$	$6(F_2-5F_4)$,	$\sqrt{2}(2*(F_2-5F_4)+35*F_4)$	$-2(F_2-5F_4)$,	$-4(F_2-5F_4)$,
	$6Dq-6F_2+240F_4$	$-3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$,	$-12(F_2-5F_4)$,	0
		$-4Dq+5F_2+255F_4$	$10\sqrt{2}(F_2-5F_4)$,	$-10\sqrt{2}(F_2-5F_4)$,
			$-4Dq+6F_2+285F_4$	0
				$-4Dq-3F_2+225F_4$

$^3F_2$

$6Dq-9F_2+185F_4$	$-5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{6}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$-\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
	$6Dq-5F_2+235F_4$	$-3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$3(F_2-5F_4)$	$\sqrt{2}(3F_2+5F_4)$
		$-4Dq-13F_2+205F_4$	$-2\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$-6(F_2-5F_4)$
			$-4Dq-9F_2+185F_4$	$3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$
				$-14Dq-8F_2+215F_4$

$^1F_1$

$6Dq-3F_2+225F_4$	$5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$3(F_2-5F_4)$	$\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
	$6Dq-3F_2+295F_4$	$-5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{2}(F_2+30F_4)$
		$-4Dq-3F_2+225F_4$	$-\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
			$-14Dq-16F_2+325F_4$

^3E

$6Dq-13F_2+205F_4$	$-4(F_2-5F_4)$	0
	$6Dq-10F_2+190F_4$	$-3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$
		$-4Dq-11F_2+195F_4$

$^3A_2$

$6*Dq-12F_2+270F_4$	$6(F_2-5F_4)$
	$-4Dq-3F_2+225F_4$

$^3F_1$

$16Dq-15F_2+250F_4$	$-\sqrt{6}(F_2-5F_4)$	$-3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{2}(2F_2+25F_4)$	$-2\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	0	0
	$6Dq-11F_2+195F_4$	$5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$-\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$3(F_2-5F_4)$	$\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
		$6Dq-3F_2+225F_4$	$-3(F_2-5F_4)$	$-3(F_2-5F_4)$	$5\sqrt{3}(F2-5F4)$	$\sqrt{2}(F_2+30F_4)$
			$-4Dq-F_2+215F_4$	$-10(F_2-5F_4)$	0	$3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$
				$-4Dq-9F_2+185F_4$	$-2\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$
					$-4Dq-11F_2+195F_4$	$\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
						$-14Dq-16F_2+225F_4$

$^1F_2$

$16Dq-9F_2+290F_4$	$3\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$-5\sqrt{6}(F_2-5F_4)$	0	$-2\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{2}(2F_2+20F_4)$	0
	$6Dq-9F_2+255F_4$	$-5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$3(F_2-5F_4)$	$-3(F2-5F4)$	$-3(F_2-5F_4)$	$-\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
		$6Dq+3F_2+265F_4$	$-3\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$-5\sqrt{3}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{2}(3F_2+20F_4)$
			$-4Dq-9F_2+255F_4$	$-6(F_2-5F_4)$	0	$-3\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
				$-4Dq-3F_2+225F_4$	$-10(F_2-5F_4)$	$\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
					$-4Dq+5F_2+255F_4$	$\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
						$-14Dq+245F_4$

$^1A_1$

$16Dq+350F_4$	$-12\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	$\sqrt{2}(4F2+50F4)$	$2\sqrt{2}(F_2-5F_4)$	0
	$6Dq+210F_4$	$-12(F_2-5F_4)$	$-6(F_2-5F_4)$	0
		$-4Dq+14F_2+315F_4$	$20(F_2-5F_4)$	$\sqrt{6}(2F_2+20F_4)$
			$-4Dq-3F_2+225F_4$	$2\sqrt{6}(F_2-5F_4)$
				$-24Dq-16F_2+360F_4$

^5E $6Dq-21(F_2-5F_4)$
$^5F_2$ $-4Dq-21(F_2-5F_4)$
$^3A_1$ $6Dq-12F_2+80F_4$

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

На рисунке 7 представлены зависимости энергии уровней свободного атома конфигурации d^6 от значений относительного параметра $-1/10 < F_2/F_4 < 1/20$ и $Dq = 0$.

Основным состоянием для всех соотношений параметров F_2/F_4 является состояние ^5D, которое в октаэдрических структурах расщепляется на два уровня ^5E и $^5F_2$, имеющих одинаковую энергию при $Dq = 0$.

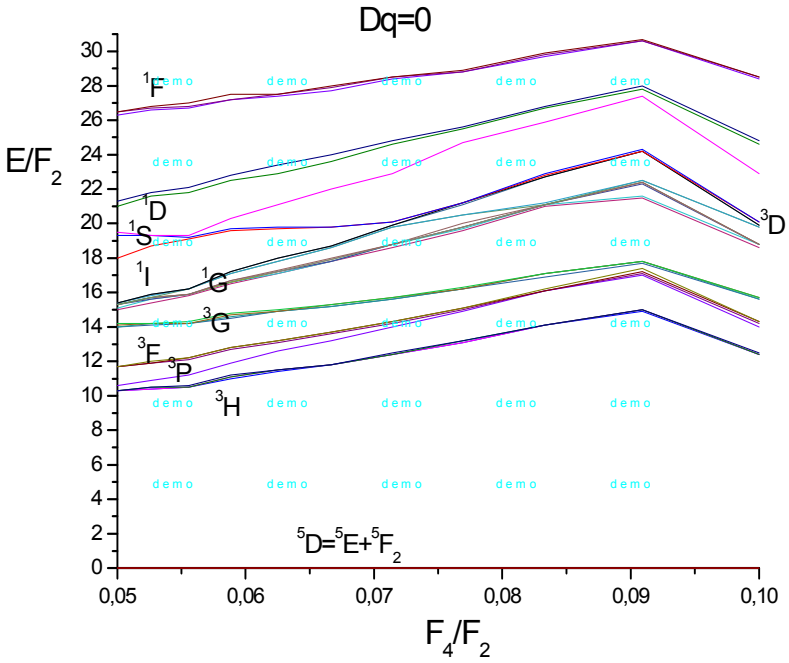


Рис. 7. Зависимость энергии уровней конфигурации d^6 от значений относительного параметра $-1/10<F_2/F_4<1/20$
Fig. 7. The relation of E/F_2 energy levels for d^6 configuration to relative parameter $-1/10<F_2/F_4<1/20$

На рисунках 8 и 9 представлена зависимость энергии E/F_2 уровней конфигурации d^6 от значений относительного параметра Dq/F_2 при $F_2/F_4 = 14$.

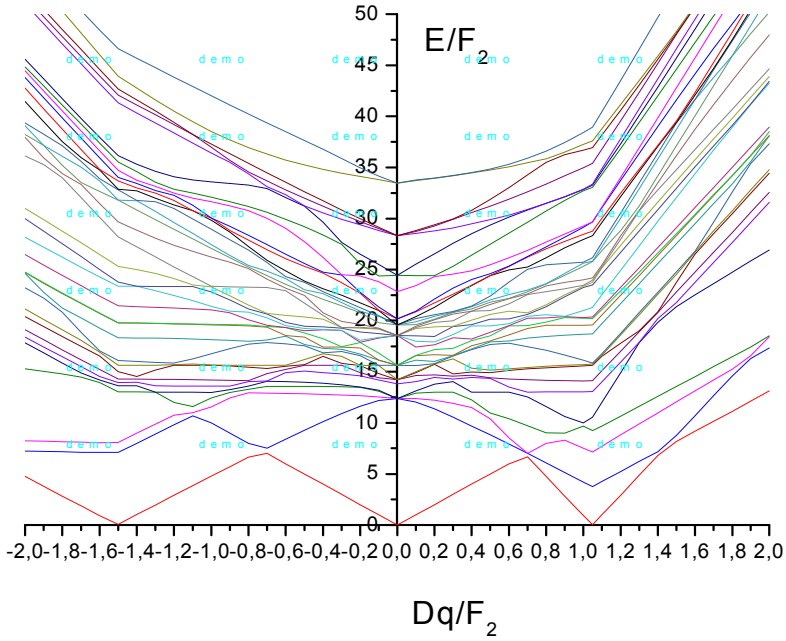


Рис. 8. Зависимость энергии E/F_2 уровней конфигурации d^6 от значений относительного параметра Dq/F_2 при F_2/F_4 =14
Fig. 8. The relation of E/F_2 energy levels for d^6 configuration to relative parameter Dq/F_2 for F_2/F_4 =14

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

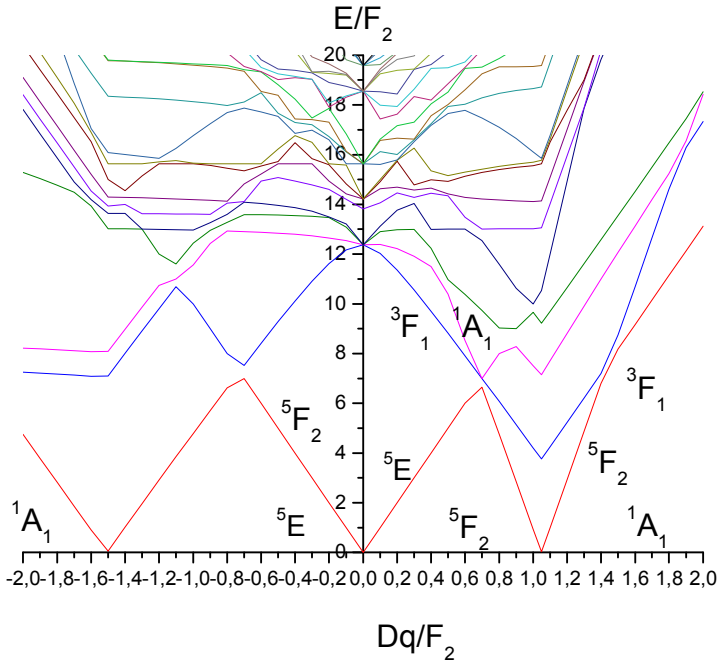


Рис. 9. Зависимость энергии E/F_2 нижних уровней конфигурации d^6 от значений относительного параметра Dq/F_2 при F_2/F_4 =14

Fig. 9. The relation of E/F_2 energy levels for d^6 configuration to relative parameter Dq/F_2 for F_2/F_4 =14

Идентификация уровней энергии конфигурации d^6 для положительно и отрицательно координированных систем проводится в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Идентификация уровней энергии конфигурации d^6 для положительно и отрицательно координированных систем

Table 5

Energy levels identification of d^6 configuration for positive and negative coordinated structures

продолжение таблицы

$Dq/F_2 = -1,54$			$Dq/F_2 = 1,2$		
E/F_2	S	Терм	E/F$_2$	S	Терм
0	2	^5E	0	0	$^1A_1$
0,1	1	$^3F_1$	2,9	2	$^5F_2$
7	0	$^1F_2$	5,3	1	$^3F_1$
7,8	0	^1E	8,7	1	$^3F_2$
13,3	1	^3E	10,8	0	$^1F_1$
13,8	0	$^1A_1$	15	2	^5E
13,8	1	$^3F_1$	16	1	$^3F_1$
14,6	1	$^3F_2$	17,1	1	$^3F_2$
15,6	2	$^5F_2$	18	0	$^1F_2$
15,9	1	$^3A_1$	18,5	1	$3E$
16,5	1	$^3A_2$	18,7	1	$^3F_1$
18,6	1	^3E	21,7	1	$^3F_2$
19,8	0	$^1F_2$	22,7	0	^1E
20,2	0	$^1A_2$	23,1	0	$^1F_2$
21,6	0	$^1F_1$	23,2	0	$^1A_1$
23,6	0	^1E	24,8	1	$^3A_2$
24	1	$^3F_1$	26,5	0	$^1F_1$
25,6	1	$^3F_2$	27,5	0	$^1A_2$
28,7	1	$^3F_1$	28	1	$^3F_1$
30,3	1	$^3F_2$	28,4	1	^3E
31,8	0	$^1A_1$	28,7	0	$^1F_2$

$Dq/F_2 = -1,54$			$Dq/F_2 = 1,2$		
32,3	1	^3E	30,1	1	$^3F_2$
33,2	1	$^3F_2$	30,5	1	$^3A_1$
33,3	0	$^1F_1$	32,1	1	$^3F_1$
33,9	0	$^1F_2$	32,5	0	^1E
34,5	0	$^1F_2$	33,7	0	$^1F_2$
35,4	0	^1E	34	1	^3E
36	1	$^3F_1$	36,9	0	^1E
36,7	0	$^1A_1$	37,6	0	$^1A_2$
41,6	0	$^1F_2$	37,8	0	$^1A_1$
42,6	0	$^1A_2$	39,4	0	$^1F_1$
43,5	0	$^1F_1$	40,5	1	$^3A_2$
44,6	1	$^3F_1$	41,3	0	$^1F_2$
47,1	1	$^3A_2$	43,4	1	$^3F_1$
50,7	0	^1E	44,9	1	$^3F_2$
51,2	1	$^3F_1$	45,4	0	$^1F_2$
53,3	0	$^1F_1$	48,5	1	$^3F_1$
54,6	1	$^3F_2$	51,3	0	$^1F_1$
58,4	0	$^1F_2$	52,5	0	$^1A_1$
63,4	0	$^1A_1$	54,6	0	^1E
65,4	0	$^1F_2$	56,4	0	^1E
66,1	0	^1E	64,6	0	$^1F_2$
82,6	0	$^1A_1$	78,6	0	$^1A_1$

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Методика определения параметра *Dq*

Параметр *Dq* в ионной модели диэлектрических кристаллов определяется по следующей формуле:

$$Dq = k\frac{Z_L r_{3d}^4}{R_{AL}^5}, \qquad (1)$$

где Z_L − заряд лигандов *B*; r_{3d}^4 − радиус 3*d* оболочки иона $3d^n$-конфигурации; R_{AL} − расстояние между атомами *A* и *L* = *B* в кристаллической решетке $A^{II}B^{VI}$ или $A^{III}B^{V}$; *k* − координационное число окружения иона, для тетераэдрического окружения иона *k* = 4.

В работе [8] на основании экспериментальных значений параметра *Dq* в материалах $A^{II}B^{VI}$ была определена зависимость заряда лигандов $Z_L = \frac{R_{AL}^5}{k\, r_{3d}^4} Dq$ от межионного расстояния. На основании этих вычислений по формуле (1) были рассчитаны значения параметров *Dq*, *B*, *C* для Fe с использованием радиуса оболочки Fe $r_{3d}(Fe^{2+})$ = 66 Пм. Они получены параметризацией зависимости, построенной нами в работах [8−10], и приведены в таблице 6.

Таблица 6

Спектроскопические параметры иона Fe^{2+} в полупроводниковых кристаллах ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe*

Table 6

Spectroscopic parameters of Fe^{2+} ion in ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe* semiconductive crystals

L (ligand)	R_{AL} (Zn−L) Пм	R_{AL} (Cd−L) Пм	*Dq* (ZnL) см$^{-1}$	*Dq* (CdL) см$^{-1}$	*B* (ZnL) см$^{-1}$	*B* (CdL) см$^{-1}$	*C* (ZnL) см$^{-1}$	*C* (CdL) см$^{-1}$	Z_L (ZnL)	Z_L (CdL)
O	204		337		700		3148		0,155	
S	233		306		597		2687		0,287	
Se	247		291		548		2465		0,358	
Te	266		270		481		2163		0,479	
O		221		319		640		2878		0,213
S		250		287		537		2417		0,342
Se		264		272		488		2195		0,437
Te		283		251		421		1893		0,600

* *R*(Zn-L), *R*(Cd-L) − сумма ковалентных радиусов цинка, кадмия и атомов лигандов *L*, *Dq*(ZnL), *Dq*(CdL) − параметр потенциала кристаллического поля кубической симметрии (см$^{-1}$); *B*(ZnL), *B*(CdL), *C*(ZnL), *C*(CdL) − параметры электростатического взаимодействия в соответствующих кристаллах; Z_L(Zn), Z_L(Cd) − числа лигандных зарядов.

Параметр электростатического взаимодействия *B* в ряду кристаллов незначительно уменьшается с увеличением межионного расстояния, поэтому в ряду кристаллов $A^{II}B^{VI}$ это уменьшение можно учесть, введя феноменологический коэффициент, который постоянен в этом ряду. Как следует из расчетов для свободного иона [12], второй параметр электростатического взаимодействия $C = 4{,}5 \cdot B$.

Параметр *Dq*, согласно формуле (1), должен быть пропорционален R_{AL}^{-5}. Отклонение от этой зависимости может означать, что заряд лигандов не является постоянной величиной и меняется в соответствии с изменением химической связи между ионом Co и лигандами, перекрытием волновых функций и примесью ковалентной связи. Доля ковалентной связи зависит от разности электроотрицательности иона кобальта и атомов лигандов. При уменьшении этой разности увеличивается доля ковалентной связи, и результирующий заряд лигандов уменьшается. Заряды лигандов, полученные в работе [8], также представлены в таблице 6.

Учитывая эту зависимость параметров *Dq*, *B* и *C* от R_{AL}, были определены значения *Dq* и рассчитаны спектральные характеристики иона железа для всего массива материалов.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Энергетические уровни Fe^{2+} в кристаллах соединений $A^{II}B^{VI}$

При расчете использовалась матрица всех взаимодействий электронной конфигурации d^6 210×210 с параметризацией *B*, *C*, *Dq* и 13-ю параметрами кристаллического поля низкой симметрии [6, 7]. В приводимых расчетах симметрия окружения иона кобальта в кристаллах $A^{II}B^{VI}$ тетраэдрическая, поэтому можно ограничиться одним параметром кристаллического поля *Dq*.

Авторами данной статьи были вычислены энергия уровней и сила осцилляторов переходов с $^5D_4$ уровней иона Fe^{2+} в CdO, CdS, CdSe, CdTe и ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe. Результаты этих расчетов приведены на рис. 10.

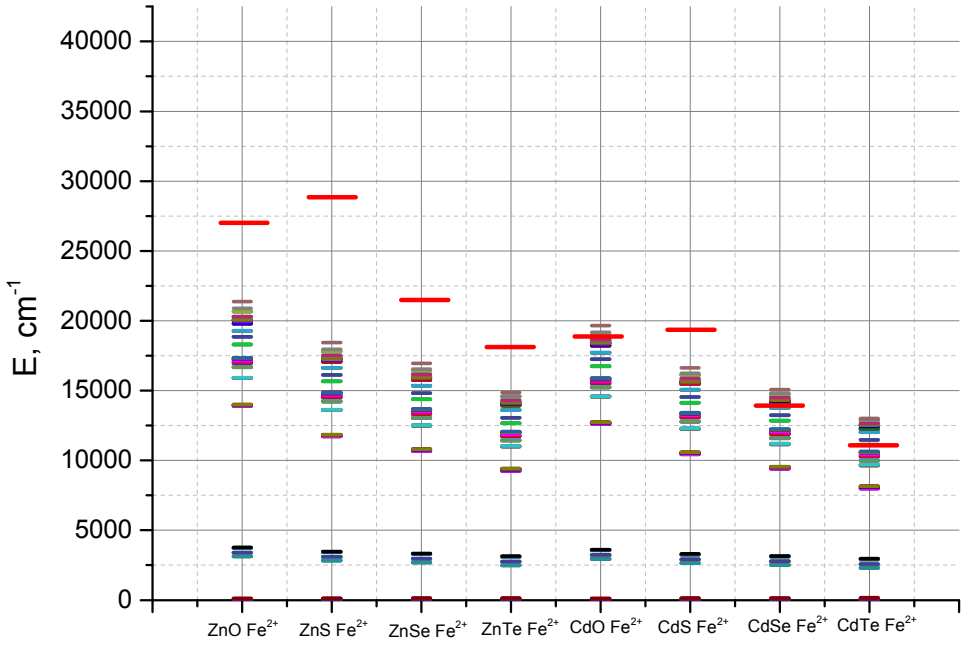


Рис. 10. Энергетические уровни $A^{II}B^{VI}$ соединений, легированных ионами Fe^{2+}, на примере ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe и CdTe

Fig. 10. Energy levels of $A^{II}B^{VI}$ materials doped with Fe^{2+} ions for example ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe and CdTe

Полученные при расчетах данные по полосам люминесценции совпадают с тремя основными полосами люминесценции ZnS и ZnSe, экспериментально измеренными в работе [3] в пределах погрешности. Кроме длин волн, рассчитаны силы осцилляторов переходов спектра люминесценции для каждого из этих материалов. В таблице 7 показаны силы осцилляторов при переходах из основного состояния с $^5D_4$ иона Fe^{2+} на все остальные для CdO, CdS, CdSe, CdTe соответственно. Важно, что рассчитываются не только энергии 90-та уровней, но и силы осцилляторов переходов электро-дипольного типа, индуцированные нечетным потенциалом кристаллического поля.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таблица 7

Энергия уровней и сила осцилляторов переходов с $^5D_4$ уровней иона Fe^{2+} в CdO, CdS, CdSe, CdTe

Table 7

Energy levels and oscillator strengths for transitions from $^5D_4$ energy levels of Fe^{2+} ion in CdO, CdS, CdSe and CdTe

	Состав	CdO		CdS		CdSe		CdTe	
№	Уровни	E, см$^{-1}$	$f(10^{-7})$	E, см$^{-1}$	$f(10^{-7})$	E, см$^{-1}$	$f(10^{-7})$	E, см$^{-1}$	$f(10^{-7})$
1	$^5D_4$	0	-	0	-	0	-	0	-
2		28	4,773636	30	5,416572	32	10,7561	34	33,25658
3		28	10,71957	30	28,13497	32	22,2507	34	9,818412
4		28	12,76896	30	8,611517	32	18,62565	34	26,67836
5		54	19,68547	59	24,73237	61	35,3589	65	47,18116
6		54	16,86143	59	29,06856	61	29,97768	65	39,75931
7		92	19,58177	102	51,01132	107	105,4696	116	34,75182
8		92	63,31965	102	74,27607	107	25,18232	116	66,87795
9		92	13,26055	102	20,27412	107	49,03738	116	144,1297
10	$^5D_3$	132	45,92268	147	70,57288	156	87,86193	171	122,0456
11		2953	594,2321	2646	643,9904	2502	2239,475	2302	1211,195
12		2953	1413,586	2646	1856,035	2502	1033,668	2302	893,4748
13		2953	750,4985	2646	928,7286	2502	552,9304	2302	2397,879
14		3211	1200,568	2906	612,2573	2764	915,6474	2567	1972,77
15		3211	534,9034	2906	915,3724	2764	837,0657	2567	873,2283
16		3211	519,2736	2906	1321,362	2764	1454,493	2567	981,7355
17	$^5D_2$	3232	327,1952	2928	455,8393	2786	517,7665	2589	588,1808
18		3232	355,1373	2928	423,4075	2786	482,9423	2589	626,5582
19		3555	596,8351	3248	730,8348	3105	804,0326	2905	1032,931
20		3555	542,3546	3248	748,2402	3105	776,4543	2905	933,3019
21		3555	578,1847	3248	687,5071	3105	859,4934	2905	952,8145
22	$^5D_1$	3583	619,6396	3278	438,3933	3135	587,7485	2937	490,3095
23		3583	296,6179	3278	908,1105	3135	831,0287	2937	638,1275
24		3583	415,1918	3278	334,7625	3135	477,1853	2937	1146,174
25	$^5D_0$	3611	131,7139	3306	177,3744	3163	206,8539	2964	261,2604
26	$^3H_6$	12619	9,104121	10453	7,7051	9407	8,895242	7985	7,931022
27		12619	2,689945	10453	4,308163	9407	5,478268	7985	18,46892
28		12619	3,979843	10453	13,8534	9407	19,14556	7985	23,29847
29		12684	8,220425	10540	10,24148	9500	13,3226	8088	19,85174
30		12696	6,209331	10540	14,8527	9500	19,05218	8088	27,7303
31		12696	9,208501	10545	13,77299	9517	18,07083	8122	27,25717
32		12730	8,18175	10588	13,12721	9557	13,78847	8158	25,89691
33		12730	8,090717	10588	16,68175	9557	26,10709	8158	24,95183
34		12730	9,170602	10588	12,78333	9557	15,94352	8158	33,26024
35		14552	2,589522	12253	4,978443	11148	8,134483	9638	8,753034
36		14552	3,261181	12253	5,864042	11148	5,58283	9638	14,02526
37		14552	3,160701	12253	4,949148	11148	7,966673	9638	13,99103
38		14583	4,847519	12296	6,644183	11198	12,36361	9706	12,94936
39		14583	2,699855	12296	8,252523	11198	6,009723	9706	8,637356
40	$^3H_5$	14583	3,806726	12296	3,860016	11198	6,050882	9706	14,89136
41		15238	7,804953	12779	5,643352	11598	19,07367	9990	17,74316
42		15238	4,045774	12779	7,733564	11598	12,75455	9990	11,90314
43		15238	4,641656	12779	15,59213	11598	7,370607	9990	32,24813
44		15246	3,588165	12794	6,062334	11617	7,980895	10020	12,15007
45		15246	4,894627	12794	8,148968	11618	10,70819	10020	16,2524

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Продолжение таблицы 7

46		15471	7,310581	13023	12,05568	11848	15,64165	10247	23,15741
47		15559	10,4151	13105	25,52487	11926	36,68404	10322	57,73507
48		15559	13,61225	13105	18,66622	11926	28,99194	10322	36,73398
49		15559	14,91057	13105	23,18839	11926	23,89204	10322	41,84413
50		15700	6,384205	13232	11,15186	12043	14,9274	10419	23,11424
51	$^3H_4$	15700	4,683194	13232	7,959506	12043	10,49533	10420	15,86235
52		15804	17,65464	13359	19,16583	12186	38,63395	10582	17,41573
53		15804	6,534343	13359	19,1269	12186	25,27757	10582	31,97917
54		15804	9,621925	13359	20,89165	12186	15,84903	10582	10,69445
55		15873	4,741551	13399	8,94423	12208	11,01781	10590	23,70768
56		15873	2,610968	13399	7,690903	12208	4,549989	10590	44,76168
57		15873	5,380067	13399	2,779331	12208	8,337869	10590	29,19598
58		15884	4,978877	13426	7,98891	12246	10,22173	10642	14,79302
59		16752	46,36286	14113	59,52444	12847	30,90029	11127	131,0564
60	$^3P_2$	16752	9,883543	14113	32,84118	12847	87,35846	11127	58,64588
61		16752	20,51894	14113	32,26768	12847	41,2361	11127	39,81141
62		17263	6,946567	14539	10,72399	13237	13,87215	11470	20,50806
63		17263	6,063877	14539	10,56883	13237	14,95381	11470	23,02983
64		17263	6,549667	14539	11,43522	13237	13,98703	11470	20,59309
65	$^3F_4$	17717	2,942673	15054	3,080148	13777	2,484663	12030	6,891724
66		17717	1,323423	15054	8,355794	13777	2,41279	12030	3,284952
67		17717	5,053829	15054	2,644959	13777	12,33274	12030	12,44502
68		17724	3,824119	15060	5,916174	13783	7,413403	12037	10,44432
69		17725	1,987595	15062	3,017407	13785	3,74962	12039	5,230008
70		18203	4,848155	15455	10,95932	14114	14,30636	12264	20,96593
71		18203	4,675882	15455	10,46493	14114	8,8264	12264	12,89708
72		18203	4,257111	15455	7,059171	14114	16,18479	12264	21,99082
73		18256	2,0556	15557	9,988889	14169	8,303712	12271	5,10969
74	$^3F_3$	18368	5,955189	15557	3,889307	14169	6,078109	12271	5,096686
75		18414	11,08068	15557	3,792109	14169	4,419385	12271	14,25463
76		18414	7,385111	15586	10,05954	14253	13,21208	12433	19,8921
77		18414	8,821985	15591	3,202263	14306	11,12677	12523	9,216916
78		18415	5,226274	15622	7,610059	14306	9,035977	12523	14,24649
79		18415	4,188622	15622	11,83503	14306	8,598142	12523	7,485684
80		18415	6,977801	15622	9,776656	14317	4,009539	12562	16,37633
81	$^3F_2$	18579	1,367232	15731	6,348357	14386	5,565228	12562	10,62223
82		18579	1,414494	15731	4,491086	14386	9,020207	12562	9,34662
83		18579	1,628179	15731	4,237845	14386	8,23134	12578	5,495583
84		18666	4,230479	15864	6,595782	14517	8,202332	12669	11,08509
85		18668	6,218433	15867	10,00551	14520	12,70982	12672	17,90159
86	$^3G_5$	18974	3,032429	16117	7,019331	14755	19,79172	12888	25,31471
87		18974	7,783318	16117	24,72726	14755	28,70144	12903	21,2346
88		18974	10,49955	16117	12,74317	14755	15,57951	12903	26,37933
89		19179	8,619405	16228	13,78662	14816	17,55964	12903	60,51524
90		19655	4,769195	16616	3,293996	15081	4,749253	13000	9,338828

Таким образом, основная цель проведенного аппроксимационного исследования – идентификация переходов и определение их энергии – достигнута. Длины волн люминесценции при переходах с ^5D_J уровней иона Fe^{2+} в диапазоне от 0 до 12 000 см$^{-1}$ приведены в нанометрах на рис. 11.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

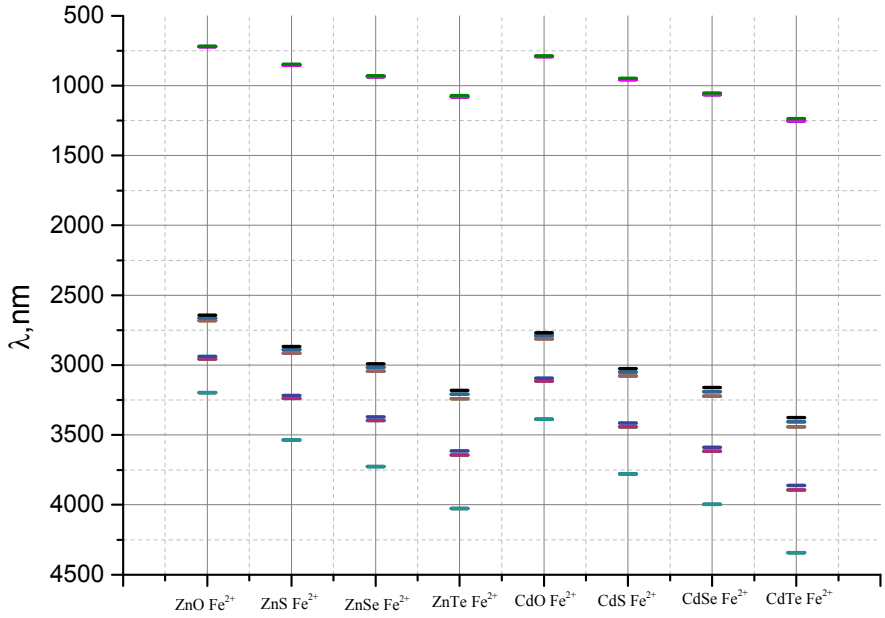


Рис. 11. Длины волн люминесценции переходов иона Fe^{2+} в кристаллах ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe
Fig. 11. The wave lengths of luminescence of Fe^{2+} ions transitions in ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe crystals

В ранних работах авторами данной статьи были проведены аналогичные расчеты для этого же набора кристаллов полупроводников $A^{II}B^{VI}$, но легированных ионами Co^{2+} и Ni^{2+}. На рисунках 12 и 13 приведены данные по нижним полосам массивов, легированных Co^{2+} и Ni^{2+} соответственно.

