



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF MODERN PHYSICS

ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
И ИНСТИТУТ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

**UZBEKISTAN ACADEMY OF SCIENCES
PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE
AND INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE**

**PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE
AND INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ**

**FUNDAMENTAL AND APPLIED
PROBLEMS OF MODERN PHYSICS**



**ТРУДЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**PROCEEDINGS
OF INTERNATIONAL CONFERENCE**

19 - 21 октября

Ташкент 2023 г.

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
И ИНСТИТУТ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

Научный комитет

Юлдашев Б.С. – Акад. АН РУз, Президент АН РУз
Олимов Х.К. – Директор ФТИ АН РУз (Узбекистан)
Парпиев О.Р. – Директор ИМ АН РУз (Узбекистан)
Утамурадова Ш.Б. – Директор ИФПМ АН РУз (Узбекистан)
Серикканов А.С. – Директор ФТИ г. Алматы (Казахстан)
Zakhidov A. – Prof., University of Texas at Dallas (USA)
Syed Ismat Shah – Prof., University of Delaware (USA)
Liu Fu-Hu – Prof., Shanxi University (China)
Гуламов К.Г. – Акад. АН РУз
Захидов Р.А. – Акад. АН РУз
Муминов Р.А. – Акад. АН РУз
Мукимов К.М. – Акад. АН РУз
Мусаханов М.М. – Акад. АН РУз
Ашуров М.Х. – Акад. АН РУз

Организационный комитет

Олимов Х.К., Пред.
Парпиев О.Р., со-Пред.
Эргашев Б.А., Зам. Пред.
Садиков И.И., директор, д.т.н., проф., ИЯФ
Алимухамедов А.Х., Директор НИИВИЭ
Саидханов Н.Ш., уч. секр., д.ф-м.н., проф., ФТИ
Ачилов А.С., зам. директора, PhD, ФТИ
Ахатов Ж.С., зав. лаб., д.т.н., ФТИ
Олимов К., зав. лаб., д.ф-м.н., проф., ФТИ
Турсунов М.Н., г.н.с., д.т.н., проф., ФТИ
Саидов А.С., д.ф-м.н., проф., ФТИ
Усмонов Ш.Н., зав. лаб., д.ф-м.н., ФТИ
Байзаков Б.Б., зав. лаб., д.ф-м.н., ФТИ
Разыков Т.М., зав. лаб., д.ф-м.н., проф., ФТИ
Абдулхаев О.А., зав. лаб., PhD, ФТИ
Абдуллаев Ф., г.н.с., д.ф-м.н., проф., ФТИ
Ёдгорова Д.М., д.т.н., проф., ФТИ
Раджапов С.А., д.ф-м.н., ФТИ
Лутпуллаев С.Л., проф., ФТИ
Кучкаров К.М., г.н.с., д.ф-м.н., ФТИ
Нурматов Ш.Р., зам. дир., к.т.н., ИМ
Рахимов Р.Х., зав. лаб., д.т.н., проф., ИМ
Сулейманов С.Х., зав. лаб., к.ф-м.н., ИМ
Гуламова Д.Д., зав. лаб., д.х.н., проф., ИМ
Шерматов Ж.З., уч. секр., PhD, ИМ
Цой Э.Н., в.н.с., к.ф-м.н., ФТИ
Файзиев Ш., зав. лаб., к.т.н., ИМ
Луговой В.В., с.н.с., к.ф-м.н., ФТИ
Жураев Э.Т., секретарь, ФТИ
Худойбердиев Г., секретарь, ФТИ

**UZBEKISTAN ACADEMY OF SCIENCES
PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE
AND INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE**

Scientific Committee

Yuldashev B.S. – Acad. of UzAS, President of UzAS
Olimov Kh.K. – Director of PhTI of UzAS (Uzbekistan)
Parpiev O.R. – Director of IMS of UzAS (Uzbekistan)
Utamuradova Sh.B. – Director of SPhMI (Uzbekistan)
Serikkanov A.S. – Director of IPhT (Kazakhstan)
Zakhidov A. – Prof., University of Texas at Dallas (USA)
Syed Ismat Shah – Prof., University of Delaware (USA)
Liu Fu-Hu – Prof., Shanxi University (China)
Gulamov K.G. – Acad. of UzAS
Zakhidov R.A. – Acad. of UzAS
Muminov R.A. – Acad. of UzAS
Mukimov K.M. – Acad. of UzAS
Musakhanov M.M. – Acad. of UzAS
Ashurov M.Kh. – Acad. of UzAS

Organizing Committee

Olimov Kh.K., Chair
Parpiev O.R., Co-Chair
Ergashev B.A., Vice-Chair
Sadykov I.I., Dir., DSc, Prof., INP
Alimukhamedov A.Kh., Dir., NIRES
Saidkhanov N.Sh., Sci. Sec., DSc, Prof., PhTI
Achilov A.S., Dep. Dir., PhD, PhTI
Akhatov J.S., Head of Lab., DSc, PhTI
Olimov K., Head of Lab., DSc, Prof., PhTI
Tursunov M.N., Chief Res., DSc, Prof., PhTI
Saidov A.S., DSc, Prof., PhTI
Usmonov Sh.N., Head of Lab., DSc, Prof., PhTI
Baizakov B.B., Head of Lab., DSc, PhTI
Razykov T.M., Head of Lab., DSc, Prof., PhTI
Abdulkhaev O.A., Head of Lab., PhD, PhTI
Abdullaev F., Chief Res., DSc, Prof., PhTI
Yodgorova D.M., Chief Res., DSc, Prof., PhTI
Radjapov S.A., Chief Res., DSc, PhTI
Lutpullaev S.L., Chief Res., DSc, Prof., PhTI
Kuchkarov K.M., Chief Res., DSc, PhTI
Nurmatov Sh.R., Dep. Dir., PhD, IMS
Rakhimov R.Kh., Head of Lab., DSc, Prof., IMS
Suleymanov S.Kh., Head of Lab., PhD, IMS
Gulamova D.D., Head of Lab., DSc, Prof., IMS
Shermatov J.Z., Dir., PhD, IMS
Tsoy E.N., Lead. Res., PhD, PhTI
Fayziev Sh., Head of Lab., PhD, IMS
Lugovoi V.V., Sen. Res., PhD, PhTI
Juraev E.T., Secretary, PhTI
Khudoyberdiev G., Secretary, PhTI

ВВЕДЕНИЕ

Физико-технический институт (ФТИ) АН РУз (г. Ташкент), основанный в 1943 г., является одним из старейших институтов Академии наук Республики Узбекистан (АН РУз). В ФТИ в разные периоды его деятельности получили развитие многие научные направления, впоследствии вошедшие в сферу основных направлений естественно-научного профиля АН РУз. Здесь были начаты исследования в области физической электроники, физики твердого тела, физики полупроводников, ядерной физики, физики высоких энергий и космических лучей, гелиотехники, высокотемпературного материаловедения. На базе научных направлений и подразделений ФТИ были созданы Институт ядерной физики (1956 г.), Институт электроники (1967 г.) и в 1987 г. - НПО "Физика-Солнце" АН РУз. Институт материаловедения организован в 1993 г. на базе ряда лабораторий ФТИ и его Опытного производства с Большой Солнечной Печью (БСП).

Признанием заслуг ученых НПО "Физика-Солнце" АН РУз явилось издание Указа Президента РУз №УП-4512 от 01.03.2013 г. «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии» и Постановления Президента РУз №ПП-1929 от 01.03.2013г. «О создании Международного института солнечной энергии». За крупный вклад в науку в области физики полупроводников в 2007 г. сотрудники Института академик М.С.Саидов, доктора ф.-м.н. И.Г. Атабаев и А.С. Саидов удостоены Государственной премии Республики Узбекистан в области науки и техники. За разработку и создание современных систем прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию на основе кремниевых фотопреобразователей, коллектив ученых Института - С.Дадахматов, Х. Сабиров, М.Н. Турсунов, И.А. Юлдашев во главе с академиком Р.А. Муминовым удостоен в 2013 г. Государственной премии Республики Узбекистан в области науки и техники.

В Институте длительное время работали и работают в настоящее время видные ученые-физики: академик С.А. Азимов - создатель научной школы физики высоких и сверхвысоких энергий; академик У.А. Арифов – создатель школы физической электроники; академики С.У. Умаров, Э.И. Адирович, М.С. Саидов и Р.А. Муминов – основатели различных направлений физики полупроводников, академик С.В. Стародубцев – создатель научной школы физики твердого тела и один из организаторов Института ядерной физики, член – корр. АН РУз Г.Я. Умаров – создатель научной школы гелиотехнических исследований, академик Т.Т. Рискиев, создавший совместно с академиком С.А. Азимовым школу высокотемпературного материаловедения, академики К.Г. Гуламов, Б.С. Юлдашев и Т.С. Юлдашбаев, которые развили научную школу физики высоких энергий и космических лучей, созданную академиком С.А. Азимовым.

С 1965 г. ФТИ АН РУз издаёт Международный журнал «Гелиотехника». Журнал переводится на английский язык американской компанией «Аллerton Пресс», издаётся в США под названием «Applied Solar Energy» и распространяется по подписке. Журнал «Applied Solar Energy» индексируется в научной базе "SCOPUS" престижных международных журналов.

В этом 2023 году в Физико-техническом институте АН РУз уже в десятый раз проводится ставшая традиционной международная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики». На конференцию принимались работы, выполненные за последние три года по следующим направлениям и тематикам: 1. Физика ядра и элементарных частиц (включая их прикладные аспекты, а также физику высоких энергий и космических лучей); 2. Физика полупроводников и твердого тела (включая их прикладные аспекты, а также физику плазмы); 3. Возобновляемые источники энергии и их приложения (включая гелиоматериаловедение). Отрадно отметить, что по тематикам конференции было подано 205 научных работ, включая 68 статей зарубежных учёных из США, Канады, России, Китая, Пакистана, Казахстана, Азербайджана, Турции, Республики Беларусь и других стран. Нынешняя конференция посвящена 80 летнему юбилею Академии Наук Узбекистана и Физико-технического института АН РУз, а также 30-летию образования института Материаловедения АН РУз. Мы уверены, что международная конференция станет платформой для обмена последними научными достижениями между учёными из разных стран, а также послужит катализатором установления новых научных связей между учёными и, возможно, зарождения будущих международных научных коллабораций.