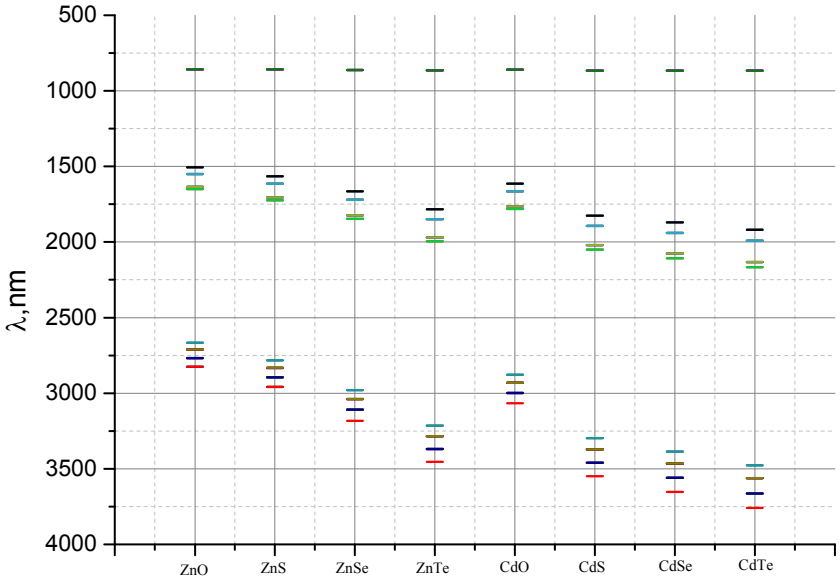


Рис. 12. Длины волн люминесценции переходов иона Co^{2+} в кристаллах ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe
Fig. 12. The wavelengths of luminescence of Co^{2+} ions transitions in ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe crystals

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

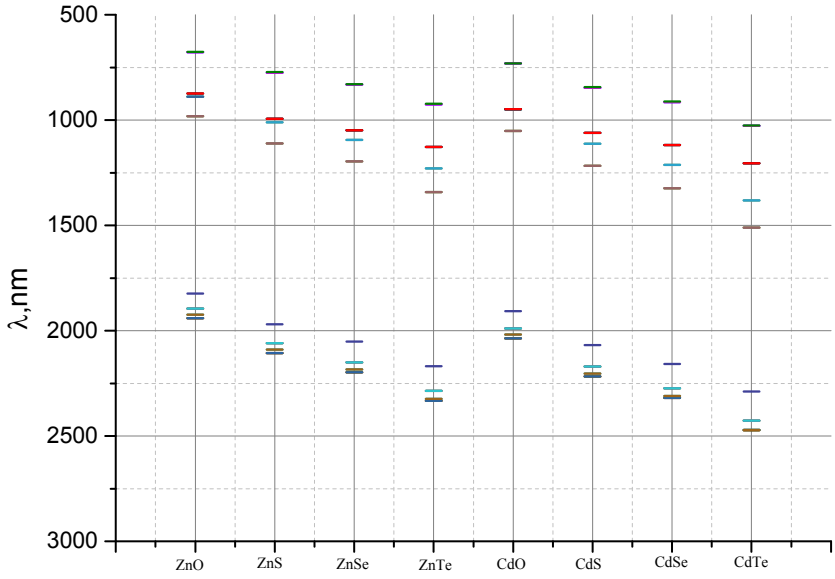


Рис. 13. Длины волн люминесценции переходов иона Ni^{2+} в кристаллах ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe
Fig. 13. The wavelengths of luminescence of Ni^{2+} ions transitions in ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe crystals

Заключение

В этой работе были определены длины волн люминесценции переходов ионов Co^{2+}, Ni^{2+} и Fe^{2+} в ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe. Согласно полученным авторами статьи данным, легированные никелем кристаллы полупроводника имеют наибольшее количество полос люминесценции из исследованных материалов. В частности, все соединения, кроме CdTe ZnSe ZnTe, имеют по четыре полосы в пределах от 1 900 до 2 100 нм. С другой стороны, среди $A^{II}B^{VI}$ полупроводников, легированных железом, только ZnO, ZnS, ZnSe, CdO, а также CdTe имеют полосы в пределах 1,3–3 мкм.

Расчетные значения спектральных областей люминесценции совпадают со значениями, полученными в выполненных ранее другими авторами экспериментальных исследованиях, что подтверждает правильность выбранного метода расчета.

Полученные результаты позволяют целенаправленно выбирать из всего рассчитанного массива переходов в материалах $A^{II}B^{VI}$, легированных Co^{2+}, Ni^{2+} и Fe^{2+}, наиболее подходящие из них для создания ИК лазеров с требуемыми значениями длины волны и спектральных характеристик излучения, перестраиваемых в широком диапазоне длин волн.

Список литературы

1. Гоголева Н.Г. Применение лазеров в науке, технике и медицине. Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007.

2. Baranowski J.M., Allen J.W., Pearson G.L. Crystal-field spectra of 3dn impurities in II-VI and III-V compound semiconductors // Physical Review. 1967. Vol. 160. P. 627–632.

3. DeLoach L.D., Page R.H., Wilke G.D., Payne S.A., Krupke W.F. Transition metal-doped zinc chalcogenides: spectroscopy and laser demonstration of a new class of gain media // IEEE J. Quantum Electron. 1996. Vol. 32. P. 885–895.

4. Кустов Е.Ф. Орбитальная система структур наноразмерной дисперсности. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2013. № 1. С. 92–124.

5. Kustov E.F., Novotortsev V.M., Kustov M.E. Orbital Structure of Vibrations of Nanoparticles, Clusters, and Coordination Polyhedra // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2013. Vol. 58, No. 14. P. 1624–1646.

6. Кустов Е.Ф., Басиева И.Т. Матрицы энергии и сил осцилляторов электро-дипольных переходов в ионах 3dn(n = 2,3,4,6,7,8) конфигураций (Cr^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}) в кристаллических полях любой симметрии. Реестр базы данных № 2012621086 от

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

19.10.2012 [Электронный ресурс]: http://www1.fips.ru

7. Кустов Е.Ф., Басиева И.Т. Расчет оптических спектров ионов Cr^{2+}, Cr^{3+}, Cr^{4+}, Co^{2+}, Co^{3+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}) в полупроводниках $A^{II}B^{VI}$, $A^{III}B^{V}$. Реестр программ для ЭВМ № 2012619507 от 19.10.2012. [Электронный ресурс]: http://www1.fips.ru

8. Курчатов И.С., Бундюк А.В., Басиева И.Т., Кустов Д.М. Исследование материалов для ИК лазеров на основе полупроводников $A^{II}B^{VI}$ и $A^{III}B^{V}$ легированных ионами Co^{2+}// Вестник СГТУ. 2014. № 2. С. 35–42.

9. Кустов Д.М., Бундюк А.В., Гончаров Е.О., Курчатов И.С. ИК лазеры на полупроводниках $A^{II}B^{VI}$ и $A^{III}B^{V}$ с ионами Co^{2+}// Известия Академии инженерных наук им. Прохорова. 2014. № 2. С. 49–52.

10. Курчатов И.С., Кустов Д.М. Исследование материалов для ИК лазеров на основе полупроводников $A^{II}B^{VI}$ легированных ионами Ni^{2+}// Вестник СГТУ. 2015. № 2. С. 32–38.

11. Dreyhsig J., Litzenburger B. Nature of optical transitions in the charge-transfer region of ZnS:Co and ZnSe:Co // Phys. Rev. B. 1996. Vol. 54. P. 10516–10524.

12. Кустов Е.Ф., Новоторцев В.М. Магнетохимия молекулярных структур. Москва: URSS Crosand, 2014.

References

1. Gogoleva N.G. Primenenie lazerov v nauke, tehnike i medicine. SPbGÈTU «LÈTI» Publ., 2007 (in Russ.).

2. Baranowski J.M., Allen J.W., Pearson G.L. Crystal-field spectra of 3dn impurities in II-VI and III-V compound semiconductors. *Physical Review*, 1967, vol. 160, pp. 627–632 (in Eng.).

3. DeLoach L.D., Page R.H., Wilke G.D., Payne S.A., Krupke W.F. Transition metal-doped zinc chalcogenides: spectroscopy and laser demonstration of a new class of gain media. *IEEE J. Quantum Electron*, 1996, vol. 32, pp. 885–895 (in Eng.).

4. Kustov E.F. Orbital'naâ sistema struktur nanorazmernoj dispersnosti. *Izvestiâ akademii inženernyh nauk im. A.M. Prohorova*, 2013, no. 1, pp. 92–124 (in Russ.).

5. Kustov E.F., Novotortsev V.M., Kustov M.E. Orbital Structure of Vibrations of Nanoparticles, Clusters, and Coordination Polyhedra. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2013, vol. 58, no. 14, pp. 1624–1646 (in Eng.).

6. Kustov E.F., Basieva I.T. Matricy ènergii i sil oscillâtorov èlektro-dipol'nyh perehodov v ionah 3dn(n=2,3,4,6,7,8) konfiguracij (Cr^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}) v kristalličeskih polâh lûboj simmetrii. Reestr bazy dannyh no. 2012621086 ot 19.10.2012. Available at: http://www1.fips.ru (in Russ.).

7. Kustov E.F., Basieva I.T. Rasčet optičeskih spektrov ionov Cr^{2+}, Cr^{3+}, Cr^{4+}, Co^{2+}, Co^{3+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}) v poluprovodnikah $A^{II}B^{VI}$, $A^{III}B^{V}$. Reestr programm dlâ ÈVM no. 2012619507 ot 19.10.2012. Available at: http://www1.fips.ru (in Russ.).

8. Kurchatov I.S., Bundyuk A.V., Basieva I.T., Kustov D.M. Issledovanie materialov dlâ IK lazerov na osnove poluprovodnikov $A^{II}B^{VI}$ i $A^{III}B^{V}$ legirovannyh ionami Co^{2+}. *Vestnik CGTU*, 2014, no. 2, pp. 35–42 (in Russ.).

9. Kustov D.M., Bundyuk A.V., Goncharov E.O., Kurchatov I.S. IK lazery na poluprovodnikah $A^{II}BV^{I}$ i $A^{III}B^{V}$ s ionami Co^{2+}. *Izvestiâ Akademii inženernyh nauk im. Prohorova*, 2014, no. 2, pp. 49–52 (in Russ.).

10. Kurchatov I.S., Kustov D.M. Issledovanie materialov dlja IK lazerov na osnove poluprovodnikov $A^{II}B^{VI}$ legirovannyh ionami Ni^{2+} // *Vestnik CGTU*. 2015. no 2, pp. 32–38 (in Russ.).

11. Dreyhsig J., Litzenburger B. Nature of optical transitions in the charge-transfer region of ZnS:Co and ZnSe:Co. *Phys. Rev. B*, 1996, vol. 54, pp. 10516–10524 (in Eng.).

12. Kustov E.F., Novotorcev V.M. Magnetohimiâ molekulârnyh struktur. Moscow: URSS Crosand Publ., 2014 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Статья поступила в редакцию 30.04.15. Ред. рег. № 2251 The article has entered in publishing office 30.04.15. Ed. reg. No. 2251

УДК 621.311:620.92 (575.2) (04)

ГИБРИДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С КОГЕНЕРАЦИЕЙ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Е.В. Коваленко, М.Г. Тягунов

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
РФ 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14
тел.: (495) 362-75-60, (495) 362-89-38; e-mail: universe@mpei.ac.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.015

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

В статье рассматриваются вопросы использования гибридных энергетических комплексов (ГЭК) в изолированных энергетических системах, в том числе на примере Тюменской области. Определяется структура энергокомплекса и его оптимизация. Отмечено, что изменение состава ГЭК путем ввода аккумуляторов электрической энергии и тепла, позволяет повысить надежность тепло- и электроснабжения потребителей, а также сократить установленную мощность гарантирующего источника энергоснабжения. Планируется рассмотреть возможность использования в качестве гарантированного источника энергоснабжения генерирующие установки, работающие от местных видов топлива, такие как котельные на твёрдом топливе (пеллеты, щепа).

Ключевые слова: гибридные энергетические комплексы, когенерация, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, использование накопителей.

HYBRID COGENERATION POWER COMPLEXES IN INSULATED ENERGETIC SYSTEMS

E.V. Kovalenko, M.G. Tyagunov

[1]National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: (495) 362-75-60, (495) 362-89-38; e-mail: universe@mpei.ac.ru

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

The article considers the using of hybrid power complexes in insulated energetic systems of the Tyumen region. Moreover the article determines the power complex structure and its optimization. It is noted that the change in the composition of HES by entering into its structure electric power battery and heat battery can increase the reliability of heat and electricity consumers, and also to reduce the installed capacity of guaranteeing power supply. It is planned to consider the possibility of use a guaranteed source of power generating plants operating on local fuels, such as solid fuel boilers (pellets, wood chips).

Keywords: hybrid power systems, cogeneration, alternative and renewable sources of energy, using of energy battery.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Коваленко Елена Владимировна
Elena V. Kovalenko

Сведения об авторе: магистр, консультант, Министерство энергетики Московской области.
Образование: ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».
Область научных интересов: нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.
Публикации: 4.

Information about the author: MSc, Consultant, Department of Energy Moscow region.
Education: MPEI.
Research area: alternative and renewable sources of energy.
Publications: 4.



Михаил Георгиевич Тягунов
Mihail G. Tyagunov

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии», ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».
Образование: «Московский Энергетический Институт» (1970).
Область научных интересов: системный анализ процессов и систем управления энергетическими объектами.
Публикации: более 98, 3 авторских свидетельства.

Information about the author: DSc (engineering), professor of the "Hydropower and Renewable Energy" department, National Research University MPEI.
Education: Moscow Power Engineering Institute (1970).
Research area: system analysis of processes and management systems of energy facilities.
Publications: more than 98, 3 author's certificates.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Современные энергетические системы – это две частично связанные системы электроснабжения и теплоснабжения потребителей различных видов энергии.

Каждая из систем обычно рассматривается в отдельности, кроме объектов когенерации. Давно известны достоинства тепловых электроцентралей – когенерационных объектов, предназначенных для работы по графику теплоснабжения и производства электроэнергии в зависимом от теплоснабжения режиме. Известна и аналогичная работа гидроэлектрических станций, играющих роль регуляторов стока реки, объектов водоснабжения сельского хозяйства, населения и промышленности, включая речной транспорт.

Опыт показал эффективность теплоэлектроцентралей, у которых коэффициент использования первичной энергии (энергетического ресурса) существенно выше, чем у аналогичных конденсационных электростанций, ориентированных только на выработку электрической энергии [1, 2].

Учитывая вышеизложенное, важным вопросом является развитие и эксплуатация систем электро- и теплоснабжения. Электрические и тепловые сети имеют разных собственников, их эксплуатацией занимаются различные компании, каждая из которых планирует свою деятельность независимо друг от друга.

Постановка вопроса

Достоинством когенерационных установок считается то, что они относятся к объектам малой энергетики и располагаются в непосредственной близости к потребителям, т.е. имеют сравнительно короткие линии электропередачи и теплотрассы. Однако под когенерационными объектами обычно понимают только тепловые электрические станции [3]: мини-ТЭЦ и котельные, реконструируемые в ТЭЦ. Значительно реже рассматриваются варианты когенерационных установок, которые в качестве основного продукта производят электрическую энергию, а тепло генерируют путем вторичного преобразования электроэнергии (электрические бойлеры и др.). Но именно такой способ когенерации особенно актуален для повышения эффективности использования установок на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), для которых тепловые аккумуляторы системы теплоснабжения являются важным технологическим элементом повышения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ). Такие установки называют гибридными энергетическими комплексами.

Гибридный энергетический комплекс (ГЭК) – техническая система, объединяющая в рамках единого технологического процесса генераторы электрической, тепловой и др. видов энергии различных типов, аккумуляторы энергии, средства коммутации и передачи энергии, а также активных потребителей [4].

Цели и контрольные цифры развития возобновляемой энергетики и систем теплоснабжения России определены Энергетической стратегией до 2030 года. В частности, в ней по направлению «Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива» указываются следующие стратегические ориентиры:

– развитие технологий использования ВИЭ, а также многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергообеспечения потребителей в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения;

– освоение эффективных технологий сетевого электро- и теплоснабжения на базе ВИЭ;

– отработка технологий комбинированного использования ВИЭ, а также технологий компенсации неравномерности выдачи мощности генерирующими объектами на основе энергии ветра и приливов.

При этом должны быть обеспечены:

– снижение темпов роста антропогенной нагрузки на окружающую среду и противодействие изменению климатическим изменениям при необходимости удовлетворения растущего потребления энергии;

– снижение темпов роста затрат на распределение и транспортировку электрической энергии и топлива и возникающих при этом потерь;

– вовлечение в топливно-энергетический баланс дополнительных топливно-энергетических ресурсов;

– повышение уровня энергетической безопасности и надежности энергоснабжения за счет увеличения уровня его децентрализации.

Для этого планируется довести к 2030 г. выработку электроэнергии с помощью установок на основе ВИЭ до 80–100 млрд кВт·ч.

Стратегическими целями развития теплоснабжения являются:

– кардинальное повышение технического уровня систем теплоснабжения на основе инновационных, высокоэффективных технологий и оборудования;

– сокращение непроизводительных потерь тепла и расходов топлива;

– обеспечение управляемости, надежности, безопасности и экономичности теплоснабжения;

– снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Таким образом, можно говорить о совместном решении задач развития электро- и теплоснабжения с использованием ВИЭ, особенно в регионах, не подключенных к системам централизованного энергоснабжения.

Для того чтобы решить поставленные Энергетической стратегией задачи, децентрализованной энергетике России требуются четкие и общие для всей страны термины, регламенты, стандарты, технические условия и законодательные акты, которые при этом не будут идти вразрез с мировой практикой. Необходимо создать типовые, доступные энергокомплексы с оптимальной структурой и параметрами для различных типов потребителей.

Здания для коммунально-бытовых и технологических нужд снабжаются теплом в основном централизованно. Опыт эксплуатации тепловых сетей централизованного теплоснабжения показывает, что тепло иногда не доходит даже до половины потребителей, а эксплуатация и ремонт тепловых сетей с каждым годом обходится всё дороже [5].

В ходе испытаний выявлено 3 повреждения в магистральных и около 30-ти в разводящих сетях. Следует отметить, что некоторые участки в это время отключались, так как заранее было известно, что они не выдержат испытательных нагрузок. Износ тепловых сетей по отдельным муниципальным образованиям и поселениям составляет от 30 до 87 % [6], значит, тепловые сети и центральные муниципальные котельные нуждаются в реконструкции и замене или переводе на децентрализованную схему энергоснабжения с использованием как альтернативных, так и традиционных видов топлива. Например, в Тюменской области, которая располагает значительными запасами неиспользуемых древесных ресурсов (санитарная рубка леса, значительный запас отходов – щепы и опила), уже рассмотрели программу замены устаревших котельных (угольных и мазутных) на работающие на отходах деревообработки [7].

Это подтверждается, в частности, испытаниями тепловых сетей Тюмени, которые проводились в мае 2013 г. [8]

Одним из способов повышения надёжности теплоснабжения может стать создание запаса тепла в тепловых аккумуляторах. Последние потребляют энергию от внешнего источника в период, когда имеется её избыток, и отдают потребителю по мере возникновения спроса. Возобновление запаса тепловых аккумуляторов производится в часы избытка произведённой энергии ГЭК.

Кроме того, при недостаточной ёмкости аккумуляторов для обеспечения надёжного энергоснабжения потребителей существует возможность использования в ГЭК на основе ВИЭ дизельных электростанций (ДГУ), а также станций на местных ископаемых источниках энергии.

Важно и то, что тепловые аккумуляторы – не менее эффективный потребитель-регулятор нагрузки, который можно размещать как вблизи генерирующих источников, так и рядом с потребителями, создавая этим децентрализованную систему. При этом индивидуальное регулирование параметров отопления позволяет экономить энергоресурсы, в том числе за счёт регулирования температуры внутри помещений.

Аргументами в пользу децентрализованной системы теплоснабжения, в том числена основе электрических нагревательных установок, являются возможности использования когенерации, отказа от дорогостоящей прокладки и эксплуатации теплотрасс ввиду расположения генераторов тепла вблизи потребителей и др.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Эффективность теплоснабжения ГЭК с накопителями тепловой энергии оценивалась для объектов на территории Тюменской области. При этом учитывалась дифференциация потребителей энергии по типам: потребители энергии (ПЭ), потребители гарантированного энергоснабжения (ПГЭ), а также потребители-регуляторы [4]. Они могут потреблять тепловую и электрическую энергию ВИЭ в момент её прихода и накапливать в аккумуляторах. Вариантов технических решений аккумуляторов, используемых в ГЭК, множество: от электрохимических аккумуляторных батарей, до систем тепло- и хладоснабжения, оборудованных баками-аккумуляторами тепла (холода), и систем водоснабжения с гидравлическими аккумуляторами.

Эффективность использования ГЭК возрастает по мере того, как его потребляющая часть становится менее требовательной к бесперебойности электроснабжения, т.е. при снижении требований потребителя к бесперебойности электроснабжения появляется возможность более широкого использования ВИЭ, что приводит не только к снижению топливных затрат, но и установленной мощности ДГУ. При этом увеличивается доля свободной мощности, вырабатываемой установками на основе ВИЭ, которая может быть использована для работы потребителя-регулятора, а оптимизация структуры потребителей ГЭК позволяет снизить затраты на дизельное топливо.

Определение параметров ГЭК

Определение параметров ГЭК происходит по следующей схеме (рис. 1):

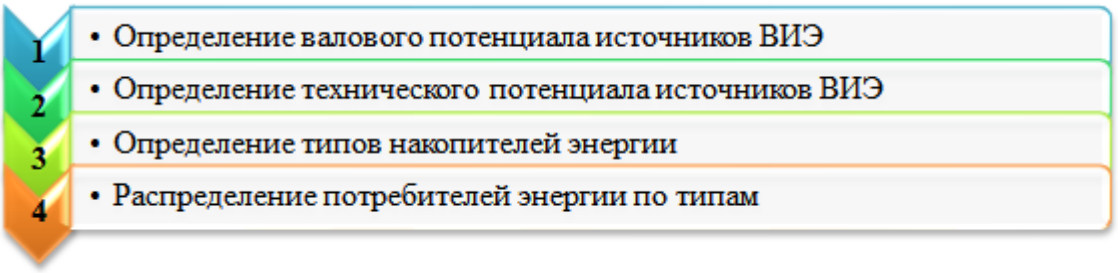


Рис. 1. Схема моделирования состава ГЭК
Fig. 1. Simulation circuit of the hybrid energy systems

В качестве расчетной точки выбран город Тюмень, квартал типовой застройки из 20-ти жилых домов, 2-х детских садов и 2-х школ. Общая площадь квартала составляет 400 000 м^2, площадь застройки 28 500 м^2, площадь улиц1 00 000 м^2, зона, свободная от застройки, 271 500 м^2.

При расчете учитывалось, что все жилые дома – типовые 12-ти этажные 2-х подъездные здания (20 шт.); отапливаемый объем одного дома $V_{от} = 17\ 000$ м^3. Жилые дома соответствуют нормальному классу энергоэффективности с удельной тепловой характеристикой $q_{от} =$ 0,290 м^3/°С·сут. Расчетная температура в жилых домах принята равной 20 °С; градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) составляют 6 100 °С·сут [8]. Таким образом, количество тепловой энергии, требуемое для отопления двадцати жилых домов за отопительный период, составляет:

$$Q_{от} = n \cdot 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от} = 20 \cdot 0,024 \cdot 6100 \times \times 17\,000 \cdot 0,290 = 14\,435\,040\ (кВт \cdot ч),$$

где n – количество жилых домов; 0,024 – коэффициент приведения результата к заданной размерности $(кВт \cdot ч)$.

В состав квартала типовой застройки, как уже было сказано, входят 2 детских сада и 2 школы. Количество тепловой энергии, требуемое для отопления объектов социальной сферы, за год составляет:

$$Q_{от} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot \sum_i (n_i \cdot V_{от \cdot i} \cdot q_{от \cdot i}) = 0,024 \cdot 6100 \times \times (2 \cdot 5\,000 \cdot 0,520 + 2 \cdot 7\,000 \cdot 0,440) = 1\,663\,104\ (кВт \cdot ч),$$

где i – тип объекта социальной сферы; n_i – количество объектов одного типа; $V_{от \cdot i}$ – отапливаемый объем одного дома (м^3); $q_{от \cdot i}$ – удельная тепловая характеристика (м^3/°С·сут).

Общая нагрузка системы теплоснабжения

$$Q_{от}^{сумм} = Q_{от.1} + Q_{от.2} = 16\,098\,144\ (кВт \cdot ч).$$

Энергопотребление системы уличного освещения $Э_{ул}$, бытового электропотребления многоквартирных жилых домов (МКД), потребления в муниципальных учреждениях $Э_{муниц}$, а также потребление $Э_{коммун}$ коммунальных систем (расход электроэнергии на работу систем тепло- и водоснабжения) составляет:

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

$$Э^{сумм} = Э_{ул} + Э_{МКД} + Э_{муниц} + Э_{коммун} = Э_{уд.ул} \cdot F_{ул} + Э_{уд.МКД} \cdot F_{МКД} + Э_{уд.муниц} \cdot F_{муниц} + Э_{уд.коммун} \cdot F_{сумм} = 1,7 \cdot 100\,000 +$$
$$+50 \cdot 1\,300 \cdot 20 + 35 \cdot 2\,500 + 1,8 \cdot 28\,500 = 1\,608\,800\ (кВт \cdot ч),$$

где $Э_{уд.ул}$ = 1,7кВт·ч/м^2 – удельный расход электроэнергии в системе уличного освещения [9]; $Э_{уд.МКД}$ = 50 кВт·ч/м^2 – удельный расход электроэнергии в МКД [10]; $Э_{уд.муниц}$ = 35 кВт·ч/м^2 – удельный расход электроэнергии в муниципальных учреждениях [9]; $Э_{уд.коммун}$ = 1,8 кВт·ч/м^2 – удельный расход электроэнергии в коммунальных системах [9]; $F_{ул}, F_{МКД}, F_{муниц}, F_{сумм}$ – площадь соответствующих помещений и территорий.

Для проведения расчетов было принято, что система отопления относится к потребителям энергии с допустимым перерывом питания до 24 часов, поэтому в ней необходимо предусмотреть накопитель тепловой энергии, который должен обеспечивать надежность работы системы теплоснабжения рассматриваемого жилого квартала в течение суток.

Почасовое потребление электрической энергии для 4-х сезонов года, а также годовой график среднемесячного потребления тепловой энергии представлены на рисунках 2–5.

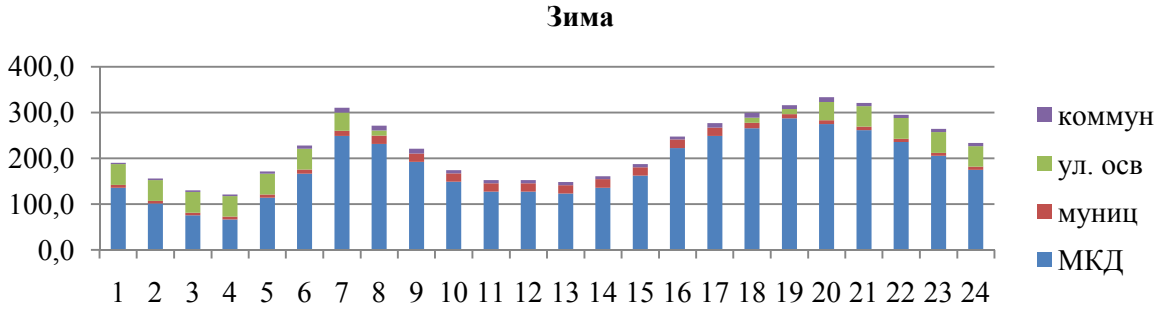


Рис. 2. График среднечасового потребления системы электроснабжения для зимнего периода, кВт·ч
Fig. 2. Diagram of the average hourly consumption of electricity for the winter period, kWh

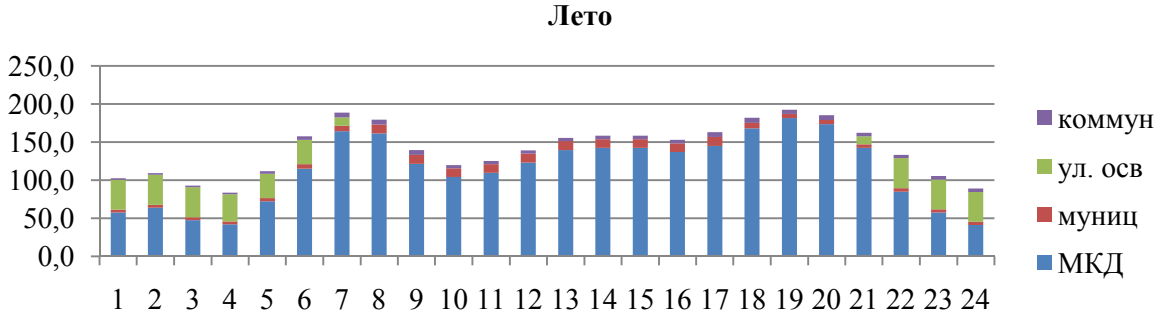


Рис. 3. График среднечасового потребления системы электроснабжения для летнего периода, кВт·ч
Fig. 3. Diagram of the average hourly consumption of electricity for the summer period, kWh

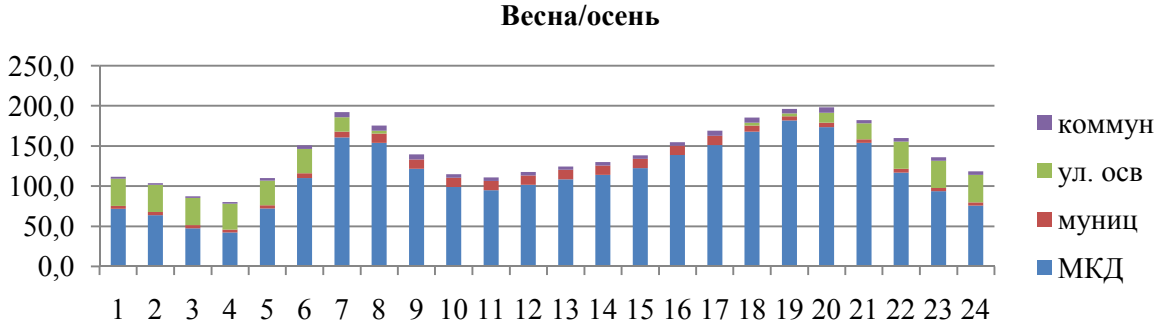


Рис. 4. График среднечасового потребления системы электроснабжения для переходного весеннего/осеннего периода, кВт·ч
Fig. 4. Diagram of the average hourly consumption of the power supply system for a transitional spring / autumn period, kWh

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

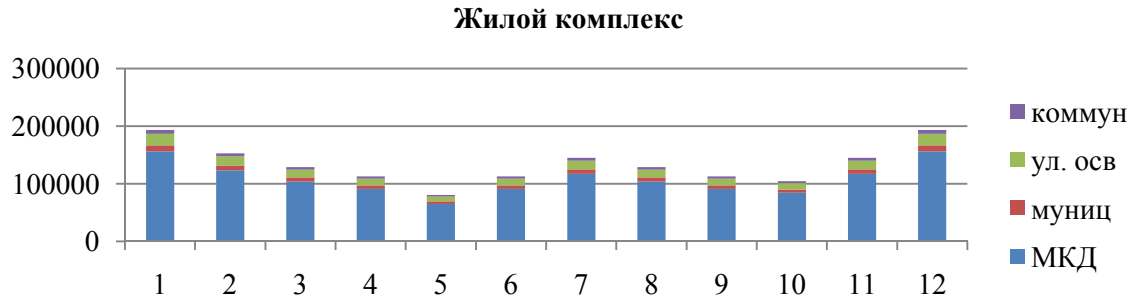


Рис. 5. График среднемесячного потребления системы электроснабжения, кВт·ч
Fig. 5. Diagram of the average monthly consumption of electricity, kWh

Максимальное часовое потребление системы электроснабжения составляет 333,3 кВт·ч (рис. 3, значение для 20:00), соответственно, если электроснабжение осуществляется от ДГУ, то максимальная рабочая мощность (без резервирования) 350 кВт. Поскольку минимальное часовое потребление системы электроснабжения 80,1 кВт·ч (рис. 5, значение для 04:00), дизельная установка будет состоять из 5-ти ДГУ мощностью по 70 кВт для обеспечения максимального диапазона регулирования нагрузки 30–100 %.

Суточные и годовой графики потребления систем теплоснабжения и горячего водоснабжения представлены на рис. 6–9.

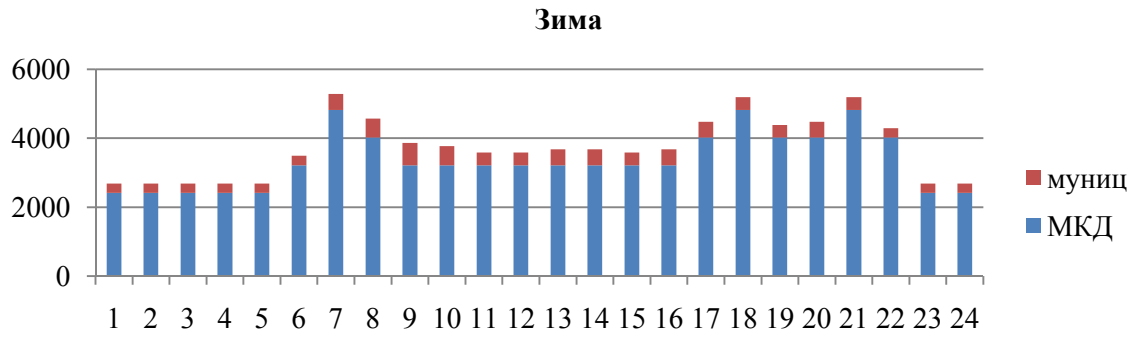


Рис. 6. График среднечасового потребления системы теплоснабжения и горячего водоснабжения для зимнего периода, кВт·ч
Fig. 6. Diagram of the average hourly consumption of heat and hot water for the winter period, kWh

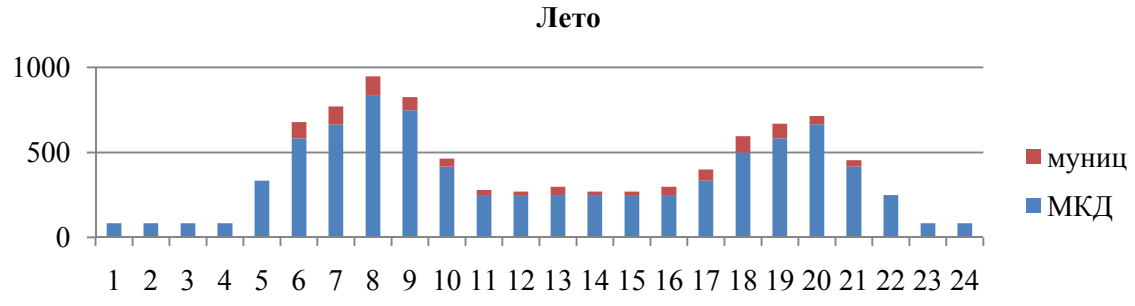


Рис. 7. График среднечасового потребления системы теплоснабжения и горячего водоснабжения для летнего периода, кВт·ч
Fig. 7. Diagram of the average hourly consumption of heat and hot water for the summer period, kWh

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

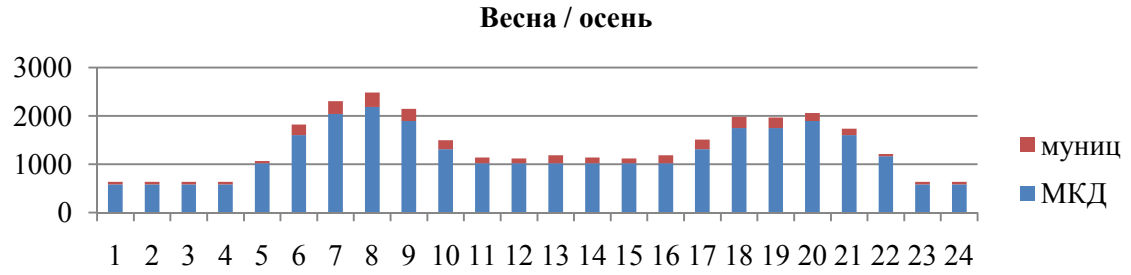


Рис. 8. График среднечасового потребления системы теплоснабжения и горячего водоснабжения для переходного весеннего/осеннего периода, кВт·ч
Fig. 8. Diagram of the average hourly consumption of heat and hot water for the transition of the spring / autumn period, kWh

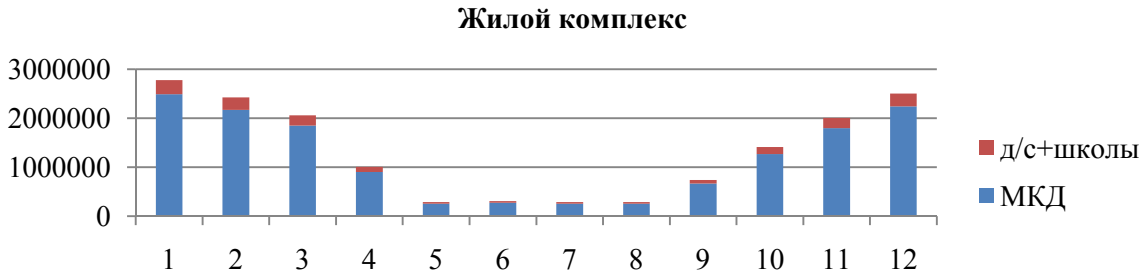


Рис. 9. Графиксреднемесячноймощностипотреблениясистемтеплоснабженияигорячеговодоснабжения, кВт·ч
Fig. 9. Diagram of the average power consumption of heating systems and hot water, kWh



Рис. 10.График максимального суммарного часового потребления системы теплоснабжения, кВт·ч
Fig. 10. Diagram of the maximum total hourly consumption of heating, kWh

Из графика, представленного на рис. 10, видно, что максимальный часовой расход энергии на отопление составляет 3,8 МВт·ч, а минимальный часовой расход системы теплоснабжения 0,390 МВт·ч. Для обеспечения надежной работы систем теплоснабжения жилого комплекса по критерию минимизации расхода топлива (работа ДГУ при максимальном КПД) выбран вариант с установкой 3-х котлов на дизельном топливе, мощностью 1 000 кВт, а также двух котлов, мощностью 400 кВт (для работы на систему горячего водоснабжения). Таким образом, мощность ДГУ для теплоснабжения и горячего водоснабжения составит 3,8 МВт, а общая мощность ДГУ, обеспечивающая гарантированное электро- и теплоснабжение, 4,15 МВт.

Для того чтобы оценить эффективность использования энергокомплекса с ВИЭ и аккумуляторами в целях энергообеспечения рассматриваемого объекта, необходимо определить структуру и оптимальный состав данного энергокомплекса по следующей схеме:

1. Определить в расчетной точке технический потенциал энергоресурсов для всех возможных вариантов оборудования.
2. Определить состав потребителей изолированной энергосистемы.
3. Произвести расчеты режима работы ГЭК для разных составов генерирующего оборудования.
4. Провести анализ различных вариантов конфигурации ГЭК, сопоставить их по выбранным критериям эффективности (надежность энергоснабжения, экономичность – снижение потребления топлива, снижение установленной гарантирующей мощности ДГУ).
5. Произвести оценку оптимального состава генерирующего оборудования.

Кроме того, разработать предложения по развитию потребителей и генерирующего оборудования в изолированной энергосистеме.

В состав ГЭК энергоснабжения жилого комплекса, рассмотренного выше, входят: гарантированный источник энергоснабжения – дизель-генераторная установка (ДГУ), а также ветроустановки, солнечные фото-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

электрические установки и малые ГЭС, аккумуляторы тепла и электроэнергии, потребители различных типов.

Были проанализированы имеющиеся ресурсы ВИЭ в месте расположения потребителя, затем произведена оптимизация состава установок и их параметров по критерию максимального использования установленной мощности ВИЭ, и, соответственно, доли замещения установленной мощности резервирующей ДГУ при условии выполнения баланса среднесуточной мощности с учетом того, что в составе ГЭК рассмотрен вариант использования накопителей тепловой и электрической энергии.

Тюменская область отличается большим потенциалом ВИЭ. Так, здесь в течение года практически постоянная среднемесячная скорость ветра с мало изменяющейся повторяемостью. Ниже представлены диаграммы среднемесячной скорости ветра, а также график повторяемости скорости ветра для г. Тюмень (зависимость частоты появления скорости v (м/с) в течение года $t_v(v)$ в часах или относительных единицах) (рис. 11–13).

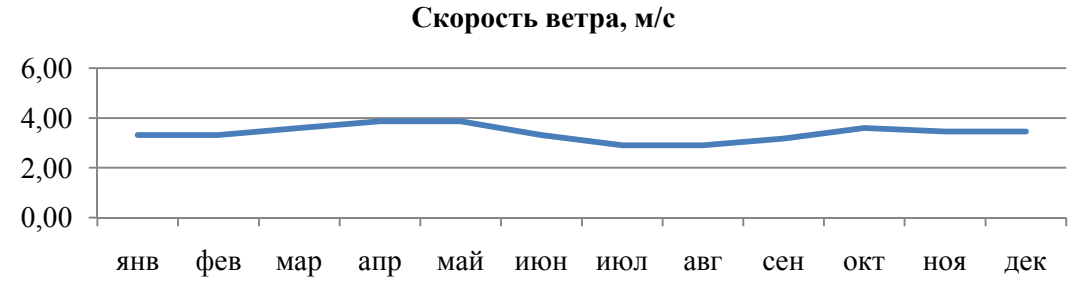


Рис. 11. График среднемноголетней месячной скорости ветра
Fig. 11. Diagram of the long-term average annual wind speed



Рис.12. Повторяемость среднесуточных скоростей ветра за год
Fig. 12. The recurrence of daily average wind speeds for the year

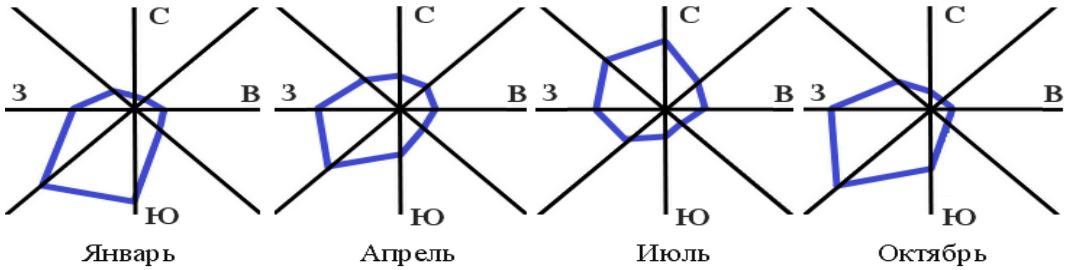


Рис. 13. Роза ветров в г. Тюмень для 4-х сезонов года
Fig. 13. Wind rose in Tyumen for 4 seasons

Изменение розы ветров, а также уменьшение среднемесячной скорости ветра в летние месяцы, компенсируется увеличением прихода солнечной радиации и продолжительности солнечного сияния с апреля по август.

Графики прихода солнечной радиации и продолжительности солнечного сияния в течение года представлены ниже (рис. 14–15).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

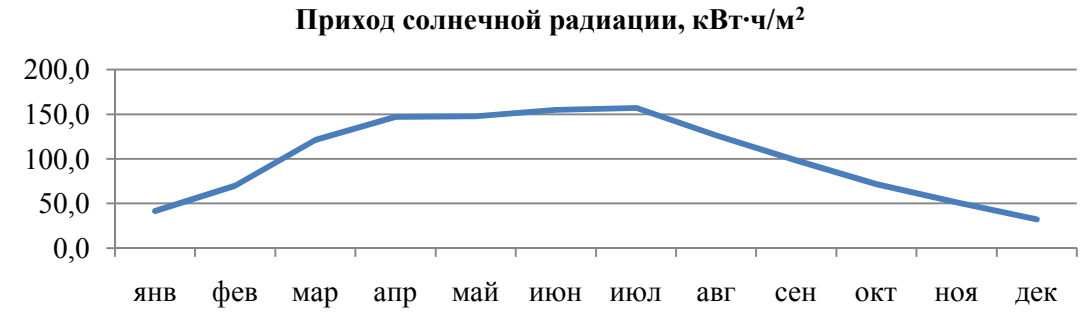


Рис. 14. График прихода солнечной радиации
Fig. 14. Diagram of solar radiation

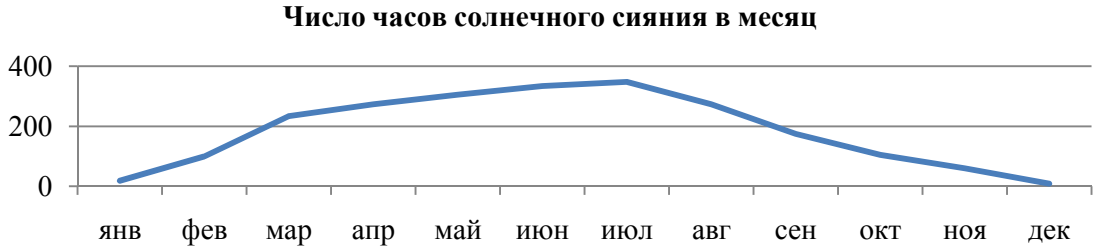


Рис. 15. График продолжительности солнечного сияния в течение года
Fig. 15. Diagram of the sunshine duration per year

Кроме того, гидропотенциал Уральского федерального округа один из самых высоких в России [11]: валовой потенциал составляет 42,6 млрд. кВт·ч, технический – 13,6 млрд. кВт·ч в год. Река Тура, протекающая по территории Тюменской области, является основным источником воды для системы водоснабжения города; её гидропотенциал составляет 81 млн. кВт·ч в год, технический – 14,3 млн. кВт·ч.

В практике обоснования эффективности установок на основе ВИЭ в составе комплексов с ДГУ обычно рассматривается экономия топлива ДГУ, т.е. уменьшение выработки ДГУ. В качестве показателя эффективности внедрения системы децентрализованного отопления с тепловыми аккумуляторами в данной работе выбран показатель снижения установленной мощности гарантирующей ДГУ, а также показатель экономии топлива. Баланс среднемесячной мощности жилого комплекса представлен на рисунке 16.

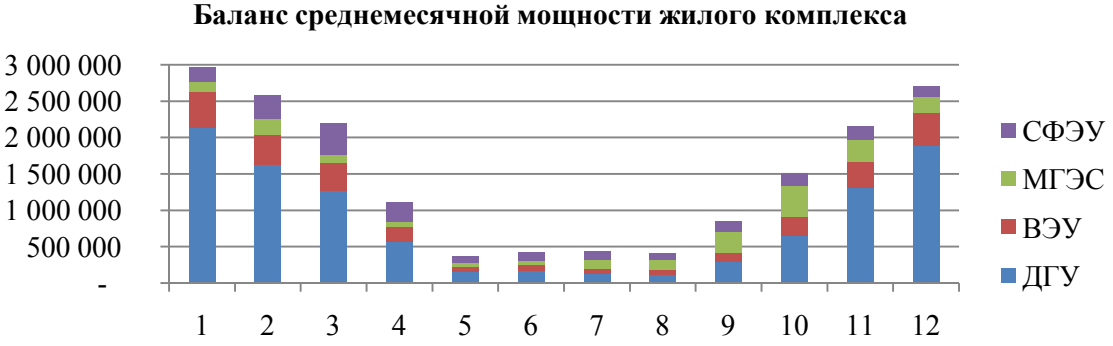


Рис. 16. Баланс среднемесячной мощности, кВт
Fig. 16. The average power balance, kW

Для оценки стоимости сооружения ГЭК авторами данной статьи использовались средние цены за кВт установленной мощности агрегатов ВИЭ, которые представлены в мировом отчете по Возобновляемым источникам энергии [12]:

• Малые гидроэлектростанции (МГЭС): (1 750÷6 000) $/кВт;

• Солнечные фотоэлектрические установки (СФЭУ) в децентрализованных энергосистемах: (1 400÷2 000) $/кВт;

• ВЭУ в децентрализованных энергосистемах: (1 900÷6 000) $/кВт;

• Солнечные энергетические установки (СЭУ) для производства тепловой энергии: (460÷780) $/кВт;

• ДГУ: (500÷1 000) $/кВт.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Параметры теплового аккумулятора были рассчитаны для обеспечения теплом и горячей водой зданий жилого комплекса в течение 24 часов при температуре наружного воздуха –38 °С (температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92).

$$Q_{от} = 0,024 \cdot (t_{вн} - t_{нар}^{0,92}) \cdot 1 \cdot V_{от} q_{от} = 0,024 \cdot (20 - (-38)) \times$$

$$\times 1 \cdot 17\,000 \cdot 0,290 = 6862,56\ (кВт \cdot ч),$$

где $t_{вн}$ – температура воздуха внутри помещений, (°С); $t_{нар}^{0,92}$ – температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, (°С).

При этом объем теплового аккумулятора составляет порядка 80 000 л или 80 тонн воды.

В результате оптимизации состава ГЭК, были выбраны следующие установки:

• ВЭУ мощностью 50 кВт в количестве 20 шт., 2 625 тыс. $;

• СФЭУ общей мощностью 35 кВт, размещаемые на крышах зданий, 57,75 тыс. $;

• МГЭС, установленная мощность которой 600 кВт, 1 320 тыс. $;

• ДГУ установленной мощностью 2,2 МВт, 1 540 тыс. $.

• Аккумулятор электрической энергии, 300 тыс. $.

• Аккумулятор тепловой энергии, 450 тыс. $.

• Расход топлива составит около 5 200 т.

• Затраты на топливо в год 3 630 тыс. $.

Таким образом, стоимость оборудования оценивается в 6 982,9 тыс. $, а годовой расход энергии составит 17 702 МВт·ч.

Заключение

В результате расчетов параметров ГЭК различной конфигурации были получены значения показателей, демонстрирующие долю замещения установленной мощности ДГУ, а также увеличение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) ВИЭ (таблица 1 и рисунок 17):

Таблица 1

Эффективность применения системы аккумуляторов в ГЭК

Table 1

Efficiency of the system battery in HES

Состав энергокомплекса	Установленная мощность ДГУ, кВт	Доля замещения установленной мощности ДГУ, %	КИУМ, %
ДГУ	4150	0	-
ДГУ + МГЭС + ВЭУ + СФЭУ	3622,95	12,7	14,70
ДГУ + МГЭС + ВЭУ + СФЭУ + аккумулятор ЭЭ	3365,65	18,9	17,36
ДГУ + МГЭС + ВЭУ + СФЭУ + аккумулятор ТЭ	2647,7	36,2	31,58
ДГУ + МГЭС + ВЭУ + СФЭУ + аккумулятор ЭЭ + аккумулятор ТЭ	2114,56	59,8	48,40

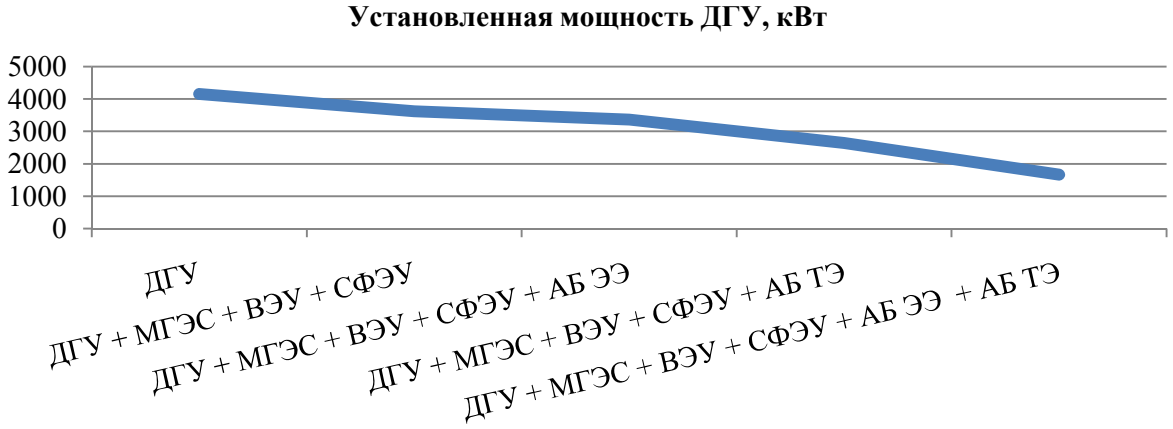


Рис. 17. Уменьшение установленной мощности ДГУ в зависимости от состава энергокомплекса
Fig. 17. The reducing of diesel generator set installed capacity depending on the composition of the energy complex

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таким образом, изменение состава ГЭК путем ввода аккумуляторов электрической энергии и тепла позволит не только повысить надежность тепло- и электроснабжения потребителей, но и сократить установленную мощность гарантирующего источника энергоснабжения (ДГУ), из чего следует, что ГЭК в приведенной конфигурации обладает гарантированной мощностью, что меняет концепцию использования данного типа энергоустановок.

В перспективе планируется рассмотреть возможность полной или частичной замены ДГУ, которые выступают в роли гарантированного источника энергоснабжения, на генерирующие установки, работающие от местных видов топлива, такие как котельные на твёрдом топливе (пеллеты, щепа). Такой вариант будет принят к рассмотрению по результатам анализа мирового отчета по Возобновляемым источникам энергии GlobalStatusReportREN 2014 [12].

Список литературы

1. Мартынов А.В. Децентрализованные системы теплоснабжения // Новости теплоснабжения. 2006. № 7. С. 24–27.

2. Хараим А.А., Ильич В.Н. Современная история теплофикации, заслуживающей лучшей судьбы // Новости теплоснабжения. 2008. № 5. С. 37–41.

3. Портал «Когенерация.ру» [Электронный ресурс]: http://www.cogeneration.ru/base-benefits/base.html

4. Васьков А.Г., Коваленко Е.В., Тягунов М.Г., Шарапов С.А. Использование гибридных энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии в распределенной энергетике // Энергетик. 2014. № 2. С. 25–27.

5. Машенков А.Н., Филимонов А.В. О контроле состояния тепловых сетей // Новости теплоснабжения. 2003. № 10. С. 27–29.

6. Комплексная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Тюменской области» на 2010–2020 годы. Приложение к распоряжению Правительства Тюменской области от 11 октября 2010 г. № 1521-рп.

7. В Тюменской области отходы деревообработки будут использовать в теплоснабжении. [Электронный ресурс]: http://www.t-l.ru/161269.html

8. Башмаков И.А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения России (Часть 2) // Новости теплоснабжения. 2008. № 3. С. 91–111.

9. Приказ департамента тарифной и ценовой политики Тюменской области от 20 августа 2012 г. № 183/01-05-ос.

10. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Минрегион России, 2012.

11. Возобновляемые источники энергии как объекты инвестиций «Проекты строительства малых ГЭС». ОАО «УК ГидроОГК». Москва, 2008.

12. Renewables 2014 Global Status Report [Электронный ресурс]: http://ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx

References

1. Martynov A.V. Decentralizovannye sistemy teplosnabženiâ. *Novosti teplosnabženiâ*, 2006, no. 7, pp. 24–27 (in Russ.).

2. Haraim A.A., Ilich V.N. Sovremennaâ istoriâ teplofikacii, zasluživaûšej lučšej sud'by. *Novosti teplosnabženiâ*, 2008, no. 5, pp. 37–41 (in Russ.).

3. Website «Kogeneracija.ru» Available at: http://www.cogeneration.ru/base-benefits/base.html

4. Vaskov A.G., Kovalenko E.V., Tyagunov M.G., Sharapov S.A. Ispol'zovanie gibridnyh ènergokompleksov na osnove vozobnovlâemyh istočnikov ènergii v raspredelennoj ènergetike. *Ènergetik*, 2014, no. 2, pp. 25–27 (in Russ.).

5. Mashenkov A.N., Filimonov A.V. O kontrole sostoâniâ teplovyh setej. *Novosti teplosnabženiâ*, 2003, no. 10, pp. 27–29 (in Russ.).

6. Kompleksnaâ programma «Ènergosbereženie I povyšenie ènergetičeskoj èffektivnosti v Tûmenskoj oblasti» na 2010–2020. Priloženie k rasporâženiû Pravitel'stva Tûmenskoj oblasti 11 October 2010, no. 1521-rp (in Russ.).

7. V Tûmenskoj oblasti othody derevoobrabotki budut ispol'zovat' v teplosnabženii. Available at: http://www.t-l.ru/161269.html (in Russ.).

8. Bashmakov I.A. Analiz osnovnyh tendencij razvitiâ sistem teplosnabženiâ Rossii (Part 2). *Novosti teplosnabženiâ*, 2008, no. 3, pp. 91–111 (in Russ.).

9. Prikaz departamenta tarifnoj i cenovoj politiki Tûmenskoj oblasti 20 August 2012, no.183/01-05-os.

10. SP 50.13330.2012 Teplovaâ zašita zdanij. Aktualizirovannaâ redakciâ SNiP 23-02-2003. Minregion Rossii, 2012 (in Russ.).

11. Vozobnovlâemye istočniki ènergii kak ob"ekt yinvesticij «Proekty stroitel'stva malyh GÈS». OAO «UK GidroOGK». Moscow, 2008 (in Russ.).

12. Renewables 2014 Global Status Report Available at: http://ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Студенты и аспиранты кафедры ГВИЭ НИУ «МЭИ» активно участвуют в конференциях и форумах. Авторы наиболее интересных работ занимают первые места. Так, например, нынешний аспирант первого года обучения Чернов Дмитрий в 2014 году получил диплом лауреата конкурса студенческих проектов ОАО РусГидро «Энергия развития» за работу «Исследование энергоэффективности автономных ветродизельных энергокомплексов с учётом внутригодовых изменений вертикального профиля ветра» и диплом I степени в конкурсе «Новая Генерация – 2014» за лучшую научную работу. Студент магистратуры Ильин Дмитрий с работой «Выбор основного энергетического оборудования ветродизельного комплекса в п. Усть-Кара» в том же конкурсе «Новая Генерация – 2014» получил диплом III степени за лучшую научную работу.