Организационный комитет

INTRODUCTION

Physical-Technical Institute (PhTI), founded in 1943, is one of the oldest institutes of the Academy of Sciences of Uzbekistan. During different periods of its activity, many scientific areas were established, which later became the main directions of research in natural sciences of the Uzbek Academy of Sciences (UzAS). Among them are the physical electronics, solid state physics, semiconductor physics, nuclear physics, high energy and cosmic ray physics, solar energy technologies, and high temperature materials science.

On the basis of scientific areas and divisions of PhTI, several institutions were created, such as the Institute of Nuclear Physics (1956), Institute of Electronics (1967) and SPA "Physics-Sun" of the UzAS (1987). The Institute of Materials Science, based on a number of laboratories of PhTI and its pilot production facility with a Big Solar Furnace (BSF), was established in 1993.

The Decree of the President of the Republic of Uzbekistan "On measures for further development of alternative energy sources" №UP-4512 on 01.03.2013 and the corresponding Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan "On the establishment of the International Institute of solar energy" №PP-1929 on 01.03.2013 are recognition of achievements of scientists from PhTI of SPA "Physics-Sun" of the UzAS. For important contribution to science in the field of semiconductor physics, the Institute scientists - Academician M.S. Saidov, Dr. Sci. A.S. Saidov and Dr. Sci. I.G. Atabaev, were awarded the State Prize of the Republic of Uzbekistan in the field of science and technology in 2007. The team of scientists of the Institute - S. Dadamuhamedov, H. Sabirov, M.N. Tursunov, and I.A. Yuldashev, headed by Academician R.A. Muminov, was awarded in 2013 the State Prize of Uzbekistan in the field of science and technology for the development and creation of modern systems of direct conversion of solar radiation into electrical energy, based on silicon solar cells.

Many prominent physicists have worked in the past and are presently working at the institute. They founded the different well-known scientific schools and research directions: academician S.A. Azimov - founder of the scientific school of high-energy and ultra-high-energy physics; academician U.A. Arifov - creator of the School of Physical Electronics; academicians S.U. Umarov, E.I. Adirovich, M.S. Saidov and R.A. Muminov - founders of various research areas in Semiconductor Physics; academician S.V. Starodubtsev – founder of scientific school of solid state physics and one of the founders of the Institute of Nuclear Physics; correspondent-member of UzAS G.Ya.Umarov - founder of the scientific school in applied solar energy research; academician T.T. Riskiev, who created, together with academician S.A.Azimov, the school of high temperature materials science; academicians K.G. Gulamov, B.S. Yuldashev, and T.S. Yuldashbaev, who developed further the scientific school of high energy and cosmic ray physics, founded by academician S.A. Azimov.

Since 1965, PhTI publishes the international journal "Applied Solar Energy". The journal is translated into English by the American company "Allerton Press" and is published in the United States and distributed by subscription. The journal "Applied Solar Energy" is indexed in the "SCOPUS" scientific database of the prestigious international journals.

In this 2023 year, the Physical-technical institute is organizing for the tenth time the traditional international conference "Fundamental and applied problems of modern physics". The works implemented within the last three years in the following fields have been accepted by the conference: 1) Nuclear and elementary particle physics (including its applications, high-energy and cosmic ray physics as well); 2) Physics of semiconductors and solids (including its applications, plasma physics as well); 3) Renewable energy sources and their applications (including helio-material science). We are glad to inform that 205 scientific articles pertaining to conference topics have been received by the conference, including 68 works of foreign scientists from USA, Canada, Russia, China, Pakistan, Kazakhstan, Azerbaijan, Turkey, Republic of Belarus, and other countries. This year's conference is dedicated to 80th anniversary of Academy of Sciences of Uzbekistan and Physical-Technical Institute of Uz AS, and 30th Anniversary of Institute of Materials Science of UzAS. We are quite confident that the current international conference will be the platform for exchange of the latest scientific results among scientists from various countries, and it will possibly foster the creation of the future international scientific collaborations.

The Organizing Committee

**СЕКЦИЯ III.
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ИХ
ПРИЛОЖЕНИЯ**



**SECTION III.
RENEWABLE ENERGY SOURCES
AND THEIR APPLICATIONS**

СОДЕРЖАНИЕ

THERMOHYDRAULIC PERFORMANCE OF COOLING PLATE OF LITHIUM-ION BATTERY USING DIFFERENT TYPES OF MATERIAL	
M.Z. Saghir and G. Kilic	14
APPLICATION OF GRAPHENE IN SOLAR PANELS	
E.T.Abbasov	15
ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ НАКОПИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА	
Н.М.Мухамедова, А.Ж.Миниязов, Е.А.Кожамбетов, А.С.Уркунбай, Ф.Қ Жанболатова	16
APPLICATION OF PROTECTIVE NICR-CR₃C₂ COATINGS ON PARTS OF POWER EQUIPMENT OPERATING UNDER STRESSED CONDITIONS	
M. Dautbekov, L. Zhureroва and D. Kakimzhanov	18
EXPERIMENTAL STUDY INTO THE OPTIMIZATION OF THERMAL PERFORMANCE OF A SOLAR STEAM GENERATOR	
H. Wang, Q. Zhang, X. Li, T. Ma, Kh.F. Sayfieva	19
СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОУГЛЕРОД-ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ	
Р. Хайдаров, О. Гапурова, И. Гарипов, Р. Т. Krishnamurthy	20
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ	
Н.К. Ходжаева, Ж.М. Хаккулов, А.А. Холмуминов	21
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕДЕНИЯ РАСПЛАВА АКТИВНОЙ ЗОНЫ ПРИ ТЯЖЕЛОЙ АВАРИИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА	
А.Д.Вурим, Ю.Ю.Бакланова, Н.М. Мухамедова, А.В. Сысалетин, Р.С. Исламов	23
APPLYING TIN COATINGS ON CUTTING TOOLS BY AIR-PLASMA SPRAYING METHOD	
A. Kengesbekov, B. Rakhadilov and Y. Naimankumaruly	25
INVESTIGATION OF RADIATION-CATALYTIC ACTIVITY OF NANO-AL₂O₃ IN THE PROCESS OF METHANE DECOMPOSITION	
T.N.Agayev, S.Z.Melikova, S.A.Zeynalova	26
МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ НА ОСНОВЕ MG ЛЕГИРОВАНИЕМ РЕДКИМИ И ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ	
Н.М. Мухамедова, А.Ж.Миниязов, Е.А.Кожамбетов, И.А. Бачурин и др.	27
CHIRALITY SELECTION IN THE SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES	
N. Turaeva, B. Oksengendler	28
INVESTIGATION OF RADIOTHERMOLUMINESCENCE OF γ-ALUMINUM OXIDE	
N.N.Gadzhieva, S.Z.Melikova, F.N.Nurmammadova, F.G.Asadov	29
COMSOL MULTIPHYSICS IN ENERGY STORAGE SYSTEMS OF UZBEKISTAN REGION	
I. Rakhmatshoev and U. Sharopov	31
ПУТИ УСИЛЕНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРОВСКИТОВ	
И. Нургалиев, А. Облакулов, Б. Оксенгендлер и Н. Ашуров	32
INFLUENCE OF TEMPERATURE AND GAMMA QUANTA ON THE YIELD OF MOLECULAR HYDROGEN IN THE RADIATION-CATALYTIC DECOMPOSITION OF HEXANE ON THE SURFACE OF NANO-ZrO₂	
T.N.Agayev, S.Z.Melikova, G.T.Imanova	34

ANALYSIS OF METHODS FOR SIMULATING THE DECAY HEAT IN CORIUM IN THE PHYSICAL MODELING OF A SEVERE ACCIDENTS WITH CORE MELTDOWN	35
M. Skakov, V. Baklanov, G. Nurpayssova	
EXPERIMENTS ON THE RESEARCH OF THE CORIUM INTERACTION WITH METAL-COOLERS ON THE «VCG-135» TEST BENCH	37
M. Skakov, V. Baklanov, K. Toleubeko, A. Akaev, M. Bekmuldin and I. Kukushkin	
EXPERIMENTS ON THE STUDY OF SACRIFICIAL ALUMINUM OXIDE MATERIAL WITH A LEAD LAYER AT THE «LAVA-B» FACILITY	38
M. Skakov, V. Baklanov, M. Bekmuldin, A. Akaev, K. Toleubeko and I. Kukushkin	
INVESTIGATION OF PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TiO₂/rGO/CdS NANOCOMPOSITE	39
E. Seliverstova, T. Serikov, N. Ibrayev, A. Sadykova and A. Auzhanova	
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ	41
Е.Е. Камбаров, Ж.Б. Сагдолдина	
EFFECT OF THE SURFACE MORPHOLOGY OF SILVER ISLAND FILMS ON THE SINGLET OXYGEN GENERATION	43
E. Menshova, N. Ibrayev	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ 1-10 СНА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ ЭП823-III	44
Р.Ш.Исаев, А.С.Дорошкевич, Ж.В.Мезенцева, Б.Л.Оксенгендлер, V Teofilović и др.	
ENERGY STORAGE SYSTEMS IN COMSOL MULTIPHYSICS	45
I. Rakhmatshoev, and U. Sharopov	
SIZE EFFECTS OF FERROELECTRIC BaTiO₃ Nanoparticles ON THRESHOLD PROPERTIES OF SMECTIC A LIQUID CRYSTAL	47
Sh. Humbatov, A. Imamaliyev	
COMPARATIVE SRIM ANALYSIS OF THE FORMATION OF DEFECTS ON THE SURFACE OF LITHIUM FLUORIDE AT IRRADIATION WITH IONS OF DIFFERENT MASS	48
A. Qahramonov and U. Sharopov	
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ТЕХНОГЕННОГО И РУДНОГО СЫРЬЯ	49
Р.Х. Рахимов, Х.К. Рашидов, М.Эрназаров	
ВЛИЯНИЕ ОСАЖДЕННОЙ ПЫЛИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ДУШАНБЕ	51
М.А. Кудусов, У.Мадвалиев, А.Р. Мукумов, С. Ф. Абдуллаев, С. А. Кудусова	
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ГЕЛИОСТАТОВ ПАРКЕНТСКОЙ МЕГАВАТНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ	56
Ш. Нурматов, Р. Акбаров, Д. Пулотов, Н. Ёкубхонов, С. Холдоров	
ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НА ПОРИСТЫХ АБСОРБЕРАХ	58
М. Пайзуллаханов, О. Парпиев, Ж. Шерматов, Э. Нодирматов, О. Ражаматов,	
ВЛИЯНИЕ ВАРЬИРОВАНИЯ РАССТОЯНИЯ НАПЫЛЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНО-ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ 86WC-10CO-4CR, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ HVOF	64
Н. Муктанова, Б.К. Рахадиллов	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛЕНОЧНО-КЕРАМИЧЕСКИХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ЗОНЕ АРАЛА	66
Р.Х.Рахимов, В.П. Ермаков	

КЛЮЧЕВЫЕ НАУЧНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ АДСОРБЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	
А. Дорошкевич, Ж. Мезенцева, Б. Оксенгендлер, С. Сулейманов, О. Парпиев, и др.	68
МАГНЕТРОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ИНДИЯ- ОЛОВА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	
А. Станчик, В. Гременок, В. Хорошко, и др.	73
THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THE CONTACT OF YSZ NANOPARTICLES OF SIZES 7,5 AND 14NM UNDER CONDITIONS OF HYDRATION AND DEUTERATION	76
Zh.V. Mezentseva, A.S. Doroshkevich, B.L. Oksengendler, S.Kh. Suleymanov and etc.	
Влияние электролитно-плазменного упрочнения на структуру и эрозионную стойкость стали 65г	
Р.С.Кожанова, Б.К. Рахадиллов, З.А. Сатбаева	79
СОЛНЕЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОБЛАЧНОСТИ МЕСТНОСТИ	81
М. Салиев, Ф. Мирзокобилова, М. Юсупова, Р. Назаров	
АНАЛИЗ УРОВНЯ ИНТЕГРАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ГОРОДСКУЮ ЭНЕРГОСИСТЕМУ	
М.А. Кудусов, У. Мадвалиев, Р. Бахромзод, и др.	85
OPTIMAL ORIENTATION OF THE DUAL-TILT (EAST-WEST) PHOTOVOLTAIC SYSTEM	90
A. Komilov and Y. Nasrullayev	
ВІРЬ СВЕРХПРОВОДНИКИ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ СОЛНЕЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ, ДЛЯ СМЕШАННЫХ СТРУКТУР С ПОЛУПРОВОДНИКАМИ	94
Д. Гуламова, Х. Бахронов, Т. Гуламов, Г. Мамниашвили	
SYNTHESIS-NEUTRON GENERATOR AND ACTIVATION OF SEMICONDUCTOR MATERIALS	98
V. Svirkov, M. Elisovz, M. Dolgoplov, V. Radenko	
ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (ДОПАНТОВ) НА ЭЛЕКТРОННЫЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР ОКСИДА ЦИНКА	
А. С. Есбергенова, У.А. Шаисламов	101
СПОСОБ ДИФФУЗИОННОГО ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО БОРИРОВАНИЯ СТАЛИ	
Л.Г.Сулюбаева, Ж.Б.Сагдолдина, Н.Е.Бердімуратов, Д.Р. Байжан	105
ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ С НЕПРЕРЫВНЫМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	
Б. Расаходжаев, У. Ахмаджонов, А. Хамдамов и др.	107
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ИХ ВНЕДРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА УЗБЕКИСТАНА	
Ю. К. Рашидов	109
ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ЖИЛЫХ ДОМО	
Ж. Ахадов, К. Самиев, М. Zhao, Y. Liu, Б. Расаходжаев	113
STUDY ON THE MICROCLIMATE EFFECTS OF PHASE CHANGE RADIATION ARRAY TUBES ON THE HEAT OF ARCHED GREENHOUSES	
M. Zhao , Y. Liu, R. Yu, Z. Han, B.S.Rasakhodzhaev, A. Jobir	116

ПАРАБОЛИК ҚУЁШ КОНЦЕНТРАТОРЛИ ГЕЛИОПИРОЛИЗ ҚУРИЛМАСИНИНГ ИССИҚЛИК-ТЕХНОЛОГИК РЕЖИМИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ	123
F.H.Узаков, X.A. Алмарданов	
ФОРМИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОВОЛОКОН И ФУНКЦИОНАЛЬНО АКТИВНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА	128
A.A. Холмуминов, Н.К.Ходжаева, М.А.Карабаева	
DENSITY OF STATES IN SILICATE GLASS DOPED WITH RUTHENIUM AND COPPER OXIDES	130
M.Tursunov, G.Abdurakhmanov, A.Dekhkonov	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	132
Д.У.Абдухамидов, Ю.К.Рашидов, Х.С.Ахмадов, З.Дж.Арзиев	
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТАДЖИКИСТАНЕ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА	135
М.А. Кудусов, У.Мадвалиев, Р. Бахромзод, А.Р. Мукумов	
СРАВНЕНИЕ РАСЧЁТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ БЛОКА СВЕТОВОГО ПРОЕМА СОЛНЕЧНОГО ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА	141
Ж.С.Ахатов, Х.С.Ахмадов, А.Ю.Ибодуллаев, И.Х. Туйчиев	
RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT AS A WAY TO ACHIEVE DECARBONIZATION GOALS	146
V. Liubchyk	
ҚАШҚАДАРЁ ВИЛОЯТИ ХУДУДИДА ҚУЁШЛИ, ҚИСМАН БУЛУТЛИ ҲАМДА БУЛУТЛИ КУНЛАР ТАҲЛИЛИ	151
Э.Рахимов, Ф.Абдикулов, А.Имяминов	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА НА СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ	157
Ш. Нурматов, С. Гулматов, И. Мирзохидов, Ф. Абдурахимов, Р. Уринбоев	
ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ	159
Р. Акбаров, Д. Ибрагимов, Д. Пулотов, С. Холдоров	
АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ	162
И.Раҳматшоев, У. Шаропов	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА В УЗБЕКИСТАНЕ ПО МЕТОДУ ЭЛЕКТРОЛИЗА С СОЛНЕЧНЫМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕМ	164
Ж.С.Ахатов, Э.Т.Жураев, Х.Ф. Сайфиева	
ЦЕРИЕВЫЕ ТВЕРДЫЕ НОСИТЕЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СОЛНЕЧНЫХ РЕАКТОРАХ	170
Ж.С.Ахатов, М.А.Зуфаров, Ж.Ш. Турдиев	
PROTECTION OF PHOTOELECTRIC SYSTEMS FROM LIGHTNING	172
T. Akhtamov	
ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОПРИЕМНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ	177
Х.С. Ахмадов, К.Ю.Рашидов, Г.У.Р.аппаров, Н.М. Назарова	
AS AN ACTIVE METHOD FOR EFFICIENT COOLING OF A PHOTOVOLTAIC BATTERY A NEW CONSTRUCTIVE PHOTO-THERMAL BATTERY	179
M.N. Tursunov, X. Sabirov, U. Kholov, M.M. Eshmatov	

ЎЗБЕКИСТОН ИҚЛИМИ ШАРОИТИДА УЙЎНЛАШГАН ҚУЁШ ИСИТИШ ТИЗИМЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШНИНГ АФЗАЛЛИКЛАРИ ВА КАМЧИЛИКЛАРИ	
Д.У.Абдухамидов, К.Ю.Рашидов, Х.С.Ахмадов, Н.М. Назарова	184
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
Э.Жураев	187
МЕВА–САБЗАВОТЛАР УЧУН ҚУЁШ ҚУРИТГИЧИДА ҲАВО КОНВЕКЦИЯСИНИ ҲИСОБЛАШ	
Д.У.Турапова, К.Ю.Рашидов, А.У. Турапова	190
HYDROGEN STORAGE	
O. Baxtiyor, Sh. Nurmatov, F. Abdurahimov and S. Baxronova	193
TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF DIRECT ABSORPTION SOLAR COLLECTOR USING NANOFLUIDS FOR CLIMATE CONDITION OF TASHKENT REGION	
T. Juraev, D. Jalilov, A. Halimov, J. Akhatov	196
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ОБРАЗОВАВШИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ НА ВЫХОДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
P. P. Кабулов, С. Кудратов, Ж. Ахатов, Н. Хомидова	201
TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE RECEIVER TUBE OF A PARABOLIC TROUGH COLLECTOR WITH NANOFLUID	
D.Y. Jalilov, T. Juraev, A. Halimov, J. Akhatov	207
MATHEMATICAL MODELING OF HEAT TRANSFER PROCESSES IN A SMALL- POWER BIOGAS DEVICE	
Sh.J.Imomov, O.S.Komilov, J.A.Majitov	212
QUYOSH PANELLARINING FIZIK XUSUSIYATLARI	
A.P. Xudaynazarov., M.S. Sharipov	219
INVESTIGATION OF THE SEDIMENTATION PROCESS IN MWCNT BASED NANOFLUIDS WITH AN INFLUENCE OF SURFACTANT	
Dilshod Jalilov, Tukhtamurod Juraev, Akbar Halimov, Jasurjon Akhatov	221
ДВУХОСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ	
Р.Ю Акбаров, Д. У Ибрагимов, Д.А Пулатов, Д.А Эгамбердиев, Б Абдусоатов	226
ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-СМ	
Ш.А. Аликулов, С.А. Байтелесов, Ф.Р. Кунгуров, Д.П. Таджибаев, Д.Д. Тожибоев и др.	228
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОМНАТЫ ВАКЦИНАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО В УЧКУДУКСКОМ РАЙОНЕ НАВОИНСКОЙ ОБЛАСТИ	
Э.Ю. Рахимов, М.А. Куралов, А.Ю. Усманов, Н.Н. Далмурадова, М.Б. Шерматова	230
ВОЗДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ	
Р.Х. Рахимов, Х.К.Рашидов, Ж.Х.Рашидов	235
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТОРА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТАШКЕНТА	
А.Э. Хаитмухамедов	237
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО –ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА С РАБОЧИМ ДИАМЕТРОМ 6,36 м	