РусГидро

ДИПЛОМ

награждается

лауреат конкурса студенческих проектов
ЭНЕРГИЯ РАЗВИТИЯ

студент Научного исследовательского университета
«Московский энергетический институт»

Чернов
Дмитрий
Алексеевич

Председатель Жюри конкурса
Председатель Правления
ОАО «РусГидро» Е. В. Дод

Март 2014
Москва

Аспирант первого года обучения Абраменко Дмитрий был награжден дипломом победителя «Ярмарки решений» в рамках потоков «Энергополис», «Технополис», «Северный морской путь» Международного молодежного форума энергетиков и промышленников «Форсаж – 2014».

В МЭИ ежегодно проводится Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника, энергетика». Студенты из филиалов нашего института, а также из других институтов городов России приезжают к нам и выступают в секции «Возобновляемые источники энергии».


НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МЭИ"

ДВАДЦАТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА,
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭНЕРГЕТИКА

ПОЧЕТНЫЙ
ДИПЛОМ

II степени

Награждается

Глушкова Татьяна Сергеевна

за доклад на секции «Возобновляемые источники энергии»

Ректор НИУ "МЭИ" Н.Д.Рогалев

Председатель секции Т.А.Шестопалова

МОСКВА 2014 год

Участники делятся новыми идеями своих разработок, знакомятся с нашей кафедрой, а иногда даже интересуются поступлением к нам в дальнейшем в магистратуру и аспирантуру. В 2014 году студентки магистратуры Первова Ирина с работой «Выбор оборудования для электроснабжения села Хоэ на базе ветродизельного комплекса» и Глушкова Татьяна с работой «Исследование эффективности использования аккумуляторных батарей в автономных энергокомплексах на основе солнечных фотоэлек-

трических установок» заняли I и II места и получили дипломы за лучную научную работу. В 2015 году на этой конференции студент магистратуры Савенков Владислав занял II место с работой «Исследование установившихся режимов ветровых электростанций с асинхронизированным электромеханическим преобразователем частоты».

Мероприятия, в которых также участвуют наши студенты и сотрудники:

- Международная научно-практическая конференция «Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве»;
- Международная научно-практическая конференция ученых, специалистов, аспирантов и студентов «Инновации – вектор для молодежи»;
- Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «Гидроэлектростанции в 21 веке»;
- Первая Международная Конференция «Финансирование проектов по энергосбережению и возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Практика реализации энергосервисных контрактов в России и странах СНГ»;
- Центральный форум возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий EnergyFresh;
- Международная научно-практическая конференция «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях»;
- Международная Конференция «Физико-химические проблемы возобновляемой энергетики» (REENFOR);
- Международный молодежный форум энергетиков и промышленников «Форсаж»;
- III Форум Союзного государства вузов инженерно-технологического профиля;
- Конкурс «Битва умов» ФИЗМАТЕК и т.д.

На конкурсе Битва умов» ФИЗМАТЕК студент магистратуры Лягин Иван был награжден двумя сертификатами в номинациях: «Творческие способности» и «Интеллектуальный потенциал» за работу на тему обоснования энергосбережения Европейской части РФ и Западной Сибири с помощью комплексов на основе ВИЭ.



International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

На международных инженерных соревнованиях лодок на солнечных батареях «Солнечная регата 2015» участвовала студенческая команда нашей кафедры в составе: студенты 5-го курса Безукладников Владимир, Ильин Дмитрий, Абакумов Дмитрий и студенты 2-го курса Козлов Антон и Молотов Филипп под руководством старшего преподавателя Васькова Алексея Геннадьевича.

Целью проекта являлось изготовление бюджетного варианта судна на солнечной энергии, имеющего простейшую конструкцию, пригодную для тиражирования без наличия специальных навыков и инструментов всеми желающими.

Участие в конференциях и форумах полезно для получения опыта, поиска новых идей. Студент или аспирант, который активно участвует в подобных мероприятиях, претендует на получение повышенных стипендий.


МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ

СОЛНЕЧНАЯ РЕГАТА 2015

ГОНКИ ЛОДОК НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

СЕРТИФИКАТ

УЧАСТНИКА

Награждается команда

Московского энергетического института

За участие в Международных инженерных соревнованиях лодок на солнечных батареях "Солнечная регата 2015"

Президент оргкомитета «Солнечная регата 2015» Е. В. Казанов

Вице-президент оргкомитета "Солнечная Регата 2015" А. Д. Поппель

II SOLAR CUP 2015 ST-PETERSBURG

АГЕНТСТВО СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ

РВК

РЕШЕНИЯ И ИННОВАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

19 -21 АПРЕЛЯ 2016

ЭКСПОЦЕНТР, МОСКВА, РОССИЯ

с участием HydroVision. RUSSIA

POWER-GEN RUSSIA





POWER-GEN Russia, включая HydroVision Russia, является ведущим международным мероприятием для российского энергетического сектора. Более 4 000 посетителей, конференция мирового уровня и профессиональная выставка продукции и услуг ведущих российских и международных компаний - всё это делает мероприятие обязательным к посещению.

ПРИЁМ АННОТАЦИЙ ДОКЛАДОВ ДЛЯ POWER-GEN RUSSIA 2016 БУДЕТ СКОРО ОТКРЫТ

Консультативный совет POWER-GEN Russia в ближайшее время объявит открытие приема аннотаций докладов на конференцию 2016 года. Воспользуйтесь данной возможностью выступить перед международной аудиторией, состоящих из ключевых игроков и руководителей отрасли. Более подробная информация будет опубликована в ближайшее время, включая темы конференции.

СЕССИИ КОНФЕРЕНЦИИ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

Дополнением к выставке являются важные высокоуровневые сессии конференции. Программа конференции POWER-GEN Russia разрабатывается ведущими экспертами российского и международного энергетического сектора.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ДОКЛАДЧИКИ

POWER-GEN Russia предлагает по-настоящему международный состав выступающих отраслевых экспертов. Докладчики из Аргентины , Австрии, Бельгии , Канады, Чехии , Франции, Грузии , Германии, Индии , Норвегии, России , Швеции, Швейцарии, Великобритании и США поделятся информацией и опытом по широкому кругу вопросов.

Для получения дальнейшей информации просим связаться:

POWER-GEN Russia & HydroVision Russia
Техническое направление

Россия
Анна Иванцова
Менеджер по конференции
T: +7 495 258 31 36
E: aivantsova@pennwell.com

Все страны
Эмили Прайор
Менеджер по конференции
T: +44 1992 656 614
E: emilyp@pennwell.com

POWER-GEN Russia & HydroVision Russia
Стратегическое направление

Россия
Анна Иванцова
Менеджер по конференции
T: +7 495 258 31 36
E: aivantsova@pennwell.com

Все страны
Матильда Суэр
Менеджер по конференции
Тел.: +44 (0) 1992 656 634
Эл. почта: mathildes@pennwell.com

www.powergen-russia.com

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, ИНВЕСТИЦИОННЫХ ФИРМ И ФИРМ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ADVERTISING MATTERS OF INVESTMENT COMPANIES AND MANUFACTURERS

РЕКЛАМА

Научно-технический центр "ТАТА" (Россия) осуществляет поставку заказчикам графеновых материалов: 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
(a 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, 1g)
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)

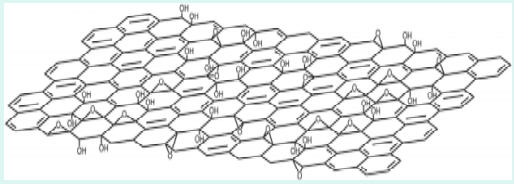
4. REDUCED GRAPHENE OXIDE
(dry powder, 1g)
Properties

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 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.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА

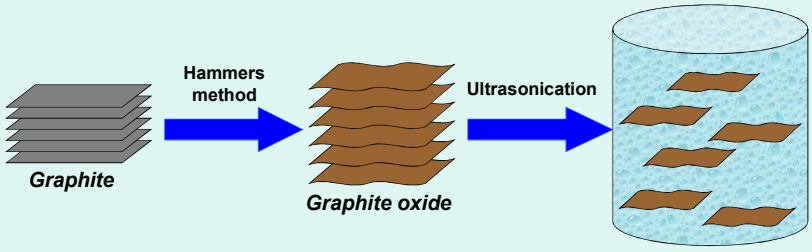
Оксид графита – продукт глубокого окисления графита, имеет простейшую формулу C_4OOH и содержит большое количество кислородсодержащих функциональных групп. Оксид графита, являясь гидрофильным материалом, способен образовывать коллоидные растворы в воде, диметилформамиде, N-метилпироллидоне, водных растворах 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

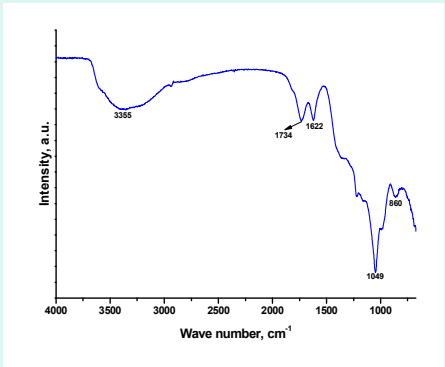


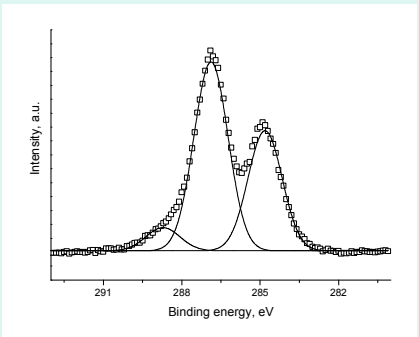
Оксид графита получали модифицированным методом Хаммерса. Для приготовления водной суспензии нанолистов ОГ оксид графита смешивали с дистиллированной водой и полученную смесь обрабатывали в ультразвуковой ванне в течение 1 час. Далее образовавшуюся суспензию для удаления крупных частиц центрифугировали 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.%

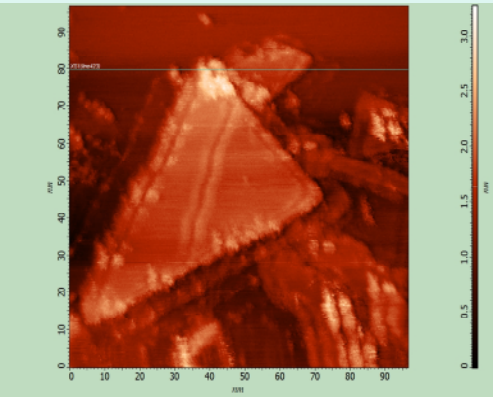
O – 48,7 вес.%

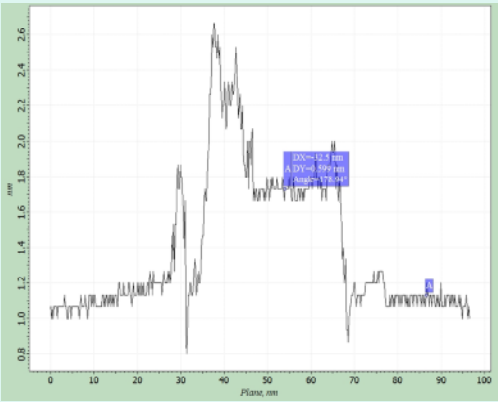
H – 2,8 вес.%

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

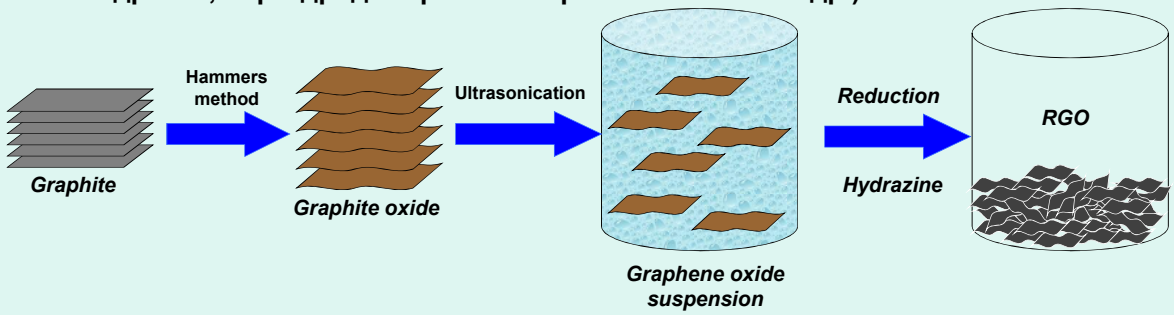
Graphene Oxide Applications

- Solar Cells
- Graphene Semiconductor Chips
- Conductive Graphene Films
- Chemical Power Sources (Supercapacitors and Bateries)
- Catalysts and Sorbents
- Graphene Computer Memory
- Transparent Conductive Coatings
- Graphene Sheets and Many Others Applications

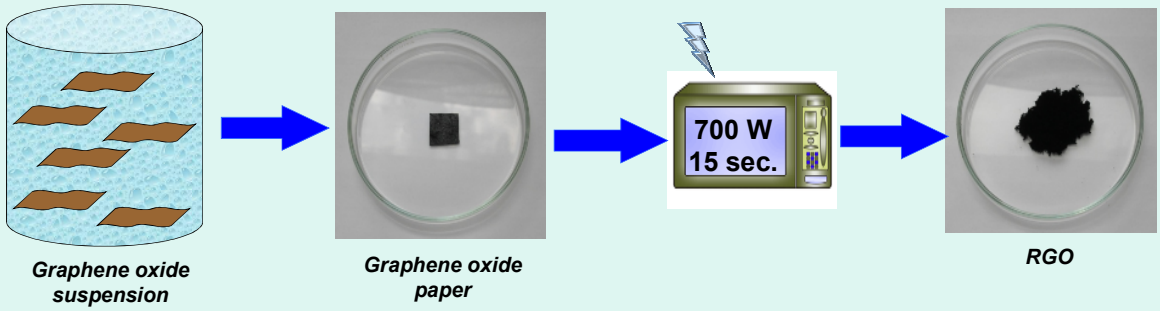
International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

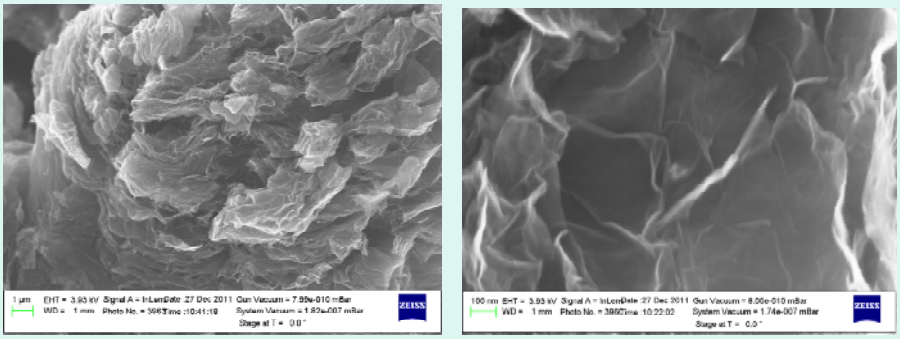
ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

1. Химическое восстановление (использование сильных восстановителей – гидразин, боргидрид натрия и аскорбиновая кислота др.).



2. Термическое восстановление. Наиболее часто применяется восстановление СВЧ-облучением.



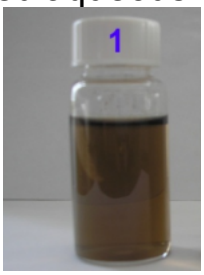


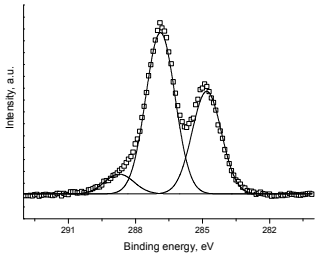
International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

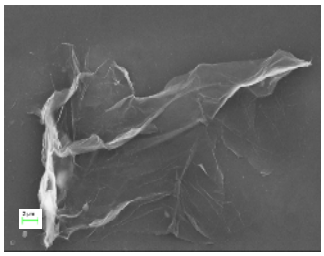
GRAPHENE OXIDE

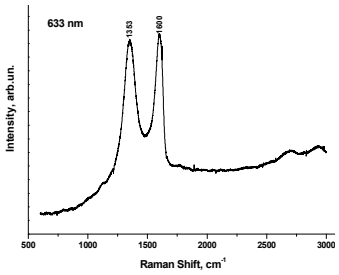
(concentrated aqueous suspension, 1000 ml)

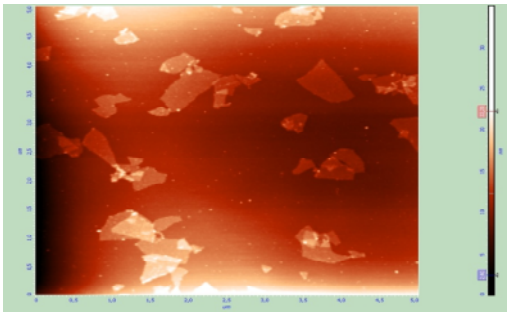


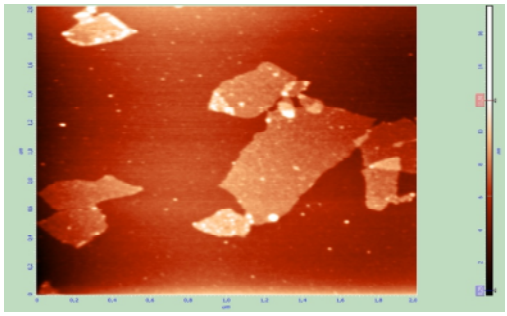












Graphite oxide **- a product of the deep oxidation of graphite, it has a simple formula C_2OOH and contains a large amount of oxygen-containing functional groups. Graphite Oxide - a hydrophilic material, it is capable of forming colloidal solutions in water, dimethylformamide, N-metilpirrollidone, ethanol 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-metilpirrollidon, 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.%

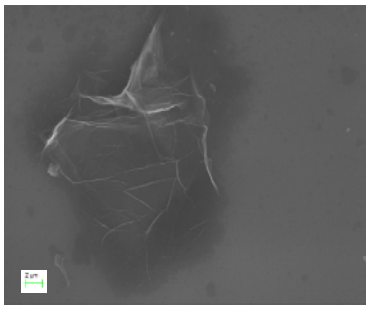
International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

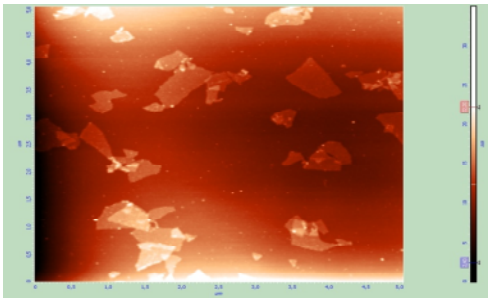
GRAPHENE OXIDE

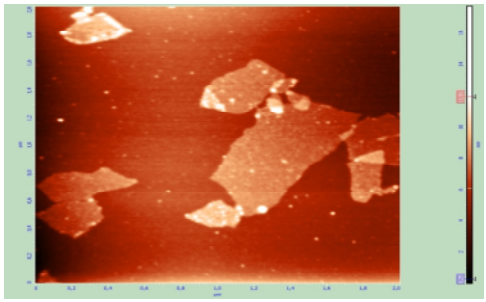
(a highly concentrated aqueous suspension (paste), 1000 ml)











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-metilpirrollidon, 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

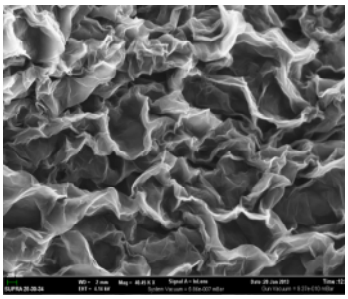
C – 45,3 wt.%; O – 48,7 wt.%; H – 2,8 wt.%; S – 2.1 wt.%; N – <0.1 wt.%

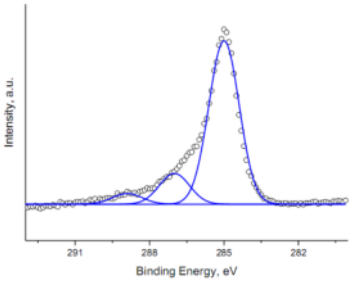
International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

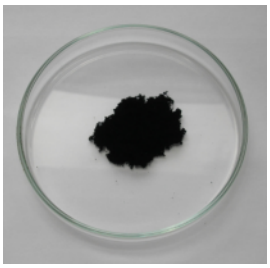
REDUCED GRAPHENE OXIDE

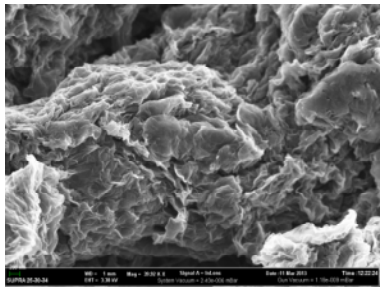
(dry powder, 1g)











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 m^2/g
BET surface standard porosimetry: > 2400 m^2/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 $g/100cm^3$) 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.%

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

НАУЧНЫЕ КНИГИ

REVIEW OF SCIENTIFIC BOOKS



Гидроэнергетика: Учебник для вузов / А.Ю. Александровский, М.И. Кнеллер, Д.Н. Коробова и др.; Под ред. В.И. Обрезкова.— 2-е изд., перераб. и доп.—М.: Энергоатомиздат, 1988.— 512 с.: ил.

Описываются современное состояние и перспективы развития энергетики, современный режим электропотребления и роль гидроэнергетики в этих условиях; излагаются вопросы управления и эксплуатации ГЭС. Первое издание вышло в 1981 г. Второе издание дополнено изложением задач проектирования и управления на основе математического программирования. Рассчитан на студентов вузов, обучающихся по специальности Гидроэлектроэнергетика».

Использование аналоговых вычислительных машин в водноэнергетических расчетах/ Н.К.Малинин. – М.: МЭИ. ч.1. 1973г., ч 2. 1974 г., ч 3 . 1975 г.

В книге рассматриваются некоторые пути и возможности использования АВМ (АЦВМ) в водноэнергетических расчетах, связанных с определением режимов ГЭС в энергосистеме. Даются основы математического программирования, необходимого для успешного усвоения излагаемого материала. Большое внимание уделяется вопросам моделирования на АВМ оптимального режима ГЭС в энергосистеме. Приводятся основы использования метода Монте-Карло на АВМ в водноэнергетических расчетах. Разбираемые в книге примеры расчетов иллюстрированы соответствующими схемами их реализации на АВМ. Книга предназначена для инженерно-технических и научных работников, занимающихся вопросами использования АВМ в водноэнергетических расчетах, а также для студентов и аспирантов гидроэнергетических и водохозяйственных специальностей вузов.

Определение экономической эффективности гидроэлектростанций / Н.Н. Кожевников, А.Ю. Александровский, С.А. Чинакаева, Е.В. Чернова — М.: Издательство МЭИ, 1997. - 70 с.

В учебном пособии рассмотрены методические основы оценки экономической эффективности работы гидроэлектростанций в условиях свободной конкуренции на рынке электроэнергии и мощности в современных условиях функционирования электроэнергетических систем. Приведены критерии определения финансово-экономической эффективности инвестиций как без приведения их во времени, так и с учетом фактора времени и прогнозируемых темпов инфляции. В пособие включен пример оценки финансовой эффективности инвестиций в строительство гидроэлектростанций в условиях создания акционерного общества с привлечением кредитных заемных средств при переменной доле заемного капитала и затрат на обслуживание кредита. Учебное пособие предназначено для студентов гидроэнергетической специальности.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: учебное пособие / Л.Н. Дудченко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011, - 108 с.

Изложены вопросы расчёта и выбора вспомогательного оборудования ГЭС, в том числе маслонапорных установок, направляющих аппаратов и автоматических регуляторов частоты вращения турбин, пневмохозяйства, технического водоснабжения, масляного хозяйства, пожаротушения, откачки воды из напорного тракта гидротурбин и дренажных колодцев. Приводятся характеристики работы, примеры конструкций и расчёта устройств вспомогательного оборудования ГЭС. Для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика», а также специалистов, занимающихся вопросами эксплуатации гидравлических и гидроаккумулирующих электрических станций.

Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию по специальностям «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Гидроэлектроэнергетика». Технико-экономические характеристики ветроэнергетики (справочные материалы). В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, В.Л.. Лебедь, Н.К. Малинин; Под ред. В.И. Виссарионова — М.: Изд-во МЭИ, 1997. - 132 с.

В пособии содержатся справочные материалы, необходимые для расчета основных категорий энергопотенциала ветроэнергетики России, выбора, обоснования и конструирования ветроэнергетических установок. Приводятся основные технические и энергетические характеристики наиболее перспективных отечественных и зарубежных ветроустановок, предназначенных для работы в энергосистеме и на автономного потребителя. Предназначено, в основном, для использования в учебном процессе для специальностей «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Гидроэлектроэнергетика».

Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию по специальностям «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Гидроэлектроэнергетика». Технико-экономические характеристики солнечной энергетики на основе фотоэлектрических энергоустановок (справочные материалы) / В.И. Виссарионов, В.В. Бояркин, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин; Под. ред. В.И.Виссарионова. — М.: Издательство МЭИ, 1997.- 56 с.

Содержатся справочные материалы, необходимые для расчета основных категорий энергопотенциала солнечной энергетики, выбора и обоснования параметров солнечных фотоэлектрических установок. Приводятся

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

основные технические и энергетические характеристики некоторых отечественных и зарубежных солнечных фотоэлектрических батарей, предназначенных для работы в энергосистеме и на автономного потребителя. Предназначено, в основном, для использования в учебном процессе для специальностей «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Гидроэлектроэнергетика».

Автоматическое регулирование частоты и активной мощности в энергосистеме гидроагрегатами ГЭС: учебн. пособие / Л.Н. Дудченко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. -88 с.

Изложены вопросы расчёта и выбора основных регулирующих параметров систем регулирования частоты вращения турбин и групповых регуляторов активной мощности ГЭС. Приводятся примеры конструкций отдельных регуляторов, а также примеры некоторых расчётов. Для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика», а также студентов других специальностей вузов, занимающихся проблемами регулирования частоты и активной мощности в энергосистемах.

Грунтовые плотины малых ГЭС. Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию. — М.: Изд-во МЭИ, 1998. - 48 с.

Содержатся основные положения и расчетные зависимости для проектирования грунтовых плотин в составе энергетических гидроузлов, с учетом особенностей малых ГЭС. Приведены примеры типовых расчетов элементов грунтовых плотин. Предназначено для студентов старших курсов электроэнергетического факультета при выполнении курсовых и дипломных проектов.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: учебное пособие / Г.В. Дерюгина, Н.К. Малинин, Р.В. Пугачёв, Т.А. Шестопалова. М.: Издательство МЭИ, 2012. - 260 с.

В пособии впервые в России систематизированно изложены основные понятия и определения ветровой

энергетики; общие представления о формировании ветра и физике атмосферы; влияние основных факторов на формирование ветра и методы их учета в ветроэнергетических расчетах в отечественной и зарубежной практике; информационное обеспечение ветроэнергетических расчетов в мире и России, а также особенности его применения при работе ветроэнергетических установок в различных энергосистемах. Ряд исследований, приведенных в данном учебном пособии, был выполнен при финансировании в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» по государственному контракту № 16.516.11.6110.

Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / Виссарионов В.И., Белкина С.В., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К.; Под ред. В.И. Виссарионова – М.: 2004 г. - 448 с.

В Справочнике представлены данные об отечественном энергетическом оборудовании (по состоянию на 01.01.2004 г.), для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, областях его применения и предприятиях-производителях этого оборудования. В том числе по следующим видам энергоустановок: солнечные, ветровые, малые гидроэлектростанции, биоэнергетические и геотермальные установки, теплонасосные установки, термоэлектрогенераторы, когенераторные установки. Кроме того, в Справочнике приведены также систематизированные данные о дизельных и бензиновых электроагрегатах мощностью до 1000 кВт и аккумуляторах емкостью до 500 А.ч., которые могут быть использованы при создании энергетических комплексов на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Все материалы Справочника условно разделены на две самостоятельные части: часть 1: Энергоустановки для использования возобновляемых источников энергии; часть 2: Дизельные и бензиновые электроагрегаты, когенераторы и аккумуляторы. В Справочнике имеется общий алфавитный указатель всего производимого оборудования, а также систематизированные данные по каждому разделу. Приводятся также систематизированные данные о каждом производителе, номенклатуре выпускаемой им продукции и направлениях ее использования на различных объектах.

Использование волновой энергии: Учеб. пособие/ В.И. Виссарионов, В.В. Волшаник, Л.А. Золотов и др.; Под ред. В.И. Виссарионова — М.: Издательство МЭИ, 2002. - 144 с.

В пособии содержатся материалы по теоретическим основам использования энергии ветровых волн. Приводятся основные технические и энергетические характеристики некоторых волновых энергетических установок, предназначенных для работы в энергосистеме и на автономного потребителя. Рассмотрены экономические и экологические аспекты волновой энергетики. Приведена библиография отечественных и зарубежных авторов по проблеме использования волновой энергии. Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии. Учебное пособие/ А.А. Бурмистров, В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина и др.; под ред. В.И. Виссарионова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007. -144 с.: ил.

Изложены современные методы расчета валового, технического и экономического потенциалов перспективных видов возобновляемых источников энергии, малой гидроэнергетики, ветровой энергетики, солнечной энергетики на основе используемых солнечных фотоэлектрических установок, приливной и волновой энергетики. Для студентов энергетических вузов и специальностей, а также инженерно-технических работников, занимающихся проблемами использования возобновляемых источников энергии в экономике страны.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 276 с.