Ж. Ахадов, К. Самиев, M.Zhao, Y.Liu, Б. Расаходжаев	240
ДИНАМИКА АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА В МАТЕРИАЛЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
М.А. Салиев	243
ДИНАМИКА СРЕДНЕИНТЕГРАЛЬНОЙ ОБЪЁМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛОСКОЙ СТЕНЫ	
М.А.Салиев, М.З.Юсупова, Ф.О.Мирзокобилова, Р.Р.Назаров	247
МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВОЙ МАССЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ	
М.А.Салиев, Э. Джураев	249
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СИСТЕМЕ ZN – ZNO В СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ	
С. Сулейманов, Б. Оксенгендлер, Н. Кулагина и др.	252

THERMOHYDRAULIC PERFORMANCE OF COOLING PLATE OF LITHIUM-ION BATTERY USING DIFFERENT TYPES OF MATERIAL

M.Z. Saghir¹ and G. Kilic²

¹Toronto Metropolitan University, Dept of Mechanical and Industrial Engineering, Toronto, Canada,

*E-mail: zsaghir@torontomu.ca (corresponding author)

²Yalova University, Department of Electric and Energy, Yalova Vocational School, Yalova, Turkiye

Abstract

Cooling Lithium-ion batteries of different C ratings receive excellent attention amongst researchers in thermal management [1,2]. The present study proposes to investigate the thermohydraulic performance of a wavy cooling channel and compare the finding with the conventional straight cooling channel. Different types of cooling plate materials are used. It consists of Aluminum (Al), Magnesium (Mg) and Silicon Carbide (SiC). The finite element method is used and solved together with the energy equation. Water is the cooling liquid used in the simulation. The flow is laminar and steady state. It is found that for the case of Aluminum plate material, the average Nusselt number is higher as the waviness of the channel wall increases. Thus, allowing the fluid to absorb more heat. However, at the expense of the pressure drop, the performance evaluation criterion is higher for the wavy wall channel mode than the straight channel wall. The problem is repeated by replacing the Aluminum with Magnesium and Silicon Carbide. Results revealed that for low heating, all materials exhibited similar heat extraction. However, Silicon Carbide is a promising material for plate cooling at higher heat generated.

Keywords: Performance evaluation criterion, material, forced convection, Lithium-ion battery,

References

1. M.Z. Saghir, M.M. Rahman and Y. Bicer, Investigation of channel materials toward better-cooling lithium-ion batteries in the presence of nanofluid and pin-fins, International Journal of Thermofluids, 18, 100349, (2023).
2. M. Hajjalibabaei, M. Z. Saghir and Y. Bicer, Comparing the performance of a Straight channel Heat sink with different channel Heights: An Experimental and Numerical Study Energies , 16, Iss 9, pp 3825, (2023).

APPLICATION OF GRAPHENE IN SOLAR PANELS

E.T. Abbasov

*Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, 16/21 Azadlig Ave.
e-mail: sevinc.m@rambler.ru*

Abstract

In recent decades, the global solar energy has been developing at a high pace, solar power plants have become part of the energy infrastructure of many countries. The development of solar technologies has a significant impact on the economy. It can be expected that in the coming decades, solar energy will become a stimulus for the economic development of countries and regions with the maximum "solar" resource. Only part of the energy produced by the Sun, a giant "energy boiler", reaches the Earth. Estimates show that the technical potential of solar energy (calculated using existing technical and technological means) that hits our planet annually is many orders of magnitude higher than the proven recoverable reserves of all fossil fuels (coal, peat, oil, natural gas) concentrated in the earth's crust. .

If the energy supplied to our planet by the Sun per year is converted into conventional fuel, then this figure will be about 100 trillion tons. This is ten thousand times more than we need. The improvement of solar energy technologies has led to the fact that the cost of producing 1 kWh of energy at solar power plants is either comparable to or lower than the cost of producing energy from "non-traditional" sources of hydrocarbon raw materials. In addition, one should take into account the anthropogenic impact of fossil fuels burned for the purpose of obtaining energy, which has already led to changes in the biosphere of our planet. One of the technological challenges facing the oil and gas industry is related to the efficient and rational use of energy, including alternative and renewable energy, at the facilities for the production, preparation, transport and processing of hydrocarbon raw materials with the main goal of saving marketable hydrocarbons. Solar panels (aka photovoltaic or solar modules) are made up of solar cells. Since one solar cell does not produce enough electricity, several such cells are assembled into solar panels to produce more electricity. This paper presents the results of studies on the use of graphene in solar panels.

Graphene is a two-dimensional material that has attracted the attention of the scientific community due to its unusual properties. It is made up of a single layer of carbon atoms arranged in a honeycomb lattice, making it the thinnest material known to man. Graphene has exceptional mechanical, thermal and electrical properties, making it an ideal material for a wide range of applications, including solar cells. Using graphene in a solar panel, we can count on a flexible substrate, low weight, technological efficiency and low manufacturing costs. One of the key benefits of using graphene in solar cells is its exceptional electrical conductivity. Graphene has extremely high electron mobility, which allows it to transfer electrons quickly and efficiently. This property makes graphene an ideal material for solar cell electrodes, which are responsible for collecting electrons produced when sunlight is absorbed. graphene improves the ability of solar cells to absorb light. This is because graphene is an excellent conductor of both electricity and heat, which means it can efficiently transfer the energy generated by absorbed sunlight to a solar cell. In addition, graphene's unique electronic properties allow it to absorb light over a wide range of frequencies, including beyond the visible spectrum, further improving the efficiency of solar cells. In conclusion, graphene has the potential to revolutionize solar energy by increasing the efficiency and performance of solar cells. Its exceptional electrical conductivity, light absorption and transparency make it an ideal material for a wide range of solar cell applications.

References:

1. V.Pererva. XVIII International youth scientific and practical conference "Human and Space", Dnepr, 110 (2016)
2. A.Kulikov. XVIII International youth scientific and practical conference "Human and Space", Dnepr, 365 (2015)

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ НАКОПИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА

Н.М. Мухамедова ^{1*}, А.Ж. Миниязов ¹, Е.А. Кожаметов ², А.С. Уркунбай ¹,
Г.Қ. Жанболатова ¹

¹ Institute of Atomic Energy Branch of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov;
071100, Beibit atom st. 10., *E-mail: bakayeva@nnc.kz

² NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University»,
Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 69 Protozanov Street, 070004.

Аннотация

В настоящее время, твердотельные системы хранения на основе гидридов металлов продемонстрировали большой потенциал для хранения водорода в больших количествах. Именно металлгидридные системы являются наиболее привлекательным вариантом для хранения водорода и выделяются надежными, компактными и многократно обратимыми свойствами. В настоящее время в Национальном ядерном центре РК ведутся работы по разработке интерметаллидных сплавов, используемых для хранения и транспортировки водорода [1-2].

В данной работе рассмотрена эволюция структурно-фазового состояния материалов накопителей водорода полученные на основе системы Ti-25Al-25Nb at. % комбинированием методов высокоэнергетической обработки порошковых смесей и искровым плазменным спеканием (ИПС), с последующей двухстадийной термической обработкой [1].

Смешивание и механоактивацию (МА) порошковых композиций проводили с помощью планетарной мельницы Retsch PM 100 CM, при соотношениях массы порошковой композиции к массе мелющих тел 1:10. Искровое плазменное спекание (ИПС) проводили на установке SPS-515S при температуре 1300°C, давлении статической подпрессовки 20 МПа, скорости нагрева 100 °C/мин. и времени изотермической выдержки 5 мин. В экспериментах по высокотемпературной обработке образцов с выдержкой в инертной среде (аргон) применялась высокотемпературная печь ЛНТ 02/16 с нагревательными элементами из MoSi₂.

Первичные эксперименты по ИПС проводили в диапазоне температур 1350°C–1500 °C, давлении статической подпрессовки 20 МПа, скорости нагрева 100 °C/мин. и времени изотермической выдержки 5 мин. В полученных образцах наблюдалось плавление алюминиевой составляющей, оказывающее негативное влияние на качество изделий. По-видимому, повышение температуры с 1350°C до 1500 °C при спекании порошковой смеси системы Ti-25Al-25Nb at. %, приводит к резкому увеличению температуры частиц Al в смеси, и в последующем из-за плавления частиц Al становится невозможным управлять процессом фазообразования, что, в конечном счете, приводит к сложности получения требуемого продукта. В связи с этим дальнейшие эксперименты по спеканию проводились при температуре 1300 °C.

Основной структурно-фазового состава является матричная B2 фаза с кубической решеткой и объемное количество выделений орторомбической O-фазы на границах и в теле зерен B2 фазы. При этом в структуре все еще наблюдается следы объемного количества вторичных фаз, таких как: AlNb₂, α₂ и непрореагировавший Nb.

В микроструктуре образцов ИМС системы Ti-25Al-25Nb at. %, полученных методом комбинирования МА и ИПС наблюдался большой разброс по размерам и формам выявленной O – фазы. К тому же были обнаружены остатки непрореагированного ниобия и объемное количество вторичных фаз, таких как Nb₂Al и α₂, что в основном объясняется коротким временем выдержки при ИПС и последующим медленным охлаждением. Во избежание негативных последствий присутствия вторичных фаз (снижение прочности сплавов), а также с целью получения преимущественно бимодальной микроструктуры O + B₂, были проведены работы по термической обработке. Подбор режимов термической обработки производился, прежде всего, на основе диаграмм состояния представленными авторами работы [3], для сплавов на основе системы Ti-25Al-25Nb at. %. Прежде всего стоит отметить, что использованная диаграмма состояния имела ориентировочный характер, так как неравновесная система механоактивированной порошковой смеси могла сильно сдвинуть температурные границы фазовых превращений.

Двухстадийная термическая обработка сплавов системы Ti-25Al-25Nb at. % приводит к уменьшению размеров выделений O-фазы и к увеличению его количество с сохранением бимодальной

структуры. После термической обработки О-фаза становится доминирующей в структуре сплавов, при этом AlNb₂ и Nb полностью растворяются. Крупные выделения α_2 -фазы в следствии насыщения ниобием трансформируются в зародыши О-фазы, обедненные ниобием мелкие выделения α_2 -фазы выпадают виде глобулярных и строчных выделений на границе В2-фазы.

Ключевые слова: водородная энергетика, металлгидриды, искроплазменное спекание, структурно-фазовые превращения *Благодарность*

Настоящая работа выполнена в рамках грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан ИРН AP19574566.

Литература

1. Skakov, M., Kozhakhmetov, Y., Mukhamedova, N., Miniyazov, A., Sokolov, I., Urkunbay, A.; Zhanbolatova, G.; Tulenbergenov, T. Effect of a High-Temperature Treatment on Structural-Phase State and Mechanical Properties of IMC of the Ti-25Al-25Nb at.% System. Materials 2022, 15, 5560. <https://doi.org/10.3390/ma15165560>
2. Mukhamedova N., Kozhakhmetov Ye., Skakov M., Kurbanbekov Sh. and Mukhamedov N. Microstructural stability of a two-phase (O+B2) alloy of the Ti-25Al-25Nb system (at.%) during thermal cycling in a hydrogen atmosphere. // AIMS Materials Science. – 2022. – Vol. 9, №. 2. - P. 206–218.
3. Boehlert C.J., Majumbar B.S., Seetharaman, Miracle D.B. Part I. The microstructural evolution in Ti-Al-Nb O + BCC orthorhombic alloys // Metallurgical and Materials Transactions A. – 1999. – Vol. 30. – P. 2305–2323. [5] S. GRAŽULIS, D. CHATEIGNER, R. T. DOWNS, A. F. T. YOKOCHI, et.al., “Crystallography Open Database - an open-access collection of crystal structures”, J. Appl. Cryst., 42, 726-729 (2009).

APPLICATION OF PROTECTIVE NICR-CR₃C₂ COATINGS ON PARTS OF POWER EQUIPMENT OPERATING UNDER STRESSED CONDITIONS

M. Dautbekov^{1*}, L. Zhurerova³ and D. Kakimzhanov^{1,2}

¹ PlasmaScience LLP,
Ust-Kamenogorsk 070000, Kazakhstan, *E-mail: merkhatd@gmail.com

² D.Serikbaev East Kazakhstan Technical University,
Ust-Kamenogorsk 070002, Kazakhstan

³ Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,
Ust-Kamenogorsk 070000, Kazakhstan

Abstract

Corrosion and erosion at boiler units of thermal power plants depend on the type of fuel burned and the composition of combustion products. To prevent corrosion and erosion, heating surfaces can be restored or heating surfaces can be applied by protective coatings [1,2]. The coefficient of thermal expansion of Cr₃C₂ is nearly similar to that of iron and nickel that constitute the base of most high temperature alloys. This minimizes stress generation through thermal expansion mismatch during thermal cycles [2,3].

The paper presents the results of the influence of a change the filling volume of the detonation gun barrel to the properties of Cr₃C₂-NiCr coatings deposited on samples of heat-resistant steel 12Kh1MF (DIN 14MoV63). An elevated temperature particle erosion research setup is described, the design of which allows testing under a variety of conditions including different erosion agents and their distributions in terms of size, temperature and surface angle of attack. In this plant design, the sample temperature can reach 900 °C and the particle velocity can reach 33 m/s.

Acknowledgments

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09261164)

Key words: Heat and power engineering, heating surfaces, coatings, wear resistance, Cr₃C₂-NiCr, detonation spraying

References

1. Kakimzhanov, D. N., Rakhadilov, B. K., Tyurin, Y. N., Kolisnichenko, O. V., Zhurerova, L. G., & Dautbekov, M. K. Influence of pulsed plasma treatment on phase composition and hardness of Cr₃C₂-NiCr coatings. Eurasian Journal of Physics and Functional Materials, 2021, Vol.5(1), pp. 45-51
2. Dautbekov, M.K., Rakhadilov, B.K., Zhurerova, L.G. et al. A Technology for Making Detonation Coatings on Power Equipment Parts Made of Grade 12Kh1MF Steel. [Text] // Therm. Eng. 69, P.989–995 (2022). <https://doi.org/10.1134/S0040601522120011>.
3. Bauyrzhan Rakhadilov, Dauir Kakimzhanov, Merkhat Dautbekov, Zhuldyz Sagdoldina, Meruyert Adylkanova, Riza Abylkalykova, "Influence of Spraying Parameters on the Structure and Tribological Properties of Cr₃C₂-NiCr Detonation Coatings", Advances in Tribology, vol. 2023, Article ID 6684656, 9 pages, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6684656>

EXPERIMENTAL STUDY INTO THE OPTIMIZATION OF THERMAL PERFORMANCE OF A SOLAR STEAM GENERATOR

H. Wang^{1,2}, H. Yin^{1,2}, Q. Zhang^{1,2,*}, X. Li^{1,2,*}, T. Ma¹, Kh.F. Sayfieva³

¹Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100190, China, *E-mail: zhangqiangqiang@mail.iee.ac.cn, drlixin@mail.iee.ac.cn

²University of Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100049, China

³Tashkent State Technical University,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract

SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell) require high temperature steam, but generating steam with electricity is very energy intensive. Concentrated solar power can be a good substitute for electricity to generate high temperature steam. In this paper, the thermal performance of a solar steam generator is researched. The steam generator improves the heat transfer capacity by installing porous ceramic material inside and using spray cooling technique. Due to the limited heat transfer capacity of previous steam generators, other types of steam generators can only produce steam with a temperature below 700 °C. The steam generator in this paper has a high thermal efficiency depending on the nozzle characteristics. Therefore, the steam generator has obvious advantages in terms of generating high-temperature steam. The experimental results show that the instantaneous thermal efficiency of the steam generator with a new nozzle can reach a maximum of 58% when the solar irradiation power is 2.26 kW and the inlet water flow rate is 1.23 kg/h. At this time, the steam generator can produce high temperature water vapour at a maximum temperature of 715.4 °C. The high-temperature steam produced by this steam generator has a great potential in combination with the SOEC system for hydrogen production.

Key words: steam generator, irradiation power, thermal efficiency, high temperature water vapour

References

1. J. Pye, J. Coventry, F. Venn, J. Zapata, W. Logie, Experimental Testing of a High-Flux Cavity Receiver, SolarPACES 2016.
2. A. Houaijia, S. Breuer, D. Thomey, C. Brosig, J.P. Sack, M. Roeb, C. Sattler, Solar hydrogen by high-temperature electrolysis: Flowsheeting and experimental analysis of a tube-type receiver concept for superheated steam production, Energy Procedia, 49 (2014) 1960-1969.

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОУГЛЕРОД-ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Р. Хайдаров^{1*}, О. Гапурова¹, И. Гарипов¹, Р.Т. Krishnamurthy²

¹Институт Ядерной Физики АН РУз,
100214 Узбекистан, г. Ташкент, Мирзо-Улугбекский р-н, пос. Улугбек, ул. Хуросон 1,
*e-mail: renat2@gmail.com

²Department of Pharmacology, JSS College of Pharmacy (JSS Academy of Higher Education & Research),
Ooty, The Nilgiris 643 001, Tamil Nadu, India, **E-mail: praveentk7812@gmail.com

Аннотация

В данной работе приводятся основные научные результаты, полученные в рамках реализации в 2021-2023 гг. совместного Узбекско-Индийского проекта № UZB-Ind-2021-77 "Поверхностно модифицированные углеродные нанотрубки, загруженные сурвивином и паклитакселом, для лечения немелкоклеточного рака легкого», финансируемого Агентством инновационного развития Республики Узбекистан. Проект посвящен решению вопросов создания наноносителей для адресной доставки лекарственных веществ, которая позволяет увеличить концентрацию доставляемых средств в определенном месте и заблокировать или ограничить их накопление в здоровых органах и тканях. Направленный транспорт позволяет также повысить продолжительность и эффективность действия лекарства, снизить побочные эффекты. Разработаны методы поверхностного модифицирования углеродных нанотрубок, позволяющих получить наноконкомпозиты в следующих модификациях: 1) «наноуглерод-полиэтиленмин»; 2) «нанотрубка – паклитаксел», 3) «нанотрубка-моноклональные антитела против антигена CD133», 4) «нанотрубка- сурвивин – паклитаксел - моноклональные антитела против антигена CD133».

Также разработана технология и изготовлена установка электрохимического синтеза наночастиц углерода с привитыми карбоксильными группами на их поверхности, которые могут быть использованы на практике для решения ряда экологических задач. Синтезируемые наночастицы углерода имеют сферическую форму и размеры от 1,5 до 25 нм. Наличие карбоксильных групп на поверхности наночастиц углерода позволяет конструировать наноконкомпозиты, обладающие новыми физическими и химическими свойствами. В качестве примера, нами был синтезирован наноуглерод-полимерный наноконкомпозит, в котором в качестве полимерной молекулы выступал полиэтиленмин (PEI). Разработан способ очистки воды от катионов металлов и органических соединений, основанный на использовании этого наноконкомпозита. Ионы металлов взаимодействуют с наноуглерод-PEI наноконкомпозитом по механизму комплексообразования. Емкость наноконкомпозитов по ионам двухвалентных металлов достигает 4,0–5,7 ммоль/г при pH = 6, процент удаления Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ni^{2+} и Cr^{6+} - 99%, а коэффициент распределения - 10^1 – 10^3 мл/г.