Впервые в России систематизированы: основные понятия и определения солнечной энергетики; особенности информационного обеспечения гелиоэнергетических расчетов при работе солнечных энергетических установок; методы расчета прихода солнечного излучения на произвольно ориентированную приемную площадку в космосе и на Земле; основные технические схемы и энергетические характеристики современных типов солнечных энергетических установок, включая и наиболее перспективные солнечные коллекторы и солнечные фотоэнергетические установки (СФЭУ); экологические и социально-экологические характеристики солнечной энергетики; особенности расчетов ресурсов солнечной энергетики. Дается оценка всем категориям ресурсов солнечной энергетики в мире и в России. Представлена техническая база для развития солнечной энергетики в России. Для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика» и другим направлениям, связанным с решением проблем энергоресурсосбережения и охраны окружающей среды; будет полезно для организаций и ведомств, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией солнечных энергетических установок в России.

Обоснование параметров проектируемой ГЭС. Курсовое проектирование: методическое пособие /А.Ю. Александровский, Б.И. Силаев. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 104 с.

Предназначено для выполнения курсового проекта, в состав которого входит решение основных гидроэнергетических задач по обоснованию установленной мощности, режимов работы проектируемой ГЭС, выбору основного энергетического оборудования и построению энергетических характеристик ГЭС. Для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика».

Расчет ресурсов ветровой энергетики./ В.И.Виссарионов, В.А.Кузнецова, Н.К.Малинин, Г.В.Дерюгина, Д.Э.Шван — М.: Издательство МЭИ, 1997.- 32 с.

Учебное пособие содержит примеры решения типовых задач по расчету валового и технического потенциала ветровой энергетики. Предназначено, в основном, для использования в учебном процессе специальностей «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Гидроэлектроэнергетика». Может быть рекомендовано для студентов других специальностей вузов, занимающихся проблемами использования ветровой энергии в народном хозяйстве.

Теоретические основы гидроэнергетики: Учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1985.-312 с.: ил.

Рассматриваются различные формы проявления гидроэнергии. Анализируется процесс преобразования энергии на разных типах гидроэнергетических установок (ГЭУ): ГЭС, ГАЭС, НС, ПЭС, энергокомплексы и каскады ГЭУ. Излагаются математические основы методов минимизации потерь энергии на ГЭУ и выбора оптимальных режимов ГЭУ в энергетической и водохозяйственной системах с учетом требований охраны окружающей среды. Приводятся алгоритмы, решения различных водноэнергетических задач и блок-схемы их реализации на ЭВМ. Изложение ведется с использованием системного анализа и методов математического программирования. Для студентов гидроэнергетических и водохозяйственных специальностей вузов.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

INTELLECTUAL PROPERTY



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2468251

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (RU)*

Автор(ы): *Цгоев Руслан Сергеевич (RU)*

Заявка № 2011127923

Приоритет изобретения 07 июля 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 ноября 2012 г.

Срок действия патента истекает 07 июля 2031 г.

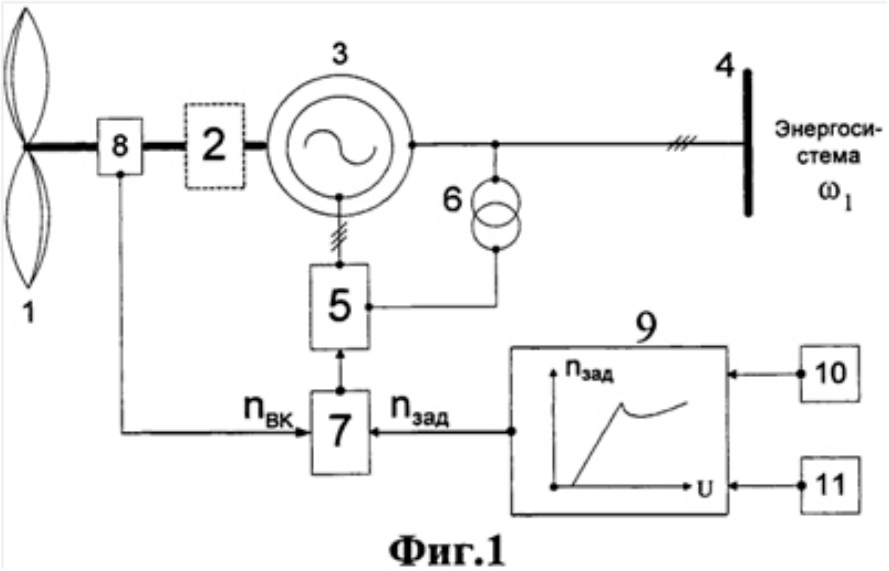
Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

Способ регулирования ветроэнергетической установки и устройство для его реализации (RU 2468251): Способ регулирования ветроэнергетической установки и устройство для его реализации относятся к области ветроэнергетики. В способе, основанном на том, что формируют сигнал о скорости ветра на высоте оси вращения ветроколеса и по нему формируют сигнал задания скорости вращения вала ветроколеса при постоянной быстроходности, формируют семейство сигналов характеристик мощности ветроколеса в функции скорости ветра при различных постоянных скоростях вращения ветроколеса, формируют сигнал задания по мощности ветроколеса, в точках равенства сигнала задания с указанным семейством сигналов фиксируют значения скорости вращения ветроколеса и скорости ветра, по этим сигналам формируют сигнал задания регулирования скорости вращения ветроколеса в функции скорости ветра. В ветроэнергетической установке функциональный блок выполнен со вторым входом, она снабжена задатчиком мощности ветроколеса, выход которого через второй вход функционального блока соединен с первым входом блока коэффициента мощности и входом блока задания скорости ветра, выход которого соединен со вторым входом блока логики, выход блока коэффициента мощности через блок быстроходности ветроколеса соединен с первым входом второго блока задания скорости вращения ветроколеса и с первым входом первого ключевого элемента блока коммутаций, выход датчика скорости ветра через первый вход функционального блока соединен с входами первого блока задания скорости вращения ветроколеса, с первым входом блока логики, со вторым входом блока коэффициента мощности и вторым входом второго блока задания скорости вращения ветроколеса, выход первого блока задания скорости вращения ветроколеса соединен с первым входом первого ключевого элемента блока коммутаций, а первый и второй выходы блока логики соединены соответственно со вторыми входами ключевых элементов блока коммутаций, выходы которых соединены с выходом функционального блока. Использование способа и реализующего его устройства обеспечит повышение надежности ветроэнергетической установки путем исключения системы регулирования угла установки лопастей и, как следствие, удешевление ветроэнергетической установки. 2 н.п. ф-лы, 8 ил.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Фиг.1

На фиг. 1 представлена общая схема ветроэнергетической установки с асинхронизированным синхронным генератором. Ветроэнергетическая установка содержит ветроколесо 1, мультипликатор 2, асинхронизированный синхронный генератор 3, энергосистему 4, полупроводниковый преобразователь частоты 5, трансформатор 6, блок 7 системы автоматического регулирования, датчик 8 положения вала ветроколеса, функциональный блок 9, датчик 10 скорости ветра и задатчик 11 мощности.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2500918

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СТАНЦИЕЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВПО "НИУ МЭИ") (RU)*

Автор(ы): *Цгоев Руслан Сергеевич (RU)*

Заявка № 2012125840

Приоритет изобретения 21 июня 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 декабря 2013 г.

Срок действия патента истекает 21 июня 2032 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

Способ управления гидроаккумулирующей станцией и устройство для его реализации (RU 2500918): Изобретение может быть использовано в области управляемой связи электроэнергетических систем на основе преобразователей частоты, конкретно – при управлении гидроаккумулирующими станциями. Способ управления гидроаккумулирующей станцией (ГАЭС), содержащей, по крайней мере, две энергосистемы, одна из которых энергоизбыточна, другая – энергодефицитна, и, по крайней мере, два агрегата, на валу каждого из которых обратимая электрическая и обратимая гидравлическая машины, заключается в том, что статорные обмотки электрической машины первого агрегата подключают к первой энергосистеме в двигательном режиме с гидравлической машиной в насосном режиме. Статорные обмотки электрической машины первого агрегата подключают к энергоизбыточной системе. Одновременно статорные обмотки электрической машины второго агрегата подключают к энергодефицитной системе в генераторном режиме с гидравлической машиной в турбинном режиме. Изобретение направлено на повышение использования установленного оборудования ГАЭС и, как следствие – сокращение сроков окупаемости ГАЭС. 2 н.п. ф-лы, 2 ил.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 149 536 (13) U1

(51) МПК
H02S 10/00 (2014.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014125690/07, 25.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.06.2014

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 25.06.2014

(45) Опубликовано: 10.01.2015 Бюл. № 1

Адрес для переписки:
111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14,
ФГБОУ ВПО "НИУ "МЭИ", НИЧ, патентный отдел

(72) Автор(ы):
Шестопалова Татьяна Александровна (RU),
Бакиев Максим Радомирович (RU),
Кузнецова Валентина Андреевна (RU),
Шолохова Бехруз Талби (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВПО "НИУ "МЭИ") (RU)

(54) СОЛНЕЧНАЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ БАТАРЕЯ

(57) Формула полезной модели

Солнечная фотоэлектрическая батарея, содержащая, по крайней мере, одну мультиплексную голографическую пленку, располагающуюся на поверхности светопроводящего стекла и состоящую из множества дифракционных решеток с угловыми мультиплексированными зонами работы, фотоэлементы, отличающаяся тем, что фотоэлементы расположены в торцевой поверхности солнечной батареи и дополнительно снабжены радиатором охлаждения.

RU 149536 U1

RU 149536 U1

Солнечная фотоэлектрическая батарея (RU 149536): Формула полезной модели. Солнечная фотоэлектрическая батарея, содержащая, по крайней мере, одну мультиплексную голографическую пленку, располагающуюся на поверхности светопроводящего стекла и состоящую из множества дифракционных решеток с угловыми мультиплексированными зонами работы, фотоэлементы, отличающаяся тем, что фотоэлементы расположены в торцевой поверхности солнечной батареи и дополнительно снабжены радиатором охлаждения.





СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2011613087

«Программный комплекс для проведения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов каскадов ГЭС «Каскад»

Правообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский энергетический институт (технический университет)» (RU)*

Автор(ы): *Александровский Алексей Юрьевич, Силаев Борис Иванович, Пугачев Роман Викторович, Якушов Алексей Николаевич (RU)*

Заявка № 2011611094
Дата поступления 24 февраля 2011 г.
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
19 апреля 2011 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

Программный комплекс для проведения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов каскадов ГЭС «Каскад» (свидетельство № 2011613087): Программный комплекс предназначен для использования при проектировании параметров водохранилищ с ГЭС, расчетов планирования выработки электроэнергии на ГЭС с принятой заблаговременностью, разработке правил использования водных ресурсов водохранилищ и в учебных целях.

Программа позволяет выполнять водохозяйственные и водноэнергетические расчеты работы ГЭС и получать вероятностные оценки их показателей.

Расчет производится водобалансовым методом путем решения уравнения водного баланса для каждого расчетного створа в бассейне реки с последующей статистической обработкой полученных результатов.

Отображение информации и результатов расчетов осуществляется в числовом и графическом виде и может быть сохранено в различных форматах.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2485346

АВТОНОМНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВПО "НИУ МЭИ") (RU)*

Автор(ы): *Цгоев Руслан Сергеевич (RU)*

Заявка № 2011154316

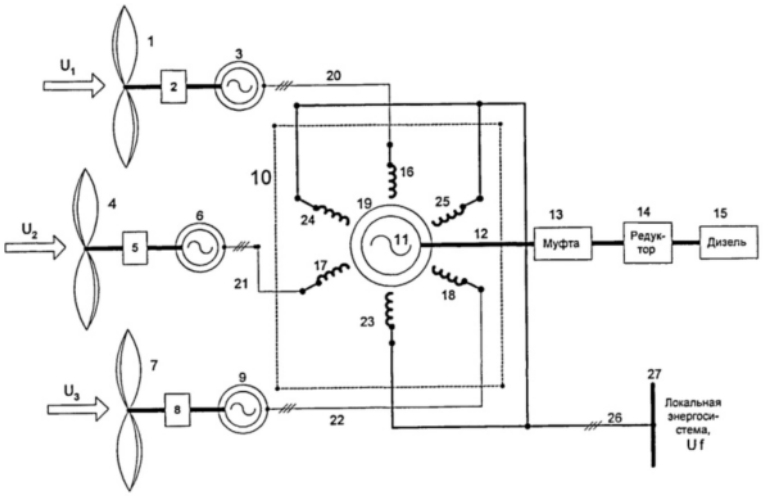
Приоритет изобретения 30 декабря 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 июня 2013 г.

Срок действия патента истекает 30 декабря 2031 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



Автономная ветроэнергетическая станция (RU 2485346): Изобретение относится к области ветроэнергетики, конкретно – к автономным ветроэнергетическим станциям, содержащим несколько ветроэнергетических установок с генераторами переменного тока. Ветроэнергетическая станция содержит несколько ветроэнергетических установок с генераторами переменного тока и электромеханический преобразователь с двигателем переменного тока, содержащий число пар полюсов, равное числу ветроэнергетических установок станции. Обмотка одной пары полюсов статора двигателя соединена со статорной обмоткой генератора только одной из ветроэнергетических установок. Статорная обмотка генератора переменного тока электромеханического преобразователя подключена к шинам переменного тока станции. Двигатель электромеханического преобразователя выполнен с дополнительными полюсами, обмотки пар которых образуют указанную статорную обмотку генератора переменного тока. Изобретение обеспечивает упрощение конструкции ветроэнергетической станции при возможности использования ее как с синхронными, так и с асинхронными генераторами. 1 ил.

В автономной ветроэнергетической станции, согласно чертежу, в первой ветроэнергетической установке ветроколесо 1 через мультипликатор 2 соединено с генератором 3 переменного тока, а вторую и третью ветроэнергетические установки образуют соответствующие элементы 4, 5, 6 и 7, 8, 9. На чертеже показано, что при подключении к локальной энергосистеме в электромеханическом преобразователе 10 ротор 11 двигателя соединен посредством вала 12 через муфту 13 и редуктор 14 с дизелем 15. Обмотки 16, 17 и 18 являются обмотками соответственно первой, второй и третьей пары полюсов статора 19 двигателя электромеханического преобразователя 10. Обмотка 16 через цепь 20 соединена со статорной обмоткой генератора 3 первой ветроэнергетической установки. Обмотка 17 через цепь 21 соединена со статорной обмоткой генератора 6 второй ветроэнергетической установки. Обмотка 18 через цепь 22 соединена со статорной обмоткой генератора 9 третьей ветроэнергетической установки. Дополнительно расположенные на статоре 19, например, три обмотки 23, 24, 25 образуют генераторные обмотки электромеханического преобразователя 10. Они через цепь 26 соединены с шинами переменного тока 27 локальной энергосистемы.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2013621582

Специализированная база данных «Энергетические характеристики створов малых ГЭС России»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (RU)*

Авторы: *Дерюгина Галина Владимировна (RU), Малинин Николай Константинович (RU), Пугачев Роман Викторович (RU)*

Заявка № 2013621350
Дата поступления 24 октября 2013 г.
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 23 декабря 2013 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности Б.П. Симонов

Специализированная база данных «Энергетические характеристики створов малых ГЭС России» (свидетельство № 2013621582): Специализированная база данных (СБД) предназначена для специалистов, занимающихся расчётами технических ресурсов малой гидроэнергетики. В СБД содержится информация по основным энергетическим характеристикам 654 створов малых ГЭС РФ и ближнего зарубежья, в том числе: расположение, назначение, современное состояние, установленная мощность, характерные объемы и отметки водохранилищ, вид регулирования и др. В СБД имеется возможность осуществлять поиск по каждому полю базы данных, используя дополнительные возможности Microsoft Access. Данная база данных будет использоваться в учебном процессе и научной деятельности кафедры НВИЭ МЭИ с 2014г.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2013660755

Программный комплекс для проведения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов малых ГЭС «МГЭС»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (RU)*

Авторы: *Александровский Алексей Юрьевич (RU), Подольский Максим Сергеевич (RU), Пугачев Роман Викторович (RU)*

Заявка № 2013618419
Дата поступления 19 сентября 2013 г.
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 18 ноября 2013 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности Б.П. Симонов

Программный комплекс для проведения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов малых ГЭС «МГЭС» (свидетельство № 2013660755): Программный комплекс предназначен для использования при проектировании объектов малой гидроэнергетики, расчетов планирования выработки электроэнергии малых ГЭС (МГЭС) в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки.

Программа позволяет выполнять водохозяйственные и водноэнергетические расчеты работы МГЭС и получать вероятностные оценки их показателей.

Расчет производится водобалансовым методом путем решения уравнения водного баланса в бассейне реки с последующей статистической обработкой полученных результатов.

Отображение информации и результатов расчетов осуществляется в числовом и графическом виде и может быть сохранено в различных форматах.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2012620870

Специализированная база данных
«Вертикальный профиль ветра»

Правообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (RU)*

Автор(ы): **Васьков Алексей Геннадьевич, Дерюгина Галина Владимировна, Тягунов Михаил Георгиевич, Чернов Дмитрий Алексеевич (RU)**

Заявка № 2012620664
Дата поступления 28 июня 2012 г.
Зарегистрировано в Реестре баз данных
28 августа 2012 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности Б.П. Симонов

Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра» (свидетельство № 2012620870): Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра» предназначена для автоматизации ветроэнергетических расчётов при проведении научных исследований и проектировании объектов ветроэнергетики.

Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра» предназначена для специалистов, занимающихся расчётами ветроэнергетических ресурсов на территории России. В базе данных содержится информация по 144 аэрологическим метеостанциям на территории России и стран СНГ.

Может быть использована в учебном процессе, научной и проектной работе.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2013620783

Специализированная база данных «Современное ветроэнергетическое оборудование»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (RU)*

Авторы: *Дерюгина Галина Владимировна (RU), Пугачев Роман Викторович (RU), Мельник Наталья Александровна (RU)*

Заявка № 2013620492
Дата поступления 14 мая 2013 г.
Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 03 июля 2013 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности Б.П. Симонов

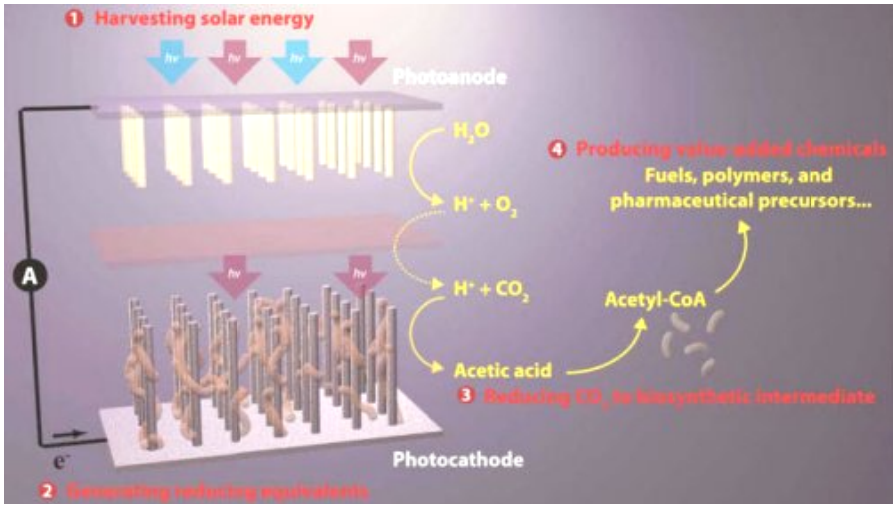
Специализированная база данных «Современное ветроэнергетическое оборудование» (свидетельство № 2013620783): Специализированная база данных (СБД) предназначена для специалистов, занимающихся расчётами технических ресурсов ветроэнергетики. В СБД содержится информация по основным характеристикам 861 ВЭУ отечественных и зарубежных производителей, в том числе: маркировка ВЭУ, массогабаритные показатели, мощностная характеристика, вид генератора и др. В СБД имеется возможность осуществлять поиск по каждому полю базы данных, используя дополнительные возможности Microsoft Excel. Данная база данных используется в учебном процессе и научной деятельности кафедры НВИЭ МЭИ с 2012г.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Разработана технология искусственного фотосинтеза, пригодная для производства топлива, пластика и лекарственных препаратов



Группа ученых из Медицинского института Говарда Хьюза (Howard Hughes Medical Institute), Национальной лаборатории имени Лоуренса (Lawrence Berkeley National Laboratory), Беркли, Института нанотехнологий и энергетики Кавли (Kavli Energy NanoSciences Institute) и Калифорнийского университета в Беркли (University of California) разработали новый процесс искусственного гибридного фотосинтеза. Эта технология приводится в действие энергией солнечного света и бактериями специальных видов, а ее применение позволит людям снизить свою зависимость от ископаемых видов энергоносителей, нефти, природного газа и угля.

Система искусственного фотосинтеза, принцип работы которой описан в онлайн-журнале ACS Nano Letters, при помощи света преобразует атмосферный углекислый газ в определенные органические соединения, которые являются "стандартными блоками" для дальнейшего получения различных видов пластмасс, фармацевтических препаратов и топлива. При этом, для осуществления вышеупомянутых превращений, системе, кроме солнечного света, не требуется электрической, тепловой или энергии другого вида, подаваемой из внешних источников.

Обычный естественный фотосинтез используется растениями для преобразования энергии солнечного света, воды и углекислого газа в углеводы и другие органические соединения. В глобальных масштабах этот естественный процесс поглощает около 130 тераватт-часов солнечной энергии для того, чтобы произвести до 115 миллиардов метрических тонн биомассы ежегодно. И если ученым удастся дать людям возможность использовать такие технологии для производства топлива и для получения энергии, то это существенно снизит зависимость человечества от ископаемых ресурсов.

Основой разработанной технологии фотосинтеза, работа которой во многом подобна естественному процессу, является фотоэлектрический полупроводниковый преобразователь на основе тончайших кремниевых полупроводников, обладающий достаточно высоким коэффициентом преобразования.

Вырабатываемая полупроводниковым преобразователем энергия "питает" анаэробные бактерии вида Sporomusa ovata, которым требуется электрический потенциал около 200 милливольт, под воздействием которого они с эффективностью около 90 процентов начинают превращать растворенный в воде кислород и углекислый газ в ацетат. Другие бактерии, генетически модифицированные Escherichia coli, перерабатывают уксусную кислоту и ацетаты в более сложные органические соединения, которые являются сырьем для дальнейшего производства *n*-бутанола, полимеров PHB и других видов еще более сложных органических веществ, входящих в состав большого количества распространенных продуктов, начиная от лаков и красок, и заканчивая антибиотиками.

Такой симбиоз твердых полупроводниковых элементов с системами на основе живых организмов является отправной точкой для дальнейших разработок полностью программируемой системы биологического синтеза, которая сможет использоваться в будущем для получения достаточно широкого ряда органических веществ, только на энергии лучей солнечного света.

dailytechinfo.org

Новые подробности о "жидком" нанолазере, способном менять длину волны излучаемого им света



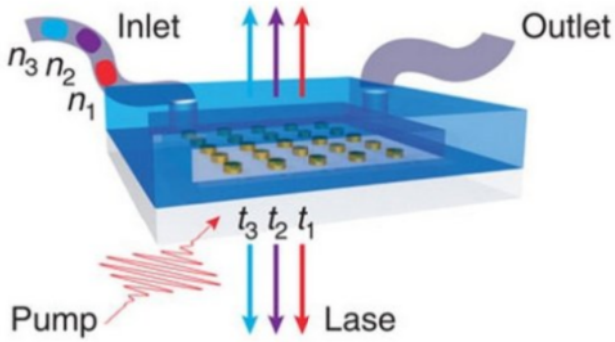
Ученые из Северо-Западного университета (Northwestern University) разработали и изготовили образцы первых жидких наноразмерных лазеров (кратко об этом мы уже писали). Особенностью этих микроскопических устройств является то, что в режиме реального времени можно управлять цветом излучаемого таким лазером света, и эта особенность позволит применять лазеры в практических целях в самых различных областях, например, для создания лабораторий-на-чипе, используемых в медицинских и биохимических исследованиях.

Следует отметить, что жидкий нанолазер очень далек от лазерных указок и лазеров других привычных нам типов.

Основой этого устройства является так называемая оптическая впадина, своего рода ловушка, куда попадают фотоны света от внешнего источника, используемого в качестве накачки.

Полость этой впадины заполнена множеством золотых наночастиц определенной формы и размера, имеющих поверхность, обладающую большим коэффициентом отражения. Свет, циркулирующий внутри оптической впадины, концентрируется в местах скопления наночастиц, фокусируется и усиливается. Благодаря такому подходу жидкий нанолазер не нуждается в зеркалах и прочих атрибутах традиционных лазеров.

Цвет света, излучаемого таким лазером, регулируется достаточно просто – путем изменения химического состава и концентрации веществ, растворенных в жидкости, заполняющей полость оптической впадины. Такие изменения позволяют регулировать длину волны в пределах 50 нанометров, от 860 до 910 нанометров, а для более глубокого изменения требуется введение в жидкость специальных молекулярных флуоресцентных веществ-красителей.



Помимо способности изменять длину волны в режиме реального времени жидкий нанолазер имеет ряд других преимуществ по отношению к нанолазерам других типов. Конструкция жидкого нанолазера очень проста, что обуславливает недорогую стоимость их производства в любых количествах. Эти нанолазеры могут работать при комнатной температуре и при некоторых условиях окружающей среды, выходящих далеко за рамки так называемых нормальных условий.

Кроме своих особенностей, жидкие нанолазеры обладают всеми преимуществами, которые им придают очень малые размеры.

Они способны работать быстрее, точнее модулировать излучаемый ими свет, нежели обычные лазеры на основе твердых или газообразных материалов. Нанолазеры способны излучать когерентный свет строго определенной длины волны, обусловленной их физическими размерами и оптическими свойствами окружающей среды.

nanonewsnet.ru по материалам dailytechinfo.org; rdmag.com

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Новая энергоэффективная система рекуперации тепла в Стэнфорде



Стэнфордский университет в Калифорнии известен тем, что там работают исследователи – лауреаты Нобелевской премии, которые делают открытия почти каждый день. Но с вводом в эксплуатацию новой системы возобновляемых источников энергии, система нагрева и охлаждения кампуса стала достойна лучших наград.

Используя первую в своем роде систему регенерации тепла и, получая значительный процент затрачиваемой электроэнергии от солнца, университет озеленяет все свои процессы, что приводит к уменьшению производства парниковых газов на 68 % и сокращению использования ископаемого топлива на 65 %.

Сам по себе кампус больше похоже на маленький город: занимает 8 000 акров, на которых расположено более 1 000 зданий, имеющих общую площадь свыше 15 млн квадратных футов (1,39 миллионов квадратных м). Выбросы CO_2 оказывают значительное воздействие на окружающую среду и составляют около 150 000 тонн в год.

Новая система заменяет то, что было когда-то ультрасовременной теплоэлектростанцией, работающей на природном газе, которая была введена в эксплуатацию в 1987 году. Она отапливала здания через сеть подземных паровых труб и охлаждала с помощью холодной воды. Зданиям в основном требовались одновременно и отопление, и охлаждение, в зависимости от потребностей в температуре для той или иной комнаты (компьютерные залы и лаборатории).

«В основном, если думать, что кондиционирование воздуха или охлаждение являются не доставкой холода, а, скорее, сбором тепла, процесс становится понятнее», – объясняет Джо Стагнер (Joe Stagner), исполнительный директор отдела устойчивости и управления электроэнергией Стэнфорда.

После завершения своего маршрута, пар возвращался на электростанцию в виде очень горячей воды, называемой конденсат, наряду с охлажденной водой, которая собирала тепло от зданий. Вернувшись на теплоэлектростанцию, избыточное тепло просто отправлялось в атмосферу в результате испарения через градирни.

Но кампус рос, и старая система уже не могла обеспечивать все нужды, поэтому университету приходилось покупать относительно дорогую энергию от энергосети. В то же время инженеры электростанции заметили, что циркуляция охлажденной воды, собирающей тепло от кампуса, 75 % времени происходит параллельно с поставкой пара для отопления. В этот момент родилась идея системы рекуперации тепла.

В рамках новой системы, известной как SESI (Stanford Energy Systems Innovations), тепло, ранее просто улетавшее в атмосферу, собирается из охлаждающих труб новой установкой регенерации тепла, которая затем перемещает его на новый цикл с горячей водой. Университет заменил паровые трубы на 22 мили трубами с горячей водой, одновременно переоборудовав точки подключения пара 155 зданий под горячую воду.

«Что делает SESI, так это использует тепловые насосы, подключенные к электричеству, для принятия избыточного тепла из системы охлаждения, чтобы горячая вода обогревала кампус, вместо того чтобы тепло попросту уходило в никуда, тем самым значительно увеличивая эффективность», – говорит Стагнер. – «И с помощью электричества для питания системы вместо природного газа мы можем использовать возобновляемые источники энергии и не сжигать газ, тем самым прекратив загрязнение воздуха».

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



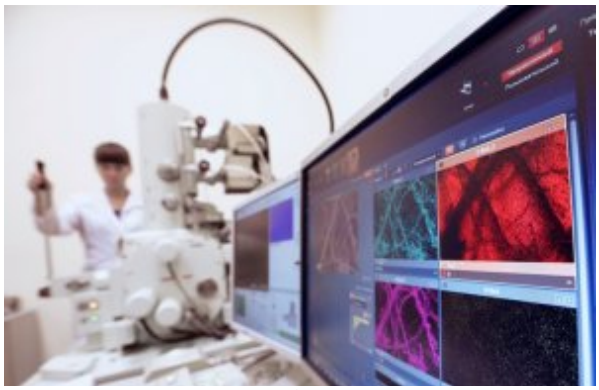
Система SESI, управляемая специально разработанным для неё запатентованным программным обеспечением, по утверждениям ученых, на 70 % эффективнее, чем предыдущая теплоэлектростанция, снижает одновременно потери тепла, что было проблемой в предыдущей системе распределения. Она также была построена с запасом мощности в 25 % для того, чтобы покрыть неизбежный рост кампуса до 2050 года. А поскольку не будет больше потери пара, новая система будет экономить около 70 % воды, используемой в центральной котельной, что означает экономию 15–18 % в общем объеме воды на территории кампуса.