Ключевые слова: нанотехнология, наночастица, углеродные нанотрубки, полимерные наноконкомпозиты.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Н.К Ходжаева¹, Ж.М Хаккулов², А.А Холмунинов³

Физический факультет Национальный Университет Узбекистана имени.Мирзо Улугбека
г.Ташкент Узбекистан *E-mail: xnasiba_1984@rambler.ru

Аннотация

В данной тезис результаты исследований показывают возможность получения наноструктурированных материалов в виде нанопокровов и нановолокнистых нетканых материалов на основе биополимеров хитозана и фиброина, а также сополимера акрилонитрила методами электролиза и электроспиннинга.

Ключевые слова: Хитозан, фиброин, наноструктурированных материал, элертролиз, электроспиннинг.

Воздействие электрического поля на полиэлектролиты может привести к интенсивному перемещению ионогенных макромолекул (макроионов) к анодам и катодом, электрохимическому восстановлению и/или осаждению на поверхности электрода в виде нанопокровов, также электроформированию, т.е. электроспиннингу нановолокон полимеров [1, 2]. В сущности такие процессы структурообразования макроионов весьма сложные, особенно, когда в качестве объектов исследований используются биополимеры или биосовместимые полимеры, содержащие в элементарных звеньях активные функционально-активные группы, таких как аминные, карбоксильные, метильные и т.п. В принципе структурообразование и фазовые превращения макроионов в электрическом поле могут быть регулированы с изменением величины постоянного напряжения от 1 до 20 кВ в диапазоне электрического тока 0,1– 10 мА. При этом определение оптимальных условий структурообразования макроионов в виде осадков наночастиц, нанопокровов и нановолокон в зависимости состава полиэлектролита в электрическом поле является весьма актуальной задачей. Данная работа выполнена в этом аспекте, в которой особое внимание удалено на выбор объектов исследований, приготовление их прядильных растворов и формирование наноструктурных материалов на их основе в электрическом поле, генерированном при электролизе и электроспиннинге.

В качестве объектов исследований выбраны местные биополимеры (ХЗ) Bombyx mori и фиброин (ФБ) шелка, а также биосовместимый сополимер акрилонитрила (Со-АН) «нитрон» производство АО «Навоизот». Для проведения гидродинамических исследований приготовлены разбавленные растворы ($C[h] < 0,5$), не проявляющие концентрационных аномалий: ХЗ в 2 % $CH_3COOH + H_2O + 2\% NaCl$; ФБ в 11 % $LiCl$ -ДМФА; Со-АН в 51,5 % $NaCNS \cdot H_2O$. Согласно закона Хаггинса проведены вискозиметрические исследования и определены характеристические вязкости $[h]$. По уравнению Марка-Куна-Хаувинка рассчитаны значения молекулярной массы для ХЗ $M_n = ([\eta]/4,97 \cdot 10^{-5})^{1/0,77} = 130000$; для ФБ $M_n = ([\eta]/1,23 \cdot 10^{-3})^{1/0,91} = 220000$; для Со-АН $M_n = ([\eta]/2,3 \cdot 10^{-4})^{1/0,78} = 115000$. Образцы с такими значениями M_n ведут себя как макроионы в растворах, где не подавлены полиэлектролитные эффекты. Причем, такие макроионы склонны к смещению и восстановлению под действием электрического поля, а также образованию межмолекулярных взаимодействий в области больших концентраций особенно при ориентационном упорядочении в потоке. С учетом этого были приготовлены растворы ($C[h] < 0,5$) с полиэлектролитным эффектом для проведения электролиза: ХЗ в 2% $CH_3COOH + H_2O$ и ФБ в $HCOOH : H_2O$ (1:1) и Со-АН в ДМФА для электроспиннинга.

Электрохимическое восстановление макроионов проводили в специально-собранный установке электролиза, снабженной с термостатом и ультрамикроскопом. В качестве электрода окисления использовали графитовый стержень (Ø5 мм) и электрода восстановления титановой пластинки (2x20x10 мм), а также титанового зубного имплантата в виде «штырь». Опыты показали, что восстановление макроионов образцов эффективно реализуется в диапазоне постоянного тока 2-10 мА при постоянном напряжении 50 В и температуре °С. В течение 30 мин сначала электролиза на поверхности электрода наблюдаются посредством ультрамикроскопа характерные эффекты Фарадея-Тиндаля, свидетельствующие об образовании нанопокровов. Далее через час поверхность электрода покрывается слоем микроразмерной толщиной. При добавлении трикальций фосфата

(ТКФ) к растворам образуются композиционные покрытия, прочность закрепления которых значительно выше, чем покрытий без ТКФ. Образование наноструктурных покрытий были подтверждены результатами SEM исследований. Следует отметить, что ниже происходит осаждения макроинов на поверхности электрода, но восстановление макроинов весьма незначительно. В области выше 10 мА наблюдается кипение раствора, что отрицательно влияет на процесс восстановления макроинов.

Электроспиннинг нановолокон из растворов ФБ и Со-АН проводили на специально-собранный установке под действием высокого напряжения 15 кВ. Использовали иглообразную фильеру диаметром капилляра 0,05 см и расстояние от фильеры до экрана составляло 10 см. Упорядоченные равномерные укладки нановолокон осуществляли на поверхности экрана, вращающегося частотой 15 об/мин. Также получали нановолоконные материалы при отсутствии вращения экрана. Толщина нановолокон определяли методами SEM и АСМ. Выявлено, что толщина нановолокон колеблется в диапазоне 50–500 нм в зависимости от концентрации раствора, диаметра фильеры, расстояния между фильерой и экраном, величины высокого напряжения. В данной работе толщина нановолокон были регулированы путем изменения концентрации раствора в пределах 10-15% и расстояния между фильерой и экраном в интервале 4-12 см. Особое внимание было уделено на укладки нановолокон посредством эксцентрично-вращающего экрана, который позволял получить нетканый материал различной степени упорядоченности. Методом двулучепреломления (ДЛП) была оценена степень упорядоченности по оптической анизотропии нановолокон, т.е. фактор ориентации (β) [3]. Выявлено, что значение β может быть регулировано путем подбора частоты вращения экрана. Обнаружена возможность получения нетканого материала фактором ориентации около 0,5, характеризующего “изотропно-анизотропным” состоянием нановолокон, а также фактором ориентации около 0,75, представляющего нетканого материала с наиболее равномерной формой и размером наноразмерных пор.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали возможности получения наноструктурных материалов в виде нанопокровов и нановолоконных нетканых материалов на основе биополимеров хитозана и фибрина, а также сополимера акрилонитрила методом электролиза и электроспиннинга.

Литература

1. Нечаев А.В., Иванов М.Г., Байкова Л.А. Электролиз в растворах электролитов. Екатеринбург-2008.С.120
2. Матвеев А.Т., Афанов И.М. Получение нановолокон методом электроформования. Учебное пособие/Москва: МГУ, 2010.83с.
3. Василенко А.Н., Старовойтов А.Г., Хомченко А.В. Измерение двулучепреломления в анизотропных материалах малой толщина //Вестник Белорусско- Российского университета. 2017, Т.57., №4. 137-141.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕДЕНИЯ РАСПЛАВА АКТИВНОЙ ЗОНЫ ПРИ ТЯЖЕЛОЙ АВАРИИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

А.Д. Вурим, Ю.Ю. Бакланова, Н.М. Мухамедова *, А.В. Сысалетин, Р.С. Исламов

¹ Institute of Atomic Energy Branch of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov; Beibit atom st. 10., 071100, *E-mail: bakayeva@nnc.kz (corresponding author)

Аннотация

Более 30 лет в Национальном ядерном центре Республики Казахстан (НЯЦ РК) проводятся работы в обоснование безопасности атомной энергетики на экспериментальных стендах «АНГАРА» и «ВЧГ-135» [1-3]. За это время накоплен большой объем экспериментальной информации о процессах, протекающих при развитии постулируемых тяжелых аварий на ядерных реакторах. Полученная в ходе экспериментов информация, в большинстве своем, разнородна, однако имеет ряд общих признаков, позволяющих связать в единое целое результаты отдельных экспериментов и их серий. С использованием методов качественно-количественного анализа, направленного на обобщение результатов отдельных экспериментов, вся полученная информация была обработана с целью приведения её к единому формату, пригодному для использования в информационно-аналитической системе (ИАС), созданной в НЯЦ РК для решения задач обработки результатов экспериментов. Помимо надежного защищенного хранения индивидуальных параметров каждого отдельного эксперимента, она обеспечивает проведение в едином операционном пространстве типовых расчетов входных параметров экспериментов, комплексный анализ и сравнение их отдельных характеристик и формирование протокола согласно выбранным параметрам данных. Одним из важных достоинств ИАС является присутствие в ней результатов экспериментов, в которых имитаторы кориума содержали уран – анализ этих данных зачастую позволяет избежать дублирования экспериментов и, соответственно, свести к минимуму работы с ураносодержащими материалами [4].

Разработка ИАС позволила решить следующие задачи:

- обеспечить сбор, хранение и систематизацию результатов экспериментов в рамках единой структуры с учетом их разнообразия;
- сформировать набор функций-операторов для каждого блока данных, составляющих структуру ИАС;
- разработать аналитические модули, обеспечивающие возможность выполнения типовых расчетов в целях обработки результатов выполненных и планирования перспективных экспериментов (расчета тепловой мощности, необходимой для получения кориума; мощности индукторов; параметров теплоносителя систем охлаждения и др.), сравнения результатов различных экспериментов в табличном и графическом виде, включая возможность сравнения изображений.