Facepla.net по материалам: Stanford University

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

В Новосибирске ученые создали стандарт измерения для нанотехнологий



© ИТАР-ТАСС/Артем Геодакян

НОВОСИБИРСК, 30 апреля. /ТАСС/. Специалисты новосибирского Института физики полупроводников СО РАН создали стандарт измерения высоты поверхности, который может применяться для настройки и калибровки высокоточной аппаратуры, в том числе применяемой в сфере нанотехнологий, сообщил в четверг журналистам старший научный сотрудник института Сергей Косолобов.

«Для области нанотехнологий существование стандартов калибровки приборов, которые измеряют высоту или профиль поверхности, – очень важная задача. Таких стандартов на данный момент в мире нет. 90–100 нанометров есть, и все, что меньше, – нет. Мы создали эталонный объект, его сейчас регистрируют в государственном реестре средств измерений», – сказал Косолобов.

Он пояснил, что первоначально ученые занимались созданием идеально гладкой поверхности и учились контролировать перестройку атомов при внесении изменений в структуру какой-либо поверхности, например образца кремния. Физикам удалось получить поверхности, которые не содержат на себе слоев атомов – «атомных ступеней».

«Зачем это нужно? Когда нам приносят биологи какой-то объект и говорят: "Мы хотим знать его форму», – мы должны положить его на какую-то подложку. Но если подложка сама имеет какую-то форму, мы будем мерить совокупность двух форм, и реальную трудно вычленить", – пояснил Косолобов.

Впоследствии, рассказал он, физики начали располагать на заданных местах поверхности от одной до нескольких сотен «атомных ступеней», что и привело к созданию нового стандарта измерений высоты. Этот стандарт уже используется производителями атомно-силовых и интерференционных микроскопов.

nanonewsnet.ru по материалам tass.ru

Задача минимум – захватить мир

Домашние аккумуляторы от Tesla поступят в продажу этим летом. Чуть более месяца назад «Пятый ЭлементТ» сообщил о готовящемся сюрпризе от Tesla и предположил, что, скорее всего, это будут домашние бытовые аккумуляторы. Предположение оказалось верным, и подтвердил его сам Илон Маск, выступивший с презентацией новинки в калифорнийской дизайн-студии Tesla.

Он представил батареи двух типов, различающихся емкостью и, соответственно, ценой. Первый, Powerwall, представляет собой относительно компактный (1300x860x180 мм) и по-тесловски элегантный модуль, способный украсить любую гостиную. Но главное его преимущество, конечно, не в красоте. Эта литий-ионная аккумуляторная батарея по сути выполняет функции компьютерного блока питания, но в масштабах целого дома. Она может аккумулировать энергию как от солнечных панелей, так и от обычной сети, чтобы отдавать ее в вечерние часы, на которые приходится пик энергопотребления. Емкость такой установки 10 кВт·ч; при разумном использовании этого вполне достаточно, чтобы обеспечить суточные потребности небольшой семьи. Стоит аккумулятора 3 000 долларов – в несколько раз меньше, чем предполагали эксперты, так что новинка окажется по карману многим домохозяйствам, во всяком случае, в Калифорнии.

«Старший брат» Powerwall, система Powerpack, предназначена для промышленных предприятий. Она обладает в 10 раз большей емкостью, но стоит уже 25 000 долларов. Производиться аккумуляторы будут на «Гигофабрике» Tesla, строительство которой заканчивается в Неваде. Как ожидается, первые экземпляры поступят в продажу уже этим летом.

Сам Илон Маск исполнен оптимизма в отношении своего нового детища. Он считает, что домашним аккумуляторам от Tesla под силу если не подкосить рынок углеводородов, то, по крайней мере, поколебать его.

«160 млн блоков обеспечит энергией США; 900 млн – весь мир, – заявил на презентации Илон Маск. – Если вы хотите перевести весь транспорт и отопление в мире на возобновляемый источник энергии, понадобится 2 млрд блоков».

5thelement.ru

Использование графена позволит превратить экраны мобильных устройств в трехмерные голографические проекторы



За последние годы ученые из различных организаций ведут интенсивные исследования, направленные на создание миниатюрных голографических проекторов или на превращение в такие проекторы экранов различных мобильных устройств. Голографические проекторы позволяют отображать трехмерные изображения, для просмотра которых не требуется использования специальных стереоскопических очков, и за все время было предложено множество методов реализации технологий трехмерного отображения. А недавно исследователи из Технологического университета Свинбурна (Swinburne University of Technology), Австралия, разработали еще одну новую технологию, в основе которой лежит использование графена, позволяющую снабдить

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

функциями голографического проектора экраны смартфонов, планшетных компьютеров и других мобильных устройств.

"Наша технология позволяет создавать миниатюрные и универсальные оптические компоненты, применяемые для управления потоком света", – рассказывает Мин Гу (Min Gu), директор Центра микрофотоники (Centre for Micro-Photonics) университета Свинбурна, – "и, используя эти компоненты, мы можем создать высококачественный трехмерный дисплей с очень широким углом обзора, который идеально подходит для использования в мобильных телефонах и планшетах".

В своих исследованиях австралийские ученые выяснили, что использование чистого графена, восстановленного из окиси графена, нанесенного на поверхность дисплея особым образом, позволяет получать широкоугольное полноцветное трехмерное изображение. И делается это при помощи освещения всей структуры короткими импульсами единственного фемтосекундного лазера, которые позволяют изменить коэффициент преломления отдельных участков графеновой пленки.

Подобная технология была известна и раньше, но применение окиси графена для создания трехмерных визуальных эффектов вовлекала процессы теплового обращения. Используемые температуры были настолько велики, что не все материалы выдерживали их без потерь, а создаваемые дисплеи из-за этого не могли обеспечить достаточного уровня контрастности изображения. В новом технологическом процессе, разработанном австралийскими учеными, короткие импульсы лазерного света служат для динамического изменения показателя преломления графеновой пленки. Участки графена, имеющие разные показатели преломления, являются пикселями, из которых формируется голографическое изображение, видимое даже невооруженным глазом.

Основой данного достижения является работа этой группы ученых, проведенная ими еще в 2013 году, в результате которой было выяснено, что окись графена может использоваться для очень и очень глубокой модуляции показателя преломления крошечных участков этого материала. Ученые закодировали рассчитанное компьютером изображение кенгуру в последовательность импульсов лазерного света и создали трехмерную голограмму на листе полимера с нанесенным на его поверхность слоем окиси графена.

"Если вы имеете возможность динамически управлять коэффициентом преломления материала, то вы можете воспроизвести множество оптических эффектов различных типов", – рассказывает Мин Гу, – "Благодаря одноатомной толщине графена и его необычайно высокой механической прочности, он может быть использован для построения голограмм не только "твердыми" дисплеями нынешних компьютеров и телефонов, его можно применить для создания гибких трехмерных дисплеев, которыми, видимо, будут снабжаться почти все электронные устройства будущего".

dailytechinfo.org



Льготы для электромобилей

«Зеленые» машины в России станут доступнее. По данным газеты «Ведомости», страны-участницы Евразийского экономического союза намерены в ближайшие годы снизить импортные пошлины на ввоз комплектующих для электрокаров, а также для электрозаправочных станций. Это следует из проекта плана поддержки производства электромобилей в странах союза на 2015–2016 годы, подписанного накануне вице-премьерами России, Казахстана, Белоруссии и Армении. Согласно документу в страны ЕАЭС можно будет беспошлинно ввозить двигатели для электрокаров, редукторы, аккумуляторные батареи и другие комплектующие. Кроме того, владельцы электромобилей будут освобождены от утилизационного сбора и получат целый ряд льгот, например, право бесплатного проезда по платным автомагистралям и возможность передвигаться по выделенным полосам для общественного транспорта. По словам министра промышленности Евразийской экономической комиссии Сергея Сидорского, инициатором проекта выступила российская сторона. «Объединив ресурсы государств-членов ЕАЭС, мы сможем создать конкурентные производства электромобилей», – отметил чиновник. Документ планируется принять в 2015–2016 годах.

5thelement.ru

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

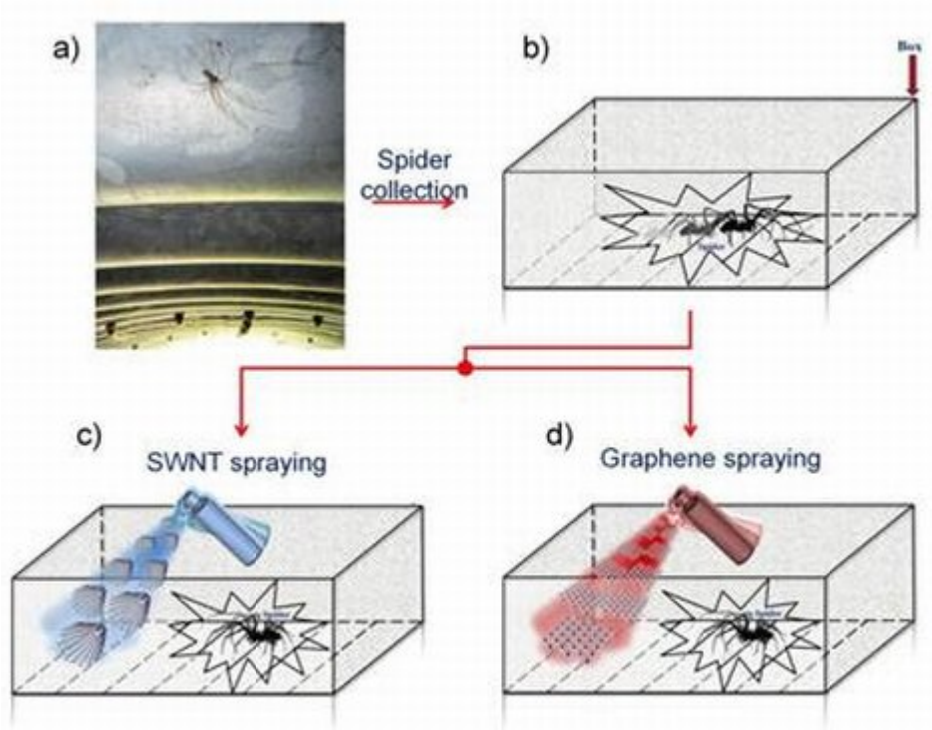
Паук + графен = сверхпрочная паутина



Ученые обнаружили способ, позволяющий заставить пауков прясть беспрецедентно прочную шелковую паутину, которая минимум в 3,5 раза прочней паутины, производимой пауками в обычных условиях, являющаяся, как известно, вторым по прочности материалом естественного происхождения. Прочность и эластичность новой паутины настолько высока, что сплетенная из нее сетка сможет остановить летящий самолет. А ключом к получению сверхпрочной паутины стало "опыление" пауков водным раствором графена и углеродных нанотрубок.

Исследователи из университета Тренто (University of Trento), Италия, нашли достаточно простой и оригинальный метод объединения одного из самых прочных материалов искусственного происхождения с одним из самых прочных материалов естественного происхождения. Для такого объединения группа из пяти пауков вида Pholcidae была "опылена" водным раствором, в котором содержались частички графена, размерами от 200 до 300 нанометров.

Вторая группа пауков была "опылена" раствором, в котором содержались углеродные нанотрубки. И сделано это было для сравнения эффекта от воздействия двух родственных наноматериалов. К сожалению, нанотрубки не так способствовали увеличению прочности паутины, как графен. Паутина с нанотрубками была чуть прочнее самой прочной паутины, которую ткет паук вида Caerostris darwini. Но и инъекция графена паукам не дала однозначных результатов. После обработки некоторые пауки так и продолжали прясть обычный шелк, а организмы четырех пауков из двух партий не выдержали такого издевательства над собой и погибли, не успев произвести на свет ни сантиметра паутины.



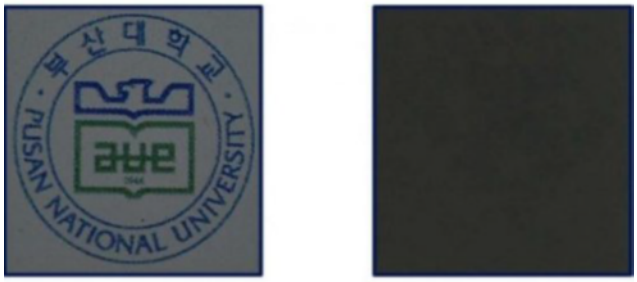
В настоящее время ученые еще не уверены до конца, каким именно образом наноматериалы попадают в волокна паутины. Одни ученые выдвинули предположение, что нанотрубки и частички графена попадают в волокна, когда шелк только выходит из тела паука, находясь еще в полумягком состоянии. Другие ученые полагают, что наноматериалы поглощаются организмом пауков и затем попадают в вырабатываемый ими шелк.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Данными экспериментами ученые продемонстрировали, что подход, который может быть применён и по отношению к живым существам других видов, позволит производить наполовину естественные и наполовину искусственные материалы, обладающие высочайшей прочностью, эластичностью и другими характеристиками. Эти качества позволят использовать новые материалы в робототехнике, в космический, авиационной технике, в науке и во многих других областях.

dailytechinfo.org

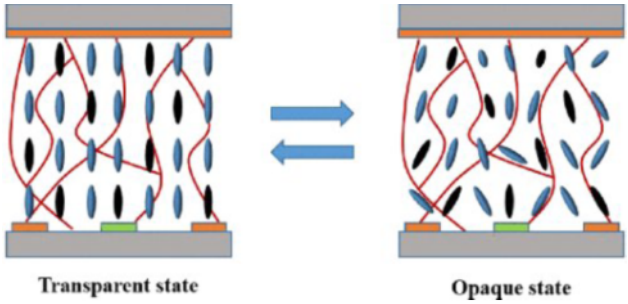
Миниатюрные высокотехнологичные "ставни" превратят оконные стекла в LCD-дисплеи



Исследователи из Пусанского национального университета (Pusan National University), Южная Корея, разработали технологию изготовления миниатюрных высокотехнологических «ставень», способных переключаться из прозрачного в непрозрачное состояние менее чем за миллисекунду. Такие оптические элементы, нанесенные на поверхность оконного стекла, не только позволят «закрывать шторы» простым щелчком выключателя, их быстродействия достаточно для того, чтобы превратить оконное стекло в качественный жидкокристаллический дисплей.

В подавляющем большинстве существующих на сегодняшний день прозрачных дисплеях используются светодиоды на основе органических соединений (organic light emitting diode, OLED). Такие дисплеи за счет малых размеров всех электронных компонентов остаются практически полностью прозрачными в выключенном состоянии, но стоит только включить такой дисплей, он перестает быть прозрачным для того, чтобы изображение находящихся позади экрана предметов не накладывались на изображение на экране.

Пиксели прозрачных дисплеев сделаны из прозрачных светоизлучающих компонентов. Если у работающего OLED-дисплея оставить прозрачный фон, то отображаемую на нем информацию будет прочесть достаточно тяжело. Поэтому в таких дисплеях используются микроскопические «ставни», которые при включении дисплея срабатывают и блокируют поступающий сзади свет. В настоящее время существует два вида таких «ставней», использующих разные оптические принципы, но ни один из них не способен полностью заблокировать свет для обеспечения чисто черного фонового цвета. Кроме этого, оба вида «ставень» весьма «прожорливы» по отношению к энергии, им требуется электрический ток и значительное время для переключения в непрозрачное состояние и наоборот.



Исследовательская группа, возглавляемая профессором Тэ-Хун Иун (Tae-Hoon Yoon), разработала «ставни» нового типа, лишенного вышеперечисленных недостатков. В этой технологии были объединены две другие технологии: поглощения и рассеивания света на жидкокристаллических ячейках, содержащих дихроические красители.

Свет, который следует по путям, выделенным на рисунке красными линиями, рассеивается нитями полимерного материала и поглощается частичками красителя, которые окружают электроды. Когда на эти электроды подается определенный электрический потенциал, молекулы красителя выравниваются по отношению к электрическому полю, делая дисплей абсолютно непрозрачным. Когда потенциал снимается, молекулы красителя выравниваются перпендикулярно электродам, что переключает дисплей в прозрачное состояние.

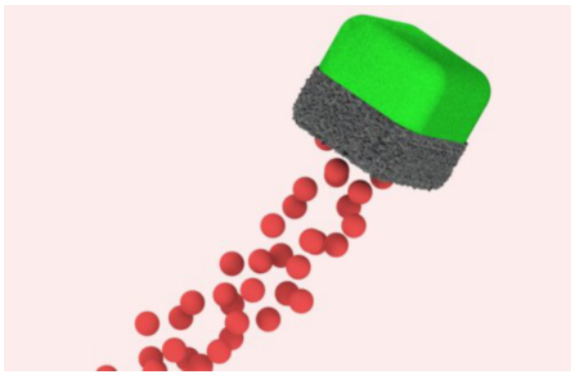
Поскольку молекулы красителя активируются при помощи электрического поля и имеют малые габариты, они могут переключиться из одного состояния в другое менее чем за одну миллисекунду. Кроме этого, такая технология не требует расхода энергии для того, чтобы поддерживать экран в прозрачном состоянии.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

В самом скором времени группа профессора Иуна займется разработкой бистабильного варианта «ставень», которые будут потреблять энергию только в момент переключения между прозрачным и непрозрачным состояниями дисплея. И только после этого начнутся работы по разработке технологии производства специализированной пленки, покрытия, которое может превратить в прозрачный ЖК-дисплей оконное стекло.

dailytechinfo.org

"Двуликие" наночастицы-реактивные микродвигатели увеличат эффективность водородных топливных элементов



Водородные топливные элементы – это многообещающая технология для экологически чистых автомобилей, единственным продуктом работы которых является вода. Но вся привлекательность этой технологии, которая позиционируется в качестве замены двигателей внутреннего сгорания, пока еще перечеркивается проблемами, связанными с хранением газообразного водорода. Однако существуют методы производства газообразного водорода прямо в системе автомобиля, и недостаточная эффективность таких методов может быть увеличена до приемлемого уровня путем использования реактивных микродвигателей, в роли которых выступают специальные "двуликие" наночастицы.

Водородные топливные элементы работают, сжигая на катализаторе водород при помощи поступающего из атмосферы кислорода, вырабатывая при этом электрическую энергию и водяной пар. Вместо того чтобы хранить газообразный водород в больших резервуарах высокого давления, некоторые ученые предлагают использовать жидкие концентрированные растворы содержащих водород солей, таких, например, как борогидрид натрия, которые выделяют водород под воздействием металлического катализатора.

Большинство таких катализаторов, используемых для извлечения водорода из растворов солей, изготавливаются в виде наночастиц или очень тонких пленок. Но скорость и эффективность извлечения водорода в таких системах ограничены дезактивацией катализаторов из-за плохого перемешивания раствора и накопления на поверхности катализатора побочных продуктов каталитической реакции.

Ученые из Калифорнийского университета в Сан-Диего решили вышеописанную проблему при помощи специальных наночастиц, размером около 20 микрон, которые действуют как реактивные микродвигатели. Эти частицы, получившие название "частиц Януса" в честь двуликого римского божества, имеют две части, одна из которых изготовлена из платины, обладающей высокими каталитическими свойствами, а вторая – из нейтрального титана.

Когда эти частицы погружаются в раствор борогидрида натрия, платиновая сторона частицы вступает в бурную реакцию с молекулами водородосодержащей соли, а сторона, покрытая титаном, остается бездействующей. Водородный "выхлоп" с платиновой стороны заставляет частицу двигаться в жидкости со скоростью около 250 микрометров в секунду.

Беспорядочно движущиеся частицы способствуют быстрому перемешиванию раствора борогидрида натрия, что обеспечивает постоянный приток к их каталитической поверхности не израсходовавших еще водород молекул солей. Кроме этого, постоянное движение частиц не дает нерастворимым продуктам каталитической реакции укрепиться на поверхности платиновой стороны, снижая площадь ее рабочей поверхности, что поддерживает всегда максимальную эффективность работы катализатора. В результате такого подхода топливный элемент с "двуликими" частицами выделяет в девять раз больше водорода, нежели топливный элемент с обычным статичным катализатором.

Исследователи продемонстрировали работоспособность разработанной ими технологии на игрушечном автомобиле с водородным топливным элементом, приведенным в действие "частицами Януса". Но на нынешнем уровне развития технологий ничто не мешает использовать подобный подход и для приведения в действие топливных элементов обычных водородных автомобилей.

dailytechinfo.org

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Российский графен

Работа ученых из РАН попала на обложку топового журнала Английского королевского общества

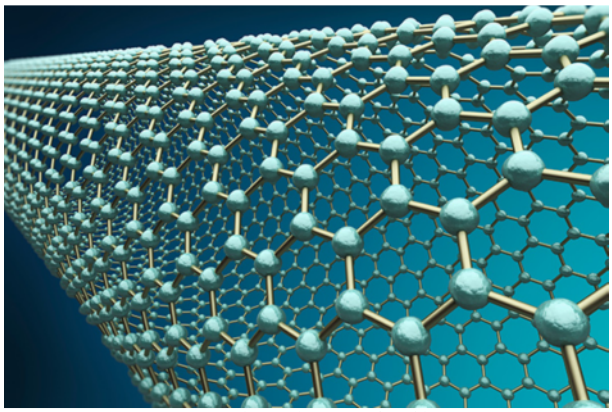


Фото: Science Picture Co. / Corbis



Изображение: Royal Society of Chemistry

Российские ученые из Института органической химии имени Зелинского Российской академии наук под руководством профессора Валентина Ананикова разработали эффективный метод визуализации дефектов на поверхности графена и других углеродных материалов, позволяющий за короткое время локализовать тысячи дефектов с помощью стандартной техники микроскопического исследования. Это важно для понимания физико-химических и механических свойств материалов, и является одной из основных задач современных нанотехнологий.

Метод, предложенный учеными, основан на свойстве наночастиц металлов, которые избирательно адсорбируются по краям дефектов, в результате чего контуры дефектов «прочерчиваются» цепочками металлических наночастиц, и их видно в электронный микроскоп.

С помощью этого подхода химикам удалось установить, что на поверхности углеродных материалов дефекты располагаются не хаотически, а образуют упорядоченные структуры.

Работа выполнена учеными с участием международного исследовательского коллектива, а ее результаты опубликованы в журнале Chemical Science Королевского химического общества Великобритании и отмечены на его обложке. Авторы исследования рассказали «Ленте.ру» о своей работе.

По следам графеновых дефектов

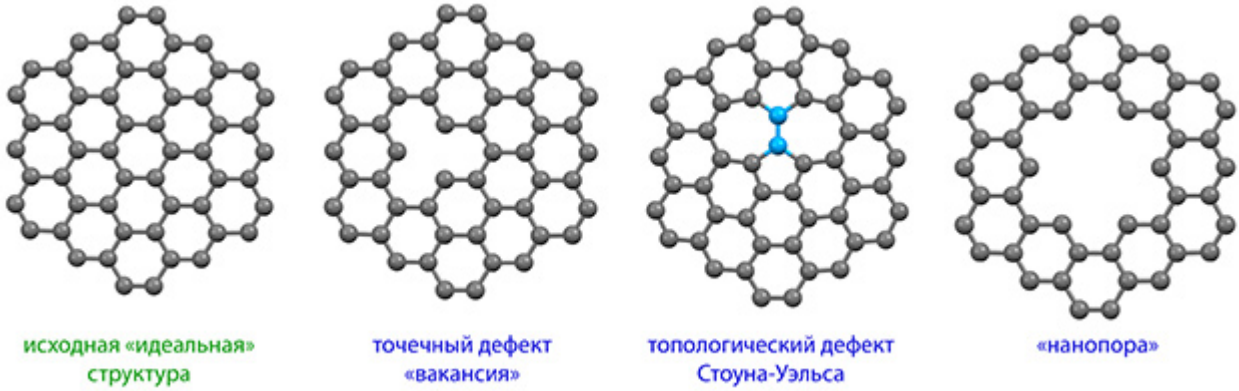
Экспериментальные исследования свойств графена, проведенные в последнее десятилетие, спровоцировали настоящий «графеновый бум». Сегодня исследования графена и других двумерных материалов на его основе можно условно выделить в отдельную область нанотехнологий.

Особенность графена – высокая подвижность носителей заряда. Графен отличается высочайшей теплопроводностью, электропроводностью и способностью изменять эти свойства в зависимости от модификации своей структуры и от природы внешних воздействий. Поэтому графен и его производные часто рассматриваются как перспективные компоненты электронных устройств нового типа и химических сенсоров.

Например, присоединение к плоскости графена различных функциональных групп не только изменяет электронную проводимость этого материала, но и обеспечивает ему избирательное сродство к определенным молекулам из внешней среды, в том числе биологическим. Свойства графена можно изменить и за счет замещения части его атомов углерода на другие атомы, в частности кремний или германий.

Графен – родоначальник целого класса двумерных структур. Условно этот класс разделяют на две группы. К первой группе относятся структуры на основе самого графена, функционализированного графена (то есть модифицированного различными химическими группами), гибридных графеновых материалов (например, гибриды графена и углеродных нанотрубок). Вторая группа – графен, выступающий в роли только структурного образца, прообраза, но непосредственного отношения к графену эти структуры не имеют. Например, силицен – структурный аналог графена, состоящий не из атомов углерода, а из атомов кремния.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Некоторые типы дефектов в графене на примере небольшой нанопластины
V. P. Ananikov et al

Важнейший способ управления свойствами двумерных материалов и, в частности, графена – направленное введение в их двумерную сетку структурных дефектов. «Идеальный» графен состоит только из строго упорядоченных шестичленных циклов. Однако отклонения от этой идеальности дают возможность регулировать как физические, так и химические свойства графена.

Неуловимые дефекты

Прямое наблюдение дефектов графена чрезвычайно затруднено. Более того, некоторые дефекты являются динамическими, то есть способны менять свое местоположение и «мигрировать» по поверхности углеродного материала. В результате дефекты могут самоорганизовываться – сливаться или выстраиваться вдоль определенного направления. В работе было показано, что повышенную реакционную способность графеновых дефектов можно использовать для их локализации в пространстве и сортировки по химической активности. Методика поиска графеновых дефектов проста и поэтому эффективна.

На первой стадии готовится раствор комплекса палладия в органическом растворителе. При небольшом нагревании в этом растворе образуются наночастицы палладия. Добавление углеродного материала приводит к быстрой адсорбции наночастиц палладия на его поверхности, и этот процесс легко контролируется даже визуально: темно-красный раствор превращается в бесцветный.

Затем образец углеродного материала можно исследовать под микроскопом. Наночастицы группируются на точечных дефектах или выстраиваются в линии вдоль линейных дефектов. Более активные дефекты связываются с наночастицами металла более прочно. Значит, есть возможность не только установить пространственное положение дефектов, но и оценить их химическую активность.

В результате исследований было установлено, что на одном квадратном микрометре поверхности углеродного материала может быть до двух тысяч дефектов (реакционноспособных центров). При этом в некоторых случаях дефекты располагаются по поверхности в виде упорядоченных структур.

Предложенный метод – эффективный инструмент подбора условий для получения графеновых материалов с заданным пространственным расположением дефектов определенной химической активности. А это открывает путь для создания новых типов наноструктурированных катализаторов, в которых молекулы реагентов размещаются не хаотически, а только на выделенных и упорядоченных местах, то есть подвергаются предварительной организации. Это еще один контролируемый способ получения новых графеновых продуктов с заданными свойствами.

Дорогостоящее соревнование

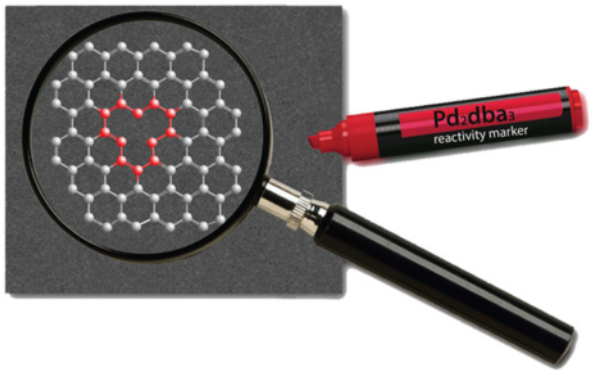
«Исследование графеновых систем – чрезвычайно сложная задача на передовом крае современной науки. Провести работу подобного уровня нам удалось только при поддержке Российского научного фонда, обеспечившего достойное финансирование этого проекта», – подчеркнул руководитель работы профессор Анаников.

Помимо финансирования самих исследований, для графеновой гонки крайне важен доступ к новейшему оборудованию. Как правило, первыми добиваются успеха научные группы, располагающие уникальными установками. Наши ученые в своей работе использовали целый комплекс из высокопроизводительных установок – синхротрон во Франции, высокоразрешающий электронный микроскоп в Японии и мощнейший суперкомпьютер в Московском государственном университете.

Выполненное на суперкомпьютере молекулярное моделирование – принципиальный момент, поскольку теоретическое исследование представляет независимое доказательство природы наблюдаемых явлений. К счастью, для российских ученых суперкомпьютер МГУ, входящий в верхние строчки мирового рейтинга, обеспечивает такую возможность и делает

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

российскую науку более конкурентноспособной в столь сложной и динамичной области науки.



Локализация дефектов углеродных наноматериалов, значительно влияющих на их физико-химические и механические свойства — одна из важнейших задач современных нанотехнологий V. P. Ananikov et al

Дефекты неизбежны и даже необходимы

Дефекты кристаллов – важнейший объект изучения физики и химии твердого тела. От концентрации дефектов напрямую зависят эксплуатационные характеристики изделий. Например, дефекты уменьшают механическую прочность материала, изменяют его токопроводящие свойства. В полупроводниковой промышленности стараются получить кристаллы полупроводниковых материалов с как можно меньшим количеством дефектов.