Функциональность созданной ИАС обеспечивается широкими возможностями управления данными, полученными в экспериментах по моделированию процессов, протекающих при тяжелых авариях ядерных реакторов.

Ключевые слова: информационно-аналитическая система, экспериментальные данные, тяжелая авария ядерного реактора, систематизация, обработка, анализ

Благодарность

Настоящая работа выполнена в рамках грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН АР09260704 «Информационно-аналитическая система данных, полученных при экспериментальном моделировании процессов тяжелой аварии на ядерном реакторе», 2021-2023 гг.).

Литература

1. M. Toyohara, V. Baklanov, A.A., Kolodeshnikov, et al. Characterization of fuel debris by large-scale simulated debris examination for Fukushima daiichi nuclear power stations. – Abstracts of X Inter. Conf. «Nuclear and Radiation Physics», 2015, September 8–11, Kurchatov, NNC RK, 2015, p. 25.

2. N. Mukhamedov, M. Skakov, I. Deryavko, I. Kukushkin. Thermal properties of prototype corium of fast reactor. – Nuclear Engineering and Design, 2017, vol. 322, p. 27-31.
3. Скаков М.К., Мухамедов Н.Е., Вурим А.Д. и др. Исследование возможности выведения кориума из активной зоны быстрого реактора. – Вестник КазНУ, вып. 3, 2016, с. 413-422.
4. Alexandr Vurim, Nuriya Mukhamedova, Yuliya Baklanova, Andrey Syssaletin and Assan Akayev. Information and analytical system for processing of research results to justify the safety of atomic energy / Applied Science. – 2022. – V.12. – I.19. <https://doi.org/10.3390/app12199705>.

APPLYING TiN COATINGS ON CUTTING TOOLS BY AIR-PLASMA SPRAYING METHOD

A. Kengesbekov^{1,2,*}, B. Rakhadilov¹ and Y. Naimankumaruly¹

¹PlasmaScience LLP,
Ust-Kamenogorsk 070000, Kazakhstan, *E-mail: aidar.94.01@mail.ru (corresponding author)

²Institute of Composite Materials,
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Abstract

Cutting tools operate at high contact stresses and temperatures. In this case, the contact areas of the tool are intensively worn due to the abrasive effect of solid inclusions in the processed materials, adhesion-fatigue, corrosion-oxidation and diffusion phenomena. Under these conditions the tool serviceability can be increased by changing the near-surface properties, at which the contact areas of the cutting wedge will most effectively resist wear, especially at elevated temperatures. To create a cutting tool with a complex of these properties on the surface, wear-resistant coatings are used. The properties of wear-resistant coatings largely depend on the technique and technology of their application.

This section presents the results of the study of the formation of TiN coatings on the surface of cutting tools (metal disk cutter and metal spiral drill) and the results of bench tests of cutting tools with TiN coatings obtained by air-plasma spraying (APS). After coating, the data of X-ray phase analysis showed the formation of TiN and Ti₃O phases. And also the results of tribological and mechanical properties of TiN coatings are shown. TiN coating has high microhardness 1163 HV_{0,2} and low coefficient of friction (0,35) in comparison with steel P6M5.

Key words: wear resistance, microstructure, air-plasma spraying, coating, titanium nitride.

Acknowledgments

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14972882)

References

1. Kengesbekov A. et al, Improving the efficiency of air plasma spraying of titanium nitride powder, Coatings. 1644, 11 (2022).
2. B.K. Rakhadilov, A.B. Kenesbekov, P. Kowalevski, Y.A.Ocheredko, Zh.B. Sagdoldina, Development of air-plasma technology for hardening cutting tools by applying wear-resistant coatings, News Natl. Acad. Sci. Repub. Kazakhstan Ser. Geol. Tech. Sci. 54-62, 3 (2020).
3. Rakhadilov, B. K., et al, Development of air-plasma technology for hardening cutting tools by applying wear-resistant coatings, New materials and technologies: powder metallurgy, composite materials, protective coatings, welding. 532-536, (2020). [in Russian].

INVESTIGATION OF RADIATION-CATALYTIC ACTIVITY OF NANO- Al_2O_3 IN THE PROCESS OF METHANE DECOMPOSITION

T.N. Agayev¹, S.Z.Melikova^{1*}, S.A.Zeynalova²

¹Institute of Radiation Problems, Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, B.Vahabzade str. 9,
*e-mail: sevinc.m@rambler.ru

²Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, 16/21 Azadlig Ave.

Abstract

In connection with the development of energy-intensive industries and technology, the energy problem is one of the main problems of our time. The production of energy carriers and various types of energy in the traditional way is accompanied by acute environmental problems. Therefore, today the development of scientific foundations for obtaining efficient energy carriers based on non-traditional, environmentally friendly energy sources is an urgent problem [1-3]. To search for new efficient catalysts for the conversion process of hydrogen production, various oxide catalysts, including nanoalumina, are widely used. Therefore, the study of the patterns of radiation-catalytic processes of hydrogen from methane is of great interest both in the field of atomic hydrogen energy and in the field of selection of catalysts for thermal catalytic and radiation-thermal catalytic hydrogen production. Radiation-catalytic and radiation-thermocatalytic processes of obtaining H_2 from methane in the presence of nano- Al_2O_3 were studied in order to reveal effective ways of converting the energy of ionizing radiation into chemical energy using the universal energy carrier H_2 .

Aluminum nanooxide is one of the widely used model nanooxide catalysts for studying the regularities of radiation-catalytic processes. In connection with the problem of hydrogen energy and the safety of nuclear power systems, interest in the study of radiation-heterogeneous processes of methane decomposition in the presence of nano-oxide compounds, including nano- Al_2O_3 , has recently increased dramatically.

This paper presents the results of a study of the radiation-catalytic activity of nano- Al_2O_3 in the process of obtaining hydrogen from methane. The kinetics of the radiation-catalytic decomposition of methane in the presence of nano- Al_2O_3 at room temperature has been studied. The objects of study were aluminum nanooxide with a frequency of 99.9%, particle size $d = 20\text{--}30$ nm, manufactured by Skyspring Nanomaterials. The mixture was dried at $T \leq 423$ K for 8 h. Then the mixture was subjected to thermal vacuum treatment at $T = 673$ K, $P = 10^{-2}$ Pa for 24 hours. Chromatographically pure methane was used. Methane was preliminarily purified from moisture, CO and CO_2 , as well as impurities of other hydrocarbons by passing through adsorption columns each 1 m long with CaCl_2 sorbents, molecular sieve, and silica gel. Further purification was carried out in a vacuum adsorption unit by repeated freezing and evacuation. H_2 and C_2 and C_5 hydrocarbons were found in the products of the radiation-catalytic decomposition of methane by the chromatographic method. Chromatographic analysis was carried out on an Agilent-7890 chromatograph. It is known from the literature data that the yield of molecular hydrogen for methane is 5.7 molecules/100 eV; in our case, the decomposition of methane on the surface of nano- Al_2O_3 is 7.05 molecules/100 eV. This indicates that nano- Al_2O_3 has radiation-catalytic activity.

References

1. T.N.Агаев, С.З.Меликова, Г.Т.Иманова, А.Г.Алиев. Радиационно-гетерогенные процессы и водородная безопасность ядерных реакторов. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность, 43-45 (2018)
2. A.A.Garibov. Radiation-heterogenic processes of hydrogen accumulation in water-cooled nuclear reactors. Nukleonika, 56 (4), 333-349 (2011)
3. T.N.Agayev, S.Z.Melikova, H.F.Hadzhiyeva. Radiation-thermocatalytic processes for hydrogen production from water. Problems of atomic science and technology, 2(120), 50-54 (2019)

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ НА ОСНОВЕ Mg ЛЕГИРОВАНИЕМ РЕДКИМИ И ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н.М. Мухамедова¹, А.Ж. Миниязов¹, Е.А. Кожаметов², И.А. Бачурин¹,
Ә.Ж. Қайырбекова^{1*}, А.С. Уркунбай¹

¹Institute of Atomic Energy Branch of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov; Beibit atom st. 10., 071100, *E-mail: kaiyrbekova@nnc.kz (corresponding author)

²NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University»,
Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 69 Protozanov Street, 070004.

Аннотация

Проблема хранения водорода является ключевой в развитии перспектив широкого использования водорода в качестве энергоносителя [1]. Металлические гидриды обеспечивают безопасный и, во многих случаях, обратимый способ хранения энергии, доступ к которой можно получить путём высвобождения водорода и его последующего окисления. С точки зрения экономической эффективности металл или сплав, используемые для хранения водорода, должны удовлетворять ряду критериев, включая высокую обратимую ёмкость хранения водорода, низкую температуру выхода водорода, низкую себестоимость и другие. Среди многих металлов и сплавов, реагирующих с водородом, к настоящему моменту не найден такой материала, который отвечал бы всем необходимым критериям.

Целью данной работы является разработка методики для получения композитных материалов на основе магния, имеющих высокую обратимую запасную ёмкость водорода и высокую кинетику сорбции.

Практическая ценность работы, состоит в исследовании материалов для обратимого хранения водорода с большой запасной ёмкостью.

По результатам выполненных работ определены оптимальные параметры механического синтеза в системе Mg-Ni-Ce. Проведено сравнительное исследование образцов, синтезированных с добавлением и без добавления стеариновой кислоты, с целью выявления ее влияния на процесс механического синтеза, вес образцов, загрязнение размольных шаров и формирование холодной сварки смесей. Определено оптимальное соотношение мелющих шаров к порошковым смесям и оптимальное ускорение вращения планетарной мельницы. Проведен анализ морфологии металлических частиц, синтезированных порошковых смесей. В дальнейшем планируется проведение анализа для установления влияния размера частиц синтезируемой системы Mg-Ni-Ce на ёмкость материала по водороду и его термодинамические свойства.