Если в области материаловедения дефекты играют, скорее, негативную роль и от них стараются по возможности избавиться, то в химии дефекты кристаллов весьма полезны. Так, в гетерогенном катализе химическая реакция происходит на твердой поверхности частицы катализатора, и именно дефекты поверхности зачастую выполняют функцию каталитических центров, то есть мест, где и происходит каталитическая реакция. Поэтому для химии и химической технологии умение контролируемо управлять дефектами поверхности – это путь к созданию катализаторов с заданной каталитической активностью и селективностью (то есть способностью ускорять именно целевую реакцию из всего множества реакций, осуществимых с данным набором реагентов).

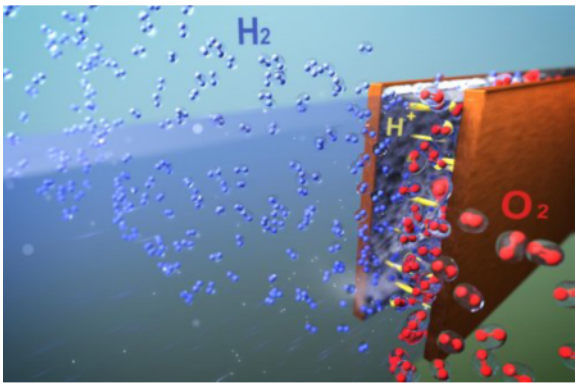
Такие каталитические системы активно используются в настоящее время как в крупнотоннажной химической промышленности (переработка нефти и газа, получение топлива), так и в тонком органическом синтезе (синтез лекарств и биологически активных соединений).

lenta.ru



Разработан новый простой метод получения водорода из воды путем электролиза

Простое и надежное устройство, разработанное исследователями из Швейцарского федерального политехнического университета Лозанны (Swiss Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL), позволит реализовать производство водородного топлива из воды по более низкой стоимости, нежели это было возможно до последнего времени.



В разработанной швейцарскими исследователями технологии электролиза не используются помещаемые между электродами дорогостоящие ионные мембраны, кроме этого, она обладает некоторыми другими преимуществами по сравнению с обычными технологиями электролиза.

В течение достаточно долгого времени ученые бьются над задачей замены ископаемых видов топлива водородом. Поскольку водород при сгорании не выделяет ничего, кроме чистой воды, он является идеальным топливом для экологически чистого транспорта и идеальным средством для промежуточного хранения энергии, получаемой от возобновляемых источников, таких как Солнце и ветер. Однако, производство водорода, заключающееся в расщеплении молекул воды на водород и кислород под воздействием электрической энергии, остается попрежнему крайне дорогостоящим и не способно конкурировать с обычным топливом и другими источниками энергии.

Группа из EPFL, возглавляемая профессором Деметри Псальтисом (Demetri Psaltis), разработала технологию универсального и упрощенного процесса электролиза воды. Играя с балансом между механическими силами, электрическими силами и силами

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

поверхностного натяжения, исследователи избавились от необходимости использовать ионные мембраны, которые разделяют электроды в обычных электролизных системах.

Электрический ток в электролизной ячейке течет от катода к аноду. Этот ток и воздействие катализаторов заставляют молекулы воды расщепляться на кислород и водород. Для того чтобы воспрепятствовать смешению этих газов и образованию взрывоопасной гремучей смеси, между электродами устанавливают полимерные мембраны, проводящие ионный электрический ток и изготовленные из материала под названием нафион (Nafion). Такие мембраны, сами по себе достаточно дорогостоящие, имеют ограниченный срок службы и работают в растворах с высокой кислотностью, что сужает круг используемых катализаторов.

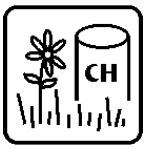
Чтобы избавиться от ограничений, связанных с необходимостью использования ионных мембран, ученые разместили электроды на расстоянии нескольких сотен микрометров друг от друга, превратив электролизную ячейку в микропотоковое устройство. Когда жидкость в таком устройстве перемещается со скоростью, превышающей некий предел, газы, водород и кислород, выделяются в противоположных направлениях за счет эффекта Сержеа-Сильберберга (Segre-Silberberg effect), разделяясь безо всякой мембраны.

Такая конструкция электролизной ячейки позволит создать устройства-электролизеры, способные работать с любыми типами жидких электролитов и с любыми катализаторами, которые более не будут подвергаться риску повреждения при работе в чрезвычайно кислой среде. Такая универсальность невозможна в обычных системах, в которых нормально работают только катализаторы на основе благородных металлов, таких как платина.

"Наше устройство обладает потенциалом для резкого увеличения эффективности по отношению к другим методам расщепления воды, в которых используются ионные мембраны," – рассказывает Мохаммад Хашеми (Mohammad Hashemi), один из исследователей, – "Кроме того, общая эффективность расщепления воды увеличивается за счет отсутствия ионной мембраны, которая ограничивает ионную проводимость электролита и выступает в роли паразитного электрического сопротивления"

В настоящее время исследовательская группа разрабатывает такую конструкцию новых электролизных ячеек, которая одновременно обеспечит еще большую эффективность процесса расщепления и подойдёт для условий массового производства.

dailytechinfo.org



Заправиться опилками



В Финляндии наладили производство биодизеля из древесных отходов.

Финская компания UPM начала выпуск жидкого биотоплива по собственной уникальной технологии. Производственная линия построена на базе целлюлозно-бумажного предприятия Kaukas в городе Лаппенранта. Инновационный биодизель будет продаваться под брендом BioVerno. Производится он из талового масла, образующегося в результате переработки целлюлозы. По сравнению с обычным дизелем BioVerno сокращает выброс парниковых газов на 80 %, при этом на таком топливе могут работать все современные дизельные двигатели. Как отметили в UPM, объем инвестиций в новое производство составил 175 млн евро. Планируется выпускать не менее 120 тысяч тонн биодизеля в год. Производитель уже заключил контракт на дистрибуцию своей продукции с крупнейшим североевропейским нефтяным трейдером – компанией NEOT.

«Мы рады, что можем перейти от пилотной стадии к промышленной и наконец сосредоточиться на производственном процессе», – заявил куратор направления биотоплива в компании UPM Петри Кукконен.

5thelement.ru

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Семидесятиметровая велосипедная дорожка из солнечных панелей за полгода может обеспечить электричеством один дом на год

Разработчики технологии SolaRoad, которые построили велосипедную дорожку с солнечными панелями на окраине Амстердама, подсчитали результаты первых 6 месяцев своей работы: дорожка протяженностью 70 метров генерирует столько электроэнергии, сколько хватит на снабжение электричеством одного среднестатистического домохозяйства в течение одного года.



Осенью прошлого года компания TNO построила велосипедную дорожку из солнечных панелей на окраине Амстердама. 70 метров дорожного полотна состоит из модулей размером 2,5x3,5 метра, панели защищены от повреждений сантиметровым слоем закалённого стекла и выдерживают нагрузку большого грузовика. До конца года эту дорожку планируют удлинить до 100 метров.

Специалисты с помощью своего инновационного проекта тщательно исследовали все эксплуатационные качества технологии SolaRoad. Конечно, недостатки есть, защитное стекло отслаивается при резких перепадах температуры воздуха.

За полгода велосипедная дорожка сгенерировала почти 3 000 кВтч — этого достаточно для обеспечения электричеством среднестатистического нидерландского домохозяйства в течение года. Площадь дорожки составляет сейчас 250 квадратных метров. Площадь Московской кольцевой автомобильной дороги составляет 4, 5 миллионов квадратных метров. МКАД, оборудованный такими солнечными панелями, мог бы генерировать 50 миллионов кВтч. Этой энергии хватило бы для 50 тысяч жителей мегаполиса.

zeleneet.com

Электротрава у дома



Краснодарские ученые создали газон, способный вырабатывать электричество.

Группа ученых из Кубанского госуниверситета работает над созданием газона, способного вырабатывать электрический ток, сообщает Южное аграрное агентство.

В общих чертах инновационная технология выглядит следующим образом: в корневую систему травы подсаживаются определенного типа бактерии, которые вступают в химическую реакцию с анодом, расположенным под поверхностью газона, а графитовый катод расположен на поверхности, и катализатором напряжения между ними служат непосредственно растения.

«Сейчас у нас есть небольшой лабораторный образец, – рассказывает руководитель проекта, кандидат биологических наук Никита Волченко. – Он вырабатывает 9–12 вольт электричества – вполне достаточно для питания небольшого светодиодного элемента. Разумеется, газон большей площади будет вырабатывать больше энергии. Для начала мы хотим обустроить три-четыре квадратных метра, чтобы было легко за ним ухаживать, а в дальнейшем речь может идти и более масштабном использовании, например высадке таких газонов вдоль дорог».

Добавим, что аналогичные разработки ведутся и за рубежом, однако получить работающий образец удалось пока лишь краснодарским ученым. Если эксперимент окажется удачным, они планируют оформить официальный патент на свое изобретение. Завершить проект ученые планируют уже к концу этого лета.

5thelement.ru

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



В Аргентине создали детскую книгу, закопав которую можно вырастить дерево

Детское издательство Pequeno Editor из Аргентины выпустило в продажу книгу для детей My Dad Was in the Jungle (Мой папа был в джунглях), на примере которой издатели намерены наглядно продемонстрировать подрастающему поколению процесс появления книг.



В переплете издания спрятаны семена растения жакаранда, и как гласит текст на одной из страниц, после прочтения книгу нужно закопать в землю и со временем на этом месте вырастет дерево. Такая очередность продемонстрирует детям необходимость ответственного отношения к природе, заботы о книгах и пробудит в их сознании интерес к множеству естественных процессов.

Что касается самой книги, то ни бумага, ни чернила, используемые в процессе ее печати, не оказывают никакого вредного воздействия на окружающую среду. По словам представителей Pequeno Editor, все компоненты этой детской книги являются полностью органическими, благодаря чему они безопасно разлагаются в земле за короткий срок.

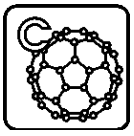
Также в издательстве отметили, что на данный момент весь тираж книги My Dad Was in the Jungle частично производится вручную и это издание в компании называют пилотным. Но в будущем есть все предпосылки для того, чтобы сделать подобные книги массовым товаром, так как они уже вызвали немалую заинтересованность у многих сторонних компаний.

Подобным образом можно издавать различные садово-огородные журналы с семенами декоративных растений, различные романы с сакральным смыслом, по примеру «Мальчишника», и прочую литературу.

Идея для современного издательства получилась действительно новаторской и востребованной, так как она порождает собой целый сегмент печатной продукции, который можно подгонять под различные категории читателей.

В издательстве Pequeno Editor заявили, что готовы на разумных условиях делиться технологией производства таких книг со всеми желающими, и уже сейчас известно, что созданием такого необычного продукта всерьез заинтересовались во многих мировых издательствах. Таким образом, уже сейчас можно ждать появление подобных «посевных» книг и журналов по всему миру, в том числе и у нас в России.

zeleneet.com

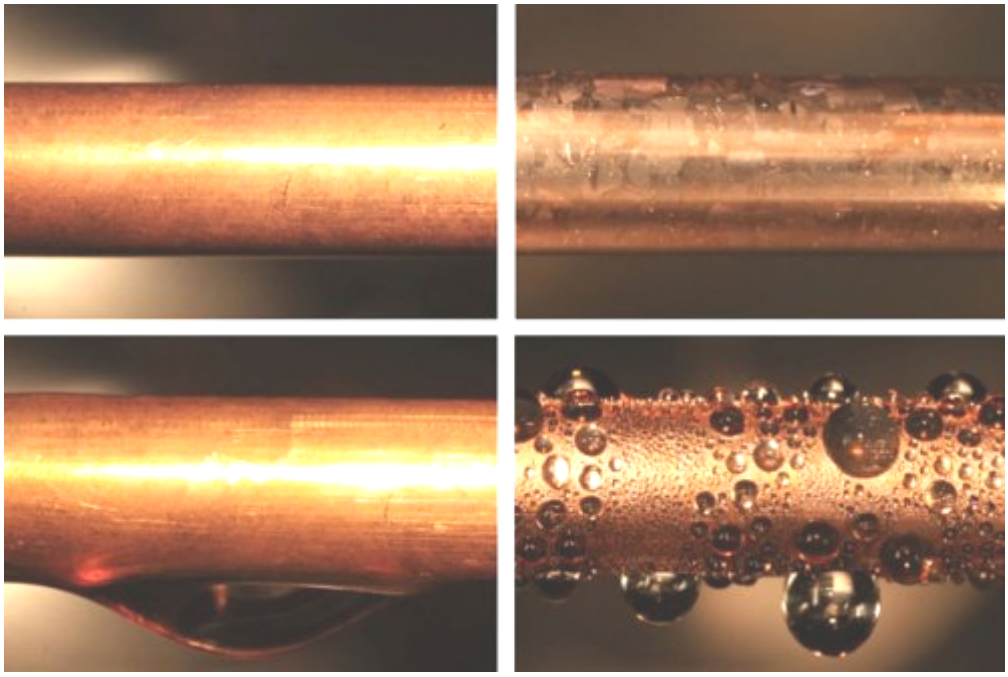


Графеновое покрытие элементов теплообменников и пароконденсаторов позволит увеличить эффективность тепловых электростанций

В настоящее время достаточно значительная часть от общего количества электрической энергии, вырабатываемой на всем земном шаре, приходится на долю тепловых электростанций, на которых сжигается газ, уголь и другие виды ископаемого топлива. Естественно, что все время ученые и инженеры стараются разработать новые технологии, направленные на увеличение эффективности тепловых электростанций, и недавно исследователи из Массачусетского технологического института предложили применение графенового покрытия для некоторых элементов теплообменников и пароконденсаторов, что позволяет увеличить эффективность тепловых электростанций на несколько процентов. А эти несколько процентов выливаются в миллионы долларов экономии ежегодно для одной отдельной электростанции.

На традиционной тепловой электростанции энергия сжигаемого топлива используется для превращения воды в перегретый пар. Этот пар вращает лопасти турбины, связанной с электрогенератором, теряя при этом свою энергию и превращаясь обратно в жидкую воду. Вода снова нагревается, превращается в пар и цикл полностью повторяется.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



Исследователи из Массачусетского технологического института изучили работу активных элементов теплообменников и пароконденсаторов, которые используются на последнем этапе цикла тепловой станции. Исследования показали, что покрытие их поверхности слоем графена позволит в три-четыре раза увеличить эффективность процесса теплопередачи. Так как этот этап является одним из ключевых этапов цикла тепловой станции, увеличение его эффективности приведет к увеличению общей эффективности работы станции в целом на 2–3 процента. И, несмотря на такой незначительный прирост, эти проценты могут обеспечить экономию на уровне миллионов долларов в год.

Теплообменники и пароконденсаторы, которые представляют собой катушки из металлической, обычно медной, трубки, размещенные в потоке пара, теряют свою эффективность за счет образования на их поверхности тонкой водяной пленки, которая выступает в роли тепловой изоляции. Известно, что графен обладает сильными гидрофобными (водоотталкивающими) свойствами и эта особенность материала была использована для того, чтобы оседающая на поверхности влага формировалась в виде капель, которые не задерживаются на поверхности надолго. Ранее были предприняты попытки изготовления полимерных гидрофобных покрытий, но они закончились неудачей из-за того, что эти покрытия были достаточно толстыми, выступая сами как тепловой изолятор, или служили короткое время, выходя из строя под воздействием перегретого пара.

Испытания элементов теплообменников, покрытых графеном, были произведены в среде обычного, нагретого до 100 градусов Цельсия, водяного пара. Эти испытания показали, что теплопроводность таких элементов в четыре раза превышает теплопроводность элементов, на поверхности которых нет никакого покрытия. А при повышении температуры пара и увеличении перепада температур в теплообменнике теплопроводность может быть увеличена в 5–7 раз.

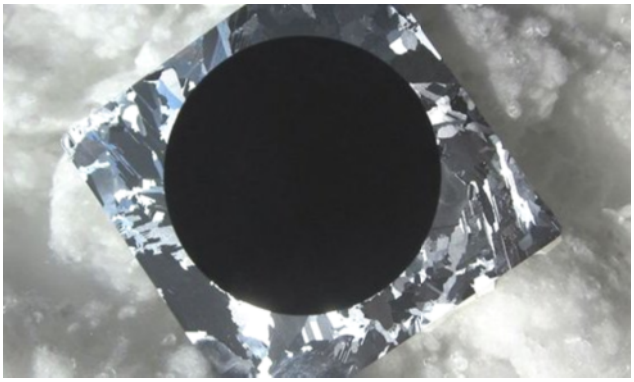
Что крайне важно, графеновое покрытие не показало никаких признаков деградации в течение испытаний, которые длились две недели. Для сравнения, качество одного из самых стойких полимерных покрытий начало ухудшаться уже через 3 часа, а через 12 часов оно полностью прекратило работать.

Нанесение графенового покрытия на элементы теплообменников и пароконденсаторов производится при помощи стандартного процесса химического осаждения из паровой фазы. А исследователи планируют довести все разработанные ими технологии до коммерческого уровня уже к концу этого года.

dailytechinfo.org

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Установлен новый рекорд по эффективности преобразования кремниевых солнечных батарей



Исследователи из университета Аальто (University of Aalto), Финляндия, установили новый рекорд по эффективности преобразования солнечного света в электрическую энергию для кремниевых солнечных батарей. Ключом к этому достижению, которое на целых четыре процента превысило предыдущий рекордный показатель, стал так называемый черный кремний, а солнечные батареи на основе такого кремния способны эффективно собирать свет, падающий на их поверхность под большими углами.

Черный кремний получается из обычного кремния, на поверхности которого выращивается плотный «лес» из наноразмерных кремниевых иголок. Такое преобразование поверхности делает материал менее светоотражающим за счет образования оптических ловушек, улавливающих фотоны света, падающие под большим углом к плоскости поверхности. Такой тип солнечных батарей является идеальным решение для получения энергии в районах, располагающихся на больших высотах, кроме этого, такие солнечные батареи будут более дешевы по сравнению с обычными, поскольку они не нуждаются в нанесении специального антибликового покрытия.

Главная проблема, которая пока препятствует распространению солнечных батарей из черного кремния, является так называемая рекомбинация носителей электрического заряда. Когда фотон света сталкивается с атомом кремния, энергия фотона высвобождает электрон, из которых, как известно, образуется электрический ток. Достаточно часто этот электрон снова объединяется с пустующим местом, электронной дыркой, а энергия фотона света тратится впустую, превращаясь в никому не нужное тепло. Количество таких рекомбинаций прямо пропорционально площади кремния, а в черном кремнии, обладающем большой площадью, количество теряемой энергии составляет приблизительно половину.

Увеличение показателя эффективности до 22,1 процента стало возможным благодаря использованию тонкой алюминиевой пленки, покрывающей поверхность наноразмерных структур, которая выступила в качестве химической и электронной защиты, препятствуя рекомбинации носителей электрического заряда. Кроме этого, в новой солнечной батарее использовались дополнительные металлические проводники, которые улучшили отвод свободных электронов, т.е. вырабатываемой батареей энергии на ее обратную сторону.

Использованные исследователями два метода позволили сохранить от рекомбинации всего четыре процента от вырабатываемой энергии. Тем не менее потенциал данной технологии еще далеко не исчерпан. В ближайшем будущем ученые изготовят солнечные батареи на основе черного кремния *n*-типа, а не *p*-типа, в которых будут использованы еще кое-какие новые решения и материалы, что позволит увеличить их эффективность еще на какую-то величину.

dailytechinfo.org

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 знаменательную 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 государствоведения.
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 7 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. Андронова** – за выдающиеся работы в области классической механики и теории управления.
Срок представления работ до 11 января 2015 года.
7. Премия имени **А.Н. Колмогорова –** за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 25 января 2015 года.
8. Премия имени **Л.И. Мандельштама** – за выдающиеся работы по физике и радиофизике.
Срок представления работ до 4 февраля 2015 года.
9. Премия имени **А.А. Шахматова** – за выдающиеся работы в области источниковедения, текстологии, языкознания.
Срок представления работ до 5 марта 2015 года.
10. Премия имени **А.А. Маркова** – за выдающиеся результаты в области математики.
Срок представления работ до 14 марта 2015 года.
11. Премия имени **И.В. Гребенщикова –** 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.
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.

* Кроме премии имени Д.С. Лихачева (пункт 34).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях поощрения ученых за научные труды, научные открытия и изобретения, имеющие важное значение для науки и практики, Российская академия наук присуждает золотые медали и премии имени выдающихся ученых.

Золотые медали присуждаются за выдающиеся научные работы, открытия и изобретения или по совокупности работ большого научного и практического значения.

В конкурсах на соискание золотых медалей могут участвовать лишь отдельные лица персонально.

Премии присуждаются за отдельные выдающиеся научные работы, открытия, изобретения, а также за серии научных работ по единой тематике.

На соискание премий могут быть представлены работы или серии работ единой тематики, как правило, отдельных авторов. При представлении работ выдвигаются лишь ведущие авторы, причем не более трех человек.

Право выдвижения кандидатов на соискание золотых медалей и премий предоставляется:

а) академикам и членам-корреспондентам 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. Везироглу денежной премией за достигнутые успехи, в 2008 году журнал награжден Премией «Российский Энергетический Олимп-2008».

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Под эгидой журнала проведен ряд научных форумов:

- Первый Международный симпозиум «Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2000.
- Второй Международный симпозиум «Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2003.
- Первый Всемирный конгресс «Альтернативная энергетика и экология» WCAEE-2006.
- Первая Международная конференция «Водород и возобновляемые источники энергии» ICHRSE-2006.
- Третий Международный симпозиум «Безопасность и экономика водородного транспорта» IFSSEHT-2006.
- Первый Международный симпозиум «Водородные сенсоры и рекомбинаторы» ISHSR-2006.
- Национальный Российский семинар «Получение альтернативных энергоносителей с помощью атомно-водородного цикла» АВЭ-2007.

Материалы всех мероприятий опубликованы в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология».

Все статьи, поступающие в журнал, рецензируются, реферируются, в кратчайшие сроки согласуются с авторами и публикуются в журнале. Авторские коллективы лучших научных работ участвуют в конкурсах редколлегии и награждаются почетными дипломами, грамотами, призами и наградами, учрежденными Международной редколлегией журнала и одобренными ООН.

Редколлегия Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология» (http://isjaee.hydrogen.ru/) приглашает руководителей и исполнителей проектов к публикации рукописей по результатам проведенных исследований и выполненных научно-технических работ по следующим основным направлениям:

1. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы.
2. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии.
3. Технологии новых и возобновляемых источников энергии.
4. Технологии создания и обработки полимеров и эластомеров.
5. Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов.
6. Технологии производства топлив и энергии из органического сырья.
7. Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом.
8. Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф.
9. Технологии создания мембран и каталитических систем.
10. Технологии водородной энергетики.
11. Нанотехнологии и наноматериалы.
12. Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем.
13. Базовые и критические специальные и промышленные технологии.
14. Технологии обеспечения защиты и жизнедеятельности населения и опасных объектов при угрозах террористических проявлений.
15. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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.

Форма № 1-ISJAEE

ПЕРЕЧЕНЬ
необходимых материалов для публикации в Международном научном журнале «Альтернативная энергетика и экология»

По тематике: _____

Тематика определяется в соответствии с Тематикой журнала Form3б 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	Подрисуночные подписи на русском языке	
12	Подрисуночные 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 соответствие 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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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-ISJAEE -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, отчеств 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:

- воспроизвдение 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;
- распросранение 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*

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Form 01-ISJAEE

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 - ISJAEE и Form1-ISJAEE. 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-ISJAEE 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).*

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 Редколлегией.

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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 р**укописи 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 ISJAEE:** 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 ISJAEE.**

В форме сообщается о том, что рукопись прошла процедуру рецензирования в Международном Совете Рецензентов (научное качество) и научно-техническую экспертизу (техническая реализуемость) в Международном Совете Экспертов Редколлегии Международного научного журнала «Альтернативная Энергетика и Экология». В этой же форме сообщается об оценке качества рукописи и об научно-технической ценности идеи или концепции (устройства). Рукописи присваивается один из статусов формы FORM 20 ISJAEE и сообщается об окончательной дате публикации. Перечень статусов формы **FORM 20 ISJAEE**: 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 ISJAEE, в котором рукописи присваивается **Статус (5)** по форме **FORM 21 ISJAEE**.

Перечень статусов формы **FORM 21 ISJAEE**: α – рекомендовать в Наградному комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Орденом Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получить выдающийся научный результат, β – рекомендовать в Наградному комитету Редколлегии наградить авторский коллектив Медалью Редколлегии за многолетнюю научную работу, позволившую получитьзначительный 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 ISJAEE**, в которой сообщается о **Статусе (13)** в соответствии с Перечнем статусов формы **FORM 13 ISJAEE**: 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-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 редакционной номер и дата поступления.

Журнал публикует исключительно оригинальные статьи. Автор несет полную ответственность за соблюдение этого требования.

Раздел 2. Порядок представления рукописей

Для своевременного выхода журнала убедительно просим соблюдать следующие правила оформления рукописей:

1. Рукопись представляется как в машинописном, так и в электронном виде. Бумажный вариант рукописи представляется в 1 экземпляре, который обязательно подписывается авторами на обороте.

Объем рукописей:

- краткие сообщения – до 7 страниц (1800 печатных знаков),
- объем статей, как правило, не должен превышать 12 страниц,
- письма в редакцию – до 4 страниц,
- объем научных обзоров – не более 40 страниц.

2. Рукопись сопровождается:

- сопроводительным письмом руководителя организации, представляющей рукопись, оформленным экспертным заключением или другим документом, разрешающим опубликование в открытой печати (1 экз.), утвержденным руководителем организации и заверенным гербовой печатью. Экспертное разрешение представляют только авторы из России;
- компакт-диском или дискетой, содержащей обязательный пакет электронных файлов, перечисленных в **разделе III.**

3. Текст аннотации на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (12 кегль) в одном файле в следующем порядке: наименование статьи, авторы, наименование организации, аннотация на русском языке; далее, через 2 строки, в той же последовательности − на английском языке. Аннотация излагается в индикативной форме, в состав аннотации в обязательном порядке должны входить: область исследования (2-3 предложения), теоретические положения (5-6 предложений), экспериментальные исследования (6-7 предложений, основные результаты работы (4-5 предложений, предполагаемые потребители результата (2-3 предложения).

Аннотация также публикуется на сайте международного научного информационного портала «Водород» (на русском и английском языках).

4. Текст авторского резюме (15 строк) на русском и английском языках печатается шрифтом Times New Roman (10 кегль) должен содержать: место работы, должность, образование, научное звание, ученая степень, награды и научные премии, профессиональный опыт, основной круг научных интересов, количество публикаций каждого из авторов. Желательно включить: ORCID, индекс Хирша, Research ID, SPIN, и другие наукометрические показатели.

5. Фотографии авторов для резюме в формате TIFF или JPEG. Фотографии авторов представляются в обязательном порядке.

6. Текст реферата (одна страница) для опубликования в реферативных журналах (РЖ) ВИНИТИ, «Письма в журнал “Альтернативная энергетика и экология”» (на английском языке).

Параметры страницы:

- **формат** А4 (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** А4 (210 × 297 мм);
- **межстрочный интервал** полуторный;
- **шрифт** Times New Roman (12 кегль).

Сообщение может включать фотографии и графики.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 (МВт/см^2) − прямым (обычным) шрифтом. Символы ($\Re$, $\wp$, $\otimes$, $\in$ 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 (1*a*, 2*b*) 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.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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;

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

(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 (MANUSKRIPT 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).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ВНИМАНИЕ!!!

Вместе с электронной версией всех перечисленных документов необходимо направить в редакцию оригиналы всех документов обычной почтой заказным письмом по след адресу: 607183, г. Саров Нижегородской обл., а/я 687.

Редколлегия обращает внимание авторов на то, что несоблюдение приведенных выше правил может задержать публикацию материала и привести к отклонению рукописи от процесса дальнейшего рассмотрения!!! Отклоненные редколлегией рукописи (в бумажном и электронном виде) авторам не возвращаются.

В случае отклонения рукописи автор может в течение трех месяцев направить в редакцию уведомление и исправленный вариант в соответствии с требованиями редакции (при этом за рукописью сохраняется регистрационный номер), а также восстанавливается очередь публикации.

Раздел 5. Обязательства Редакции перед Высшей Аттестационной Комиссией

Редакция обязуется обеспечивать:

1. Наличие института рецензирования (для экспертной оценки рукописей). Обязательное предоставление редакцией рецензий по запросам авторам рукописей и экспертным советам в Высшую Аттестационную Комиссию Российской Академии Наук.

2. *Информационную открытость издания*.

Наличие и развитие сетевой версии журнала в Интернете по адресу http://isjaee.hydrogen.ru/. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах должны находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках, полнотекстовые версии статей в свободном доступе или доступными только для подписчиков, но не ранее чем через год после выхода материала.

3. Регулярное предоставление информации об опубликованных статьях по установленной форме в систему *Российского индекса научного цитирования*.

4. Обязательное указание состава редакционной коллегии или совета с указанием учёной степени и учёного звания на сайте научного периодического издания.

5. Обязательное указание *мест работы всех авторов и контактной информации для переписки*.

6. *Строгая периодичность*.

7. Наличие *пристатейных библиографических списков* у всех статей в формате, установленном журналом из числа предусмотренным действующим ГОСТом.

8. Наличие *ключевых слов* на русском и на английском языках для каждой публикации.

9. *Наличие и строгое соблюдение опубликованных правил представления рукописей авторами*.

10. *В случае отказа в публикации статьи редакция отправляет автору мотивированный отказ*.

12. Наличие *ISSN 1608-8298*.

13. Наличие подписного индекса: *ОАО «Роспечать» **20487***, *Объединенного каталога «Пресса России» **41935***, Каталога российской прессы "Почта России".

14. Развивать специализацию: по химии, по энергетике, по наукам о Земле, по инженерно-агропромышленным специальностям.