Полученные экспериментальные и теоретические результаты могут быть востребованы в научных лабораториях, занимающихся проблемами водородной энергетики.

Ключевые слова: водородная энергетика, металлгидриды, искроплазменное спекание, структурно-фазовые превращения.

Благодарность

Настоящая работа выполнена в рамках грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан ИРН AP19574566.

Литература

1. В.Н. Фатеев, О.К. Алексеева, С.В. Коробцев, Е.А. Серегина, Т.В. Фатеева, А.С. Григорьев, А.Ш. Алиев, проблемы аккумулирования и хранения водорода, Chemical problems 4, 453 (2018).

CHIRALITY SELECTION IN THE SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES

N. Turaeva¹, B. Oksengendler²

¹ Department of Natural Sciences and Mathematics, Webster University,
470 E Lockwood Ave, Saint Louis, MO 63119, USA, *Email: nigoraturaeva82@webster.edu

² Institute of Materials Science, Uzbekistan Academy of Sciences,
Tashkent, 100084, Uzbekistan

Abstract

Chirality of a SWCNT, determined by how the carbon sheet is folded into a hollow cylindrical shape, governs its chemical, mechanical and electronic properties and thus defines its potential applications. Depending on its two chiral indices (m,n), they exhibit either metallic or semiconducting features. Semiconducting SWCNTs are highly regarded due to their structural integrity and size-tunable bandgap, which make them with lower resistance and heat generation, while metallic ones are desirable for transparent conducting films and electrodes. Hence chirality selective growth of SWCNTs continues to represent one of the most important technological challenges. The CVD growth of SWCNTs using catalysts is the most relevant method for the control over the chirality-selectivity via selection of catalysts and growth conditions. The key parameters of the CVD growth such as chemical nature of catalysts, their size, the synthesis temperature, gas precursors and support substrates have profound impact on chirality of the SWCNTs. The electronic model, based on Wolkenstein's theory of catalysis and d -band theory, was developed to obtain the chirality selection in the SWCNTs populations grown by CVD method [1]. The dependence of the population distribution on chirality, defined as a product of the nucleation probability and the growth rate, has a volcano-shape. The model is in a good agreement with the reported experimental studies and supports the results which show the surplus of near armchair or near zigzag SWCNTs. The work emphasizes the role of the catalyst in chirality selection via optimization of chemisorption strength between the carbon species and the catalyst surface needed to achieve a stable nucleation and fast growth rates.

We also suppose that the chirality should impact on the confinement of water inside the carbon nanotube. It is well known that the freezing temperature of water confined to the interior of the SWCNT is higher than 0° C. In our previous work [2], we showed that inclusion of the hydrophobic interaction that depends exponentially upon the diameter of the nanotube, within the Ising model yielded an expression for the dependence of freezing temperature of water inside the SWCNT upon its diameter. According to the model, the smaller the diameter of the tube, the higher freezing temperature of water molecules. The chirality of the tube can impact on the hydrophobic interaction between the water molecules and the nanotube walls through the stronger rearrangement of water molecules inside the armchair carbon nanotubes in comparison with the zigzag and chiral ones.

Key words: carbon nanotube, chirality, catalysts, confined water, freezing temperature

References

1. N. Turaeva, Y. Kim, I. Kuljanishvili, An extended model for chirality selection in single-walled carbon nanotubes. *Nanoscale Adv.* **5**, 3684 (2023).
2. N. Turaeva, H. Krueger, B. Oksengendler, The Ising model of confined water in CNT, *ChemPhys* **513**, 83-85 (2018).

INVESTIGATION OF RADIOTHERMOLUMINESCENCE OF γ -ALUMINUM OXIDEN.N. Gadzhieva¹, S.Z. Melikova^{1*}, F.N. Nurmammadova², F.G. Asadov¹¹Institute of Radiation Problems, Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku city, str.B.Vahabzade 9; *e-mail: sevinc.m@rambler.ru²Baku Engineering University, khitdalan city, str.Hasan Aliyev 120**Abstract**

Among the existing modifications of aluminum oxide, the luminescent properties of which have been intensively studied for many years, are anion - defective single crystals (α -Al₂O₃). This is due to the use of crystals grown under reducing conditions based on anion-defective corundum for dosimetry of ionizing and non-ionizing radiation. In this case, the main attention was paid to experimental and theoretical studies of thermo- stimulated luminescence (TL) of these dosimetric crystals. It is shown that the entire set of actually observed features: the dependence of the TL yield on the heating rate, the temperature position of the TL peak at 450 K and its shape on the irradiation dose and heating rate, the drop in the average activation energy within the dosimetric peak, is due to one process - the quenching of the luminescence of F-centers. It has been suggested that the TL peak in anion-defective corundum is due to a complex defect formed by oxygen vacancies in different charge states, chromium ions and, possibly, ions of other transition metals. The effect of deep traps on the luminescent properties of anion-defective α -Al₂O₃ single crystals is also considered. It has been established that deep traps are of an electronic nature, their filling occurs as a result of photoionization of F-centers and is accompanied by the conversion of $F \rightarrow F^+$ - centers.

Compared to single crystals based on anion-defective corundum, the luminescent properties of powdered samples of γ -alumina have been little studied. Only recently have several works appeared in which some attempts were made in this direction. Conducting this study of the radiothermoluminescent properties of γ -Al₂O₃ makes it possible to detect electron and hole-type centers, auto-localized excitons (ALE) and other active particles in order to elucidate their role in radiation-heterogeneous processes. These studies are also important from the point of view of prospects for the search for new dosimetric materials for ionizing radiation based on powdered oxides. This paper presents the results of study of radiothermoluminescence of γ -alumina samples.

Radiothermoluminescence (RTL) curves were recorded in the temperature range 80–550K. For RTL analysis, samples were obtained in the form of tablets 1 mm thick by pressing from monodisperse γ -Al₂O₃ powders with grain sizes of ~ 100 μ m and impurity content $\leq 10^{-4}$ wt %. Spectral microanalysis of samples γ - alumina were received on a spectrophotometer Spectr AA 220 FS (Varian). According to microanalysis data on the chemical composition of the studied samples of aluminum oxide, they contain impurities of Cd, Co, Cr, Fe, Mg, Ti ions, where the content of chromium ions is $\sim 2.5 \cdot 10^{-3}$ wt. %. The samples were pre-treated in vacuum ($P = 10^{-5}$ Pa) at temperatures $T = 300$ and 873 K. For RTL analysis, the samples were irradiated with γ -rays from a ⁶⁰Co source at dose rates from 0.8 Gy/s with a step equal to 0.2 Gy/s at a temperature of 77 K. The RTL curves were obtained on a thermoluminograf TLG-69M with a sample heating rate of 0.08 – 0.32 K/s.

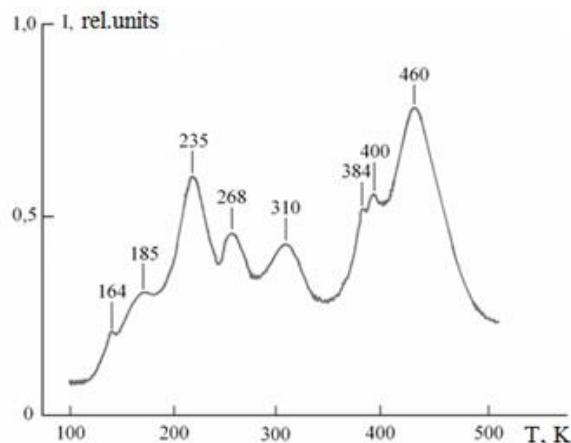
Fig.1. Radiothermoluminescence spectrum of γ -alumina.

Figure 1 shows the radiothermoluminescence (RTL) spectrum of powdered aluminum oxide. As can be seen, irradiation of Al_2O_3 samples with gamma quanta at a dose of 10 kGy leads to the appearance of a number of thermoluminescence peaks with maxima at 164, 185, 235, 268, 310, 385, 400, and 458 K.

Low-temperature weak peaks at 164 and 185 K can be associated with surface chemisorbed OH groups or oxygen, since they are absent in the samples trained at 873 K. Peaks with average intensity with maxima at 268, 384 and 400 K are apparently due to the presence of impurities - Mg, Ti and Cd ions and are caused by their thermal delocalization. A comparatively strong peak at 235K is attributed to an auto localized hole in the form of O^- , while the RTL peak at $T=310\text{K}$ is typical of oxides and also has an impurity nature. The observed high-temperature broad peak with a maximum at 458 K and an activation energy of $E_a=1.45\text{ eV}$ is in the dosimetric temperature range. The temperature position and shape of this peak depend on the irradiation dose, which is associated with the quenching of the luminescence of the electronic centers F^+ and F , and the TL peak itself is associated with a complex defect formed by oxygen vacancies of radiation origin in different charge states and a number of transition metal ions, including trivalent chromium ions. The radiothermoluminescence of $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ mainly связан exciton luminescence. Exciton luminescence was also found in the study of X-ray luminescence of $\gamma\text{-alumina}$.

The totality of the obtained experimental data is of both theoretical and applied importance in studying the properties of oxides used as carriers and catalysts. This information data package plays an important role in determining and elucidating the mechanism of interaction at the interface between two phases in radiation-stimulated heterogeneous processes. These studies are also promising for the search for new dosimetric materials for ionizing radiation based on powdered oxides.

COMSOL MULTIPHYSICS IN ENERGY STORAGE SYSTEMS OF UZBEKISTAN REGION

I. Rakhmatshoev^{1,*} and U. Sharopov²

¹Fergana polytechnical institute,
Fergana str. 86, 150100 Fergana, Uzbekistan

²Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2B, 100084 Tashkent, Uzbekistan, *E-mail: islombekrahmatshoyev@gmail.com

Abstract

We analysed the capabilities of the COMSOL Multiphysics program in the operation of energy