Раздел 6. Стоимость и порядок оплаты публикаций

Стоимость публикации рукописи складывается из: А – предпечатной подготовки, экспертизы материалов и рецензирования , а также из Б – стоимости публикации. Стоимость публикации рукописи составляет 20% от стоимости экспертизы и рецензирования рукописи, а также стоимости предпечатной подготовки (литературная обработка, графическая обработка, компьютерная верстка, работа переводчика): Б=0,2 А.

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **резидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-инновационный центр «Криос»

Предварительное рецензирование и предпечатную подготовку рукописей физических лиц и организаций, являющихся **нерезидентами** РФ, осуществляет предприятие ООО Научно-технический центр «ТАТА».

Оплата нерезидентами РФ производится на валютные счета НТЦ «ТАТА» в удобной для них валюте: в рублях, долларах или евро (по курсу ЦБ РФ) на день платежа на расчетные счета Научно-технического центра «ТАТА».

Порядок оплаты публикаций

1. Стоимость подготовки публикации рукописи с 01 июля 2014 года составляет:

– для физических лиц – 25 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);

– для ВУЗов – 30 € за страницу (для авторов из России в рублях по курсу ЦБ);

– для научно-исследовательских институтов РАН – 20 € за страницу (в рублях по курсу ЦБ);

– для предприятий, относящихся к малым формам – 40 € за страницу (для российских предприятий в рублях по курсу ЦБ);

– для министерств регионального уровня – 30 € за страницу (для организаций из России в рублях по курсу ЦБ);

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

– 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 – К = 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).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

– 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 – К = 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 – К = 0,8 (за превышающий объем);
– объем от 151 до 200 страниц включительно – К = 0,6 (за превышающий объем);
– объем свыше 200 страниц – К = 0,4 (за превышающий объем);
– специальный выпуск в многотомном варианте – К = 0,6 за каждый последующий том;
– специальный выпуск в полноцветном варианте – К = 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.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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		БИК	042204721
ИНН 7701000940	КПП 525402001		
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.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ТЕМАТИКА МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ»

I. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

1. Солнечная энергетика

А.Штейнфелд (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, Сиб. отд. 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

2-4-0-0Парусная 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
С.П. Капица (Россия, Москва, ИФЛ им. П.Л. Капицы)

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 микрогидроэлектростанций

6-2-0-0 Деривационные микрогидроэлектростанции

7. Нетрадиционные источники возобновляемой энергии

В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

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.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
А.Г. Чудин (Россия, Москва, Федеральное Агентство по атомной энергии РФ) (МНКСР)
В.А. Афанасьев (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
М.А. Прелас (США, Коламбия, Университет Миссури) (МРК)

9-1-0-0 Атомно-водородная энергетика
Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНС)
А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
В.Н. Фатеев (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

9-1-1-0 История атомно-водородной энергетики
Н.Н. Пономарев-Степной, акад. РАН (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (РНС)
А.Я. Столяревский (Россия, Москва, РНЦ «Курчатовский институт») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

9-1-2-0 Высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР) для производства водорода высокотемпературными (T = 1000° C) методами

9-1-3-0 Быстрые реакторы с натриевым охлаждением (БН) для получения среднетемпературного тепла (T = 500° 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° 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. Фортов, акад. РАН (Россия, Москва, Институт теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур 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 энергетики
М.А. Сырунин (Россия, Саров, ИФВ РФЯЦ ВНИИЭФ)

10-2-1-0 Постановки задач взрывной энергетики

10-2-2-0 Подвижные лагранжево-эйлеровы сетки

10-3-0-0 Взрывная дейтериевая энергетика

10-4-0-0 Взрывная энергетика для синтеза новых веществ

10-4-1-0 Синтез и спекание материалов взрывом

10-4-2-0 Ударно-волновое спекание материалов

10-4-3-0 Компьютерное моделирование процессов ударно-волнового спекания материалов

10-5-0-0 Взрывчатые вещества

10-6-0-0 Взрывные камеры
А.А. Штерцер (Россия, Новосибирск, ООО «НПП “МАТЕМ”») (МРК)

10-7-0-0 Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны

10-8-0-0 Энергетические материалы и физика детонации

10-9-0-0 Уравнения состояния и фазовые переходы

III. ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

11. Термоядерная энергетика

В.Н. Лобанов (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)

11-1-0-0 Исследования в области управляемого термоядерного синтеза

11-2-0-0 Рентгеновский термоядерный синтез

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

11-3-0-0 Пучковый термоядерный синтез

11-4-0-0 Инерциальный термоядерный синтез

11-5-0-0 Изотопный эффект

11-6-0-0 Криогенные тритиевые мишени

11-7-0-0 Мишени высокого давления для исследования процессов мюонного катализа ядерных реакций синтеза

11-8-0-0 Международный проект термоядерного энергетического реактора ИТЭР

11-9-0-0 Радиологическая защита и ядерная безопасность

11-10-0-0 Производство радиоизотопов и их применение
М.А. Казарян (Россия, Москва, ФИАН им. Лебедева) (МРК)

11-11-0-0 Топливный цикл и экология

11-12-0-0 Проектирование, строительство и эксплуатация ядерных исследовательских и энергетических реакторов

11-13-0-0 Промышленное производство компонентов и материалов, необходимых для использования в ядерных реакторах и их топливных циклах

11-14-0-0 Снятие с эксплуатации, дезактивация и обращение с отходами энергетических реакторов

11-15-0-0 Исследования в области технологии производства лазеров и их применения

11-16-0-0 Системы ТОКАМАК

11-17-0-0 Промежуточные системы с магнитным удержанием

IV. ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА

12. Водородная экономика

Ф. Караосманоглу (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
З. Сен (Турция, Стамбул, Стамбульский технический университет) (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

12-1-0-0 История водородной энергетики
Т.Н. Везироглу (США, Майами, МАВЭ, UNIDO-ICHET) (ПГР)
А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)

12-2-0-0 Безопасность водородной энергетики
А.Г. Галеев (Россия, Сергиев Посад, ФГУП «НИИхиммаш») (МРК)
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
Л.Ф. Беловодский (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)

12-2-1-0 Рекомбинаторы водорода
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

12-2-2-0 Системы обдува инертными газами

12-2-3-0 Безопасность криогенных систем

12-2-4-0 Технологии безопасного использования водорода на борту транспортных средств

12-3-0-0 Газоаналитические системы и сенсоры водорода
Я. Клеперис (Латвия, Рига, Университет Латвии) (МРК)
А.М. Полянский (Россия, С.-Петербург, ООО «НПК Электронные пучковые технологии») (МРК)
В.М. Арутюнян, акад. НАН Армении (Армения, Ереван, Ереванский государственный университет) (РНС)
Ю.Шунман (Нидерланды, Делфт, Делфтский технический университет) (МНКСР)
Л.И. Трахтенберг (Россия, Москва, Институт химической физики 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)
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 металлогидридных системах
М.Д. Хэмптон (США, Орландо, 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, Коламбия, Университет Миссури-Коламбия) (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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

12-5-7-0 Высокотемпературный метод
12-5-8-0 Гидраты
С.П. Габуда (Россия, Новосибирск, ИНХ СО РАН) (МРК)
12-5-9-0 Бортовые конверторные устройства преобразования органических веществ в водород
12-5-10-0 Генерирование водорода на борту в реакции взаимодействия воды с различными металлами (алюминий, магний и т. д.)
12-5-10-1 Механические и электрические способы удаления окисной пленки во время реакции
12-5-10-2 Химические способы удаления окисной пленки во время реакции
12-5-10-3 Ультразвуковые способы удаления окисной пленки во время реакции
12-5-10-4 Способы увеличения удельной поверхности металлов реагентов
12-5-10-5 Термические и барические методы интенсификации реакции генерации водорода
12-5-10-6 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бортового применения
12-5-10-7 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для бытового применения
12-5-10-8 Устройства для генерации водорода в реакции взаимодействия воды и металлов для промышленной энергетики
12-5-10-9 Физико-математические модели описания процессов генерации водорода
12-5-10-10 Перспективные направления развития метода для воплощения его на борту транспортных средств
12-5-11-0 Получение водорода из глубинного морского сероводорода
И.М. Неклюдов (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)
Н.А.Азаренков (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (МРК)
В.И. Ткаченко (Украина, Харьков, Харьковский физико-технический институт) (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 Неустановившиеся 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-Грегуар (Франция, Тулон-Вар, Университет Тулон-Вара) (ЗГР)
А.Т. Пономаренко (Россия, Москва, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН) (МНКСР)
Л.В. Спивак (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, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)
В.И. Кодолов (Россия, Ижевск, Научно-образовательный центр химической физики и мезоскопии УдНЦ УрО РАН) (МНКСР)
Ю.С. Нечаев (Россия, Москва, ФГУП «ГНЦ РФ – Центральный институт черной металлургии им. И.П. Бардина») (МНКСР)
Б.П. Тарасов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МНКСР)
Ю.Д. Третьяков, акад. РАН (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)

13-1-0-0 Наносистемы: синтез, свойства, применение
Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ) (РНС)
В.В. Куршева (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

13-2-0-0 Фуллереновые структуры и углеродные наноматериалы для теплоизоляции

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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, Ереван-ский государственный 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») (МРК)
А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

14-1-0-0 Термодинамический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике

14-2-0-0 Эксергетический анализ основных энергетических процессов в альтернативной энергетике

VII. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

15. Основные проблемы энергетики и альтернативной энергетики

15-1-0-0 Аккумулирование электрической энергии

15-2-0-0 Сверхпроводящие материалы. Сверхпроводимость. Сверхпроводимость в энергетике

15-3-0-0 Новые циклы и схемы термотрансформаторов

15-4-0-0 Проблемы освещения мегаполисов

16. Применение гелия и специальных материалов в транспортных средствах

Ю.А. Рыжов, акад. РАН (Россия, Москва, Международный инженерный университет) (РНС)

16-1-0-0 Дирижабли для перевозки крупногабаритных грузов

16-2-0-0 Дирижабли для контроля за чрезвычайными ситуациями в мегаполисах: автоинспекция, пожарная безопасность, антитерроризм, наблюдение за техническим и экологическим состоянием промышленных зданий и сооружений. Энергонадзор (контроль тепловых утечек зданий в масштабе города)

16-3-0-0 Пожарные, нейтрализационные, полицейские дирижабли

17. Энергетика и экология

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
О.Л. Фиговский (Израиль, Мигдал Ха'Емек, Израильский исследовательский центр «Polymate») (МРК)
М.В. Воробьева (Россия, Москва, ГИРЕДМЕТ) (МРК)
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

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) (МРК)
А.А. Боброва (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ)

19. Экология и энергоресурсы пустынь

20. Вода, ее свойства. Водоподготовка, применение

21. Вибрация и акустические воздействия энергетических объектов на окружающую среду

VIII. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА, СМИ, ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВА

22. Законодательная база

П.Б. Шелищ (Россия, Москва, Государственная Дума РФ, президент НАВЭ) (МНКСР)

22-1-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики в России

22-2-0-0 Законодательное обеспечение инновационного развития водородной энергетики

22-3-0-0 Законодательная база альтернативной энергетики стран СНГ

22-4-0-0 Законодательная база экологии

IX. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ

23. Образование и научно-исследовательские центры

Л.А. Илькаева (Россия, Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МНКСР)
Б.Ф. Реутов (Россия, Москва, Федеральное агентство образования и науки РФ) (МРК)
А.В. Чувиковский (Россия, Саров, ИПК РФЯЦ-ВНИИЭФ) (МРК)
Ю.П. Щербак (Россия, Саров, СарФТИ) (МНКСР)
Ж.-П. Концен (Бельгия, Кармановский институт гидрогазодинамики) (МРК)
23-1-0-0 Образовательная деятельность в области альтернативной энергетики и экологии
23-1-1-0 Образовательная деятельность в рамках школьной программы.
23-1-2-0 Образовательная деятельность в вузах
23-2-0-0 Водородные технопарки, наукограды
23-3-0-0 Молодежь в науке и технике

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



X. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭЭ



24. Экономические аспекты

24-1-0-0 Инвестиционная привлекательность различных стран мира и фирм

24-2-0-0 Запасы традиционных энергоресурсов стран экспортеров и мировые запасы

24-3-0-0 Государственные научно-технические программы развития водородной энергетики

24-4-0-0 Экономический анализ
В.А. Хуснутдинов (Россия, Москва, РАО «ЕЭС России») (МРК)

24-5-0-0 Бизнес-планирование



XI. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, УСТРОЙСТВА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ



25. Нанотехнологии для альтернативной энергетики

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
В.В. Куршева (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
О.Н. Ефимов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН)

25-1-0-0 Нанотехнологии в процессах синтеза оксидов металлов, в производстве твердооксидных топливных элементов

25-2-0-0 Нанотехнологии в изготовлении клеточных каркасов для медицинских целей

25-3-0-0 Радиационно-химические нанотехнологии в производстве новых типов фторполимерных композиционных материалов



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

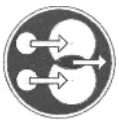
33-3-0-0 Водород в ядре Земли

33-4-0-0 Геология и геохимия природных газов зон глубинных разломов

33-5-0-0 Транспорт ювенильного водорода через толщу Земли и формирование электрозаряженных 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. Исмагилов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)
С.М. Алдошин, акад. РАН (Россия, ИПХФ РАН, Черноголовка) (РНС)
В.Н. Пармон, акад. РАН (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (РНС)
В.А. Кириллов (Россия, Новосибирск, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) (МРК)
О.Н. Ефимов (Россия, Черноголовка, ИПХФ РАН) (МРК)
Н.Н. Вершинин (Россия, ИПХФ РАН, Черноголовка)

34-1-0-0 Каталитические методы синтеза альтернативного топлива

34-2-0-0 Катализ в совмещенных схемах «производство энергии и получение полезных продуктов из природного газа»

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 Нанокомпозиты 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
34-18-0-0 Каталитическая конверсия топлив и мембранные технологии в процессах производства водородсодержащих топливных композиций и особо чистого водорода

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

40-1-0-0 Экологически чистые технологии изготовления древесных изделий без применения синтетических смол-связующих

XXI. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

XXII. ИНФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ АЭЭ

41. Информация

А.И. Саликов (Россия, Москва, ДОР ЦНИИатоминформ) (МНКСР)
Е.М. Тарараева (Россия, Москва, Дор ЦНИИатоминформ) (МНКСР)
Е.А. Гудилин (Россия, Москва, ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова) (РНС)
И.В. Лобанова (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)
41-1-0-0 Периодические издания
41-2-0-0 Интернет-ресурсы
41-3-0-0 Научные биографии ученых мира
41-4-0-0 Научные фонды, научные проекты
41-5-0-0 Международные научные конференции
41-6-0-0 Рекламные материалы научных организаций, инвестиционных фирм и фирм-производителей
41-7-0-0 Новые научные книги
41-8-0-0 Интеллектуальная собственность
41-9-0-0 Энциклопедия альтернативной энергетики. Термины и определения
41-10-0-0 Отзывы, письма в редакцию, краткие сообщения
41-11-0-0 Обращения членов редакционного научного совета
41-12-0-0 Энергетические компании
41-13-0-0 Новости Редколлегии
41-14-0-0 Научные организации
41-15-0-0 Новости науки и техники

РНС — Редакционный научный совет; МРК — Международный редакционный комитет;
МНКСР — Международный научно-консультативный совет редакции;
ЭС — Экспертный совет; МСР — Международный совет рецензентов

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

ISJAEE

TOPICS OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
FOR ALTERNATIVE ENERGY AND ECOLOGY

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

I. RENEWABLE ENERGY

1. Solar energy

A.Steinfield (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
S.P. Kapitza (Russia, Moscow, IPP RAS)
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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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, JSC "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 apllications
12-5-10-8 Devices for hydrogen production via reaction of interaction of water and metals for commercial apllications
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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

I.M. Neklyudov (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)
N.A. Azarenkov (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)
V.I. Tkachenko (Ukraine, Khar'kov, Khar'kov Physical Technical Institute) (IEB)

12-5-12-0 Novel hydrogen production methods

12-6-0-0 Hydrogen transport
A.G. Galeev (Russia, Sergiev Posad, JSC "NIIHIMMASH") (IEB)

12-6-1-0 Transport of liquid cryogenic products by pipelines
A.M. Domashenko (Russia, Balashikha, JSC "Cryogenmash") (IEB)

12-6-2-0 Cooling of cryogenic system mains

12-6-3-0 Transient processes in cryogenic systems

12-7-0-0 Fuel cells
B.A. Sokolov (Russia, Korolyov, S.P. Korolyov Energia RSC) (IEB)
Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)
V.P. Pakhomov (Russia, Moscow, RRC "Kurchatov Institute") (IEB)

12-7-1-0 Research and production of fuel cells

12-7-1-1 Membanes for fuel cells

12-7-1-2 Computer simulation of fuel cell operation

12-7-2-0 Fuel cells application

12-7-2-1 Power supply on fuel cells with methanol conversion for portable devices

12-7-3-0 Fuel cells with hydrogenous fuel pre-processing

12-8-0-0 Structural materials
P.G. Berezhko (Russia, Sarov, RFNC-VNIIEF) (IEB)
A.M. Polyansky (Russia, S.-Petersburg, "Electronic & Beam Technologies Ltd.") (IEB)
V.M. Chertov (Russia, Moscow) (IEB)
Yu.N. Shalimov (Russia, Voronezh, VSTU) (IEB)
P.Saint-Gregoire (France, University de Toulon et du Var) (DECH)
F.A. Lewis (Great Britain, Belfast, The Queen's University of Belfast) (SEB)
A.T. Ponomarenko (Russia, Moscow, Enikolopov Institute of Synthetic Polymer Materials of RAS) (IEAB)
L.V. Spivak (Russia, Perm', Perm' State University) (IEAB)
M.V. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, Donetsk STU) (IEAB)
N.M. Vlasov (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)
I.I. Fedik (Russia, Podol'sk, SRI SIA "Luch") (IEB)

12-8-1-0 Hydrogen in metals and alloys
V.A. Gol'tsov (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)
L.F. Gol'tsova (Ukraine, Donetsk, DonSTU) (IEB)

12-8-2-0 Hydrogen degradation

12-8-3-0 Structural materials hydrogenation systems

12-8-4-0 Static and dynamic strength of structural materials
N.N. Gerdyukov (Russia, Sarov, Institute of Experimental Gasdynamics and Physics of Explosion RFNC-VNIIEF) (IEB)

12-8-5-0 Gasars. Application of gasars in marine and air fleet, motor-car construction

12-8-6-0 Electrical furnaces for thermovacuum processes
E.N. Marmer (Moscow, VNIIETO)

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

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 groung pollution by energy carriers

17-7-0-0 Ecological tourism and ecological resorts

17-8-0-0 Problems of factory and domestic waste utilization

18. Energy efficiency methods and facilities for agressive 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. Vibration and 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 analisys 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")

25-1-0-0 nanotechnology in the metal oxide synthesis and solid oxide fuel cells production

25-2-0-0 Nanotechnology in cell framework manufacturing for medical purposes

25-3-0-0 Radiation-chemical nanotechnology in production of new types fluoropolymer composite materials

26. Innovative solutions in alternative energy and ecology

A.L. Gusev (Russia, Sarov, STC "TATA")

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

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 "Urangeologo-razvedka") (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

34-18-0-0 Catalytic conversion of fuel and technologies in the process of membrane production of hydrogen fuel compositions and ultra-pure hydrogen

XV. ENERGY SAVING

35. Energy-saving technologies, materials, systems, and instruments

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

XVI. PROBLEMS OF OIL-AND-GAS COMPLEX

36. Problems of oil, gas, and coal industry

А.Л. Гусев (Россия, Саров, НТЦ «ТАТА»)

36-1-0-0 Problem definition for scientists and engineers to form a Task Order for research and R&D works taking into account ecological aspect

37. Oil and gas pipelines and ecology

XVII. OPTICAL PHENOMENA AND FACILITIES

38. Optical phenomena and facilities

XVIII. GAS-TURBINE TECHNOLOGIES

39. Gas-turbine technologies

XIX. ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS FACTORIES

XX. ISSUES OF AGRICULTURE

40-1-0-0 Environmental technology manufacturing of wood products without the synthetic resin binder

XXI. EARTH SCIENCES

XXII. INFORMATION FOR AEE

41. 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")

41-1-0-0 Review of periodicals
41-2-0-0 Review of leading internet-resources
41-3-0-0 Prominent scientists' biographies
41-4-0-0 Scientific funds and scientific projects
41-5-0-0 International scientific conferences
41-6-0-0 Advertising matters of investment companies and manufacturers
41-7-0-0 Review of new scientific books
41-8-0-0 Intellectual property
41-9-0-0 Encyclopedia of renewable energy. Terms and definitions
41-10-0-0 Opinions, letters in publishing office, short articles
41-11-0-0 Messages of members of Scientific editorial board
41-12-0-0 Energetic companies
41-13-00 News of Editorial board
41-14-0-0 Scientific organizations
41-15-0-0 News

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

SEB — Scientific Editorial Board
IEB — International Editorial Board
IEAB — International Editorial Advisory Board
EB — Experts Board
IRB — International Reviewers Board

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

ООО НТЦ «ТАТА»
(наименование получателя платежа)

5254022656 / 525401001
(ИНН получателя платежа)

N 40702810900000001679
(номер счета получателя платежа)

в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров
(наименование банка и банковские реквизиты)

к/с 30101810200000000721

042204721
БИК

(*наименование платежа)

Дата_____Сумма платежа:_____руб.___коп.

Кассир

Плательщик (подпись) _____

Форма ПД-4

ООО НТЦ «ТАТА»
(наименование получателя платежа)

5254022656/525401001
(ИНН получателя платежа)

N 40702810900000001679
(номер счета получателя платежа)

в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров
(наименование банка и банковские реквизиты)

к/с 30101810200000000721

042204721
БИК

(*наименование платежа)

Дата_____Сумма платежа:_____руб.___коп.

Квитанция

Кассир

Плательщик (подпись) _____

**Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, порядковый номер и год выпуска журнала(ов), например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, 67–14, № 1–6 за 2004 г., или № 4 за 2002 г.*

ПОДПИСКА-2015

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»

ISJAEE

Продолжается подписка на «ЗОЛОТУЮ КОЛЛЕКЦИЮ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» - 175-томник ISJAEE

Наименование:
Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»
Индекс издания: ISSN1608-8298
Периодичность: 2 раза в месяц
Объем издания (страниц): 200–270
Вид рассылки: адресный
Официальный сайт:
http://isjaee.hydrogen.ru
Подписка: через редакцию
или по каталогам: Роспечать,
МК-Периодика, Интерпочта и др.

Уважаемые читатели!

Вы можете подписаться на «Золотую коллекцию», заполнив извещение (форма ПД-4) и перечислив на счет *НТЦ «ТАТА» 42* 000 руб. Копию корешка извещения, пожалуйста, направьте по адресу:

НТЦ «ТАТА»
607183, Нижегородская обл., г. Саров, а/я 687
Генеральному директору А.Л.Гусеву

Пожалуйста, не забудьте в сопроводительном письме указать почтовый адрес получателя подписки.

Оплата осуществляется перечислением денежной суммы на расчетный счет. Юридическим лицам для получения счета необходимо направить запрос по электронной почте info@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07 с указанием реквизитов организации.

Извещение

Форма ПД-4

ООО НТЦ «ТАТА»
(наименование получателя платежа)

5254022656 / 525401001
(ИНН получателя платежа)

N 40702810900000001679
(номер счета получателя платежа)

в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров
(наименование банка и банковские реквизиты)

к/с 30101810200000000721

042204721
БИК

(*наименование платежа)

Дата_____Сумма платежа: 42 000 руб. ___коп.

Кассир

Плательщик (подпись) _____

Форма ПД-4

ООО НТЦ «ТАТА»
(наименование получателя платежа)

5254022656/525401001
(ИНН получателя платежа)

N 40702810900000001679
(номер счета получателя платежа)

в ОАО «АКБ Саровбизнесбанк» г. Саров
(наименование банка и банковские реквизиты)

к/с 30101810200000000721

042204721
БИК

Квитанция

(*наименование платежа)

Дата_____Сумма платежа: 42 000 руб. ___коп.

Кассир

Плательщик (подпись) _____

*Внимание! В графе извещения «Наименование платежа» просьба указать Ф.И.О., почтовый адрес получателя, «Золотая коллекция», например: Иванов И.И., 197198, Санкт-Петербург, пр. Добролюбова, «Золотая коллекция».

Стоимость подписки для различных категорий подписчиков на 2015 год

Категория подписчиков	Цена, руб.	
	за полугодие	за год
Аспиранты	5000	10000
Пенсионеры	6000	12000
Физические лица	7500	15000
Малые предприятия	9000	18000
Вузы	10000	20000
Научно-исследовательские организации	12000	24000
Российские научные центры	12500	25000
Муниципальные библиотеки	13000	26000
Национальные библиотеки	14000	28000

Информация о плательщике:

(Ф.И.О., адрес плательщика)

(ИНН налогоплательщика)

N

(номер лицевого счета (код) плательщика)

Информация о плательщике:

(Ф.И.О., адрес плательщика)

(ИНН налогоплательщика)

N

(номер лицевого счета (код) плательщика)

В редакции журнала можно оформить подписку на любой номер, или полугодие, или коллекцию ISJAEE

ВНИМАНИЕ! По этой квитанции Вы можете оплатить как годовую подписку, так и отдельные номера нашего журнала за 2002–2013 гг.

SUBSCRIPTION-2015

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology

ISJAEE

Dear Colleagues! Subscription for the year 2015 is available

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)

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 ISJAEE
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

ISJAEE

To: Scientific Technical Centre «TATA»
P.O.Box 687
Sarov, Nizhnii Novgorod region 607183, Russia
Phone/Fax: +7 (83130) 6-31-07
Phone: +7 (83130) 9-74-72
E-mail: gusev@hydrogen.ru

Please, send me _____ copy/copies of "International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology", ISSN 1608-8298 (_____ issues, 20__ year, _____ $ (please, see Table 1), postage included)

Payments options

Our Bank details:

Beneficiary Name:	STC "Tata" LC INN5254022656
Beneficiary Address:	SAROV, RUSSIA
Beneficiary Tel:	+7 8313063107
Beneficiary Account Number:	ACC 40702840600000001680
Bank name	SAROVBUSINESSBANK
Bank Address:	SAROV, RUSSIA
Bank ABA:	SWIFT: SARORU2SXXX
Intermediary Bank Name:	DEUTSCHE BANK TRUST COMPANY AMERICAS SWIFT: BKTRUS33 METALLINVESTBANK SWIFT: SCBMRUMM
Intermediary Bank Address:	NEW YORK, USA,
Intermediary Bank ABA:	04457374

Details of payment: «International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology»

Name _____
Organization _____
Mailing Address _____
Number Building_____ Street _____
City_____ State _____
Postal code_____Country _____
E-mail _____ Phone _____
Fax _____
Signed _____ Date _____

SUBSCRIPTION TO

Golden Collection of Hydrogen Energy

ISJAEE

Dear Colleagues! Subscription to **Golden Collection of Hydrogen Energy** is now available! The **Golden Collection of Hydrogen Energy** consists of 175 volumes of International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology

Issue: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)
ISSN 1608-8298
Number of volumes: 175
Official site: http://isjaee.hydrogen.ru
Distribution: Address
Subscription: via editorial board and catalogue

Table 4

Order	Physical person	Juridical person	Member of International Association for Hydrogen energy	Member of Editorial board of ISJAEE
Golden Collection of Hydrogen Energy	800 USD	1000 USD	900 USD	900 USD

To have an account, juridical persons are to send order by e-mail to **gusev@hydrogen.ru** or by fax **(83130) 6-31-07** mentioning the institution address.

ORDER FORM

ISJAEE

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:

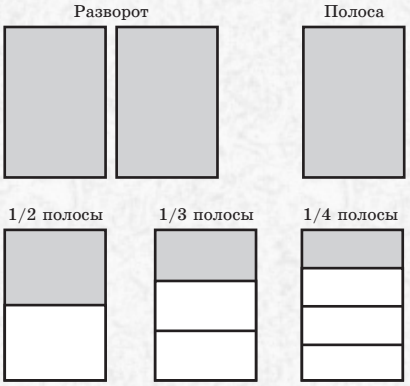
STC «TATA» Limited
ACC: 40702840200001001681
BEN. BANK: SAROVBUSINESSBANK
SAROV, RUSSIA
CORR. ACC USD: 30109840300000000142
CORRESP. BANK: ALFA-BANK,
MOSCOW, RUSSIA, SWIFT: ALFARUMM
CORR. ACC USD: 400927098 with «CHASE MANHATTAN BANK», NEW YORK, N.Y.10004, USA. SWIFT: CHASUS33
Details of payment: «**Golden 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 полуторный. 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%	

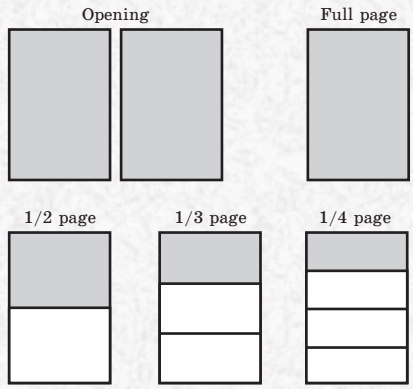
Для заказа рекламной площади и получения счета необходимо заполнить форму заявки и отправить ее по адресу gusev@hydrogen.ru или по факсу (83130) 6-31-07.

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)
1st page of the cover (full-coloured)	160x145 мм	10000
Full opening in two pages	257x336 мм	1000
2nd or 3d pages of the cover (full-coloured)	257x168 мм	300
Full page	128x168 мм	200
1/2 page	85x168 мм	200
1/3 page	64x168 мм	60
1/4 page	64x168 мм	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 02.07.2015 г.
Формат 60×84/8 Тираж 5000 экз.
Цена договорная

Журнал включен в каталог «Роспечать» (индекс 10337 «Альтернативная энергетика и экология») и Объединенный каталог «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы» (индекс 41935 «Альтернативная энергетика и экология»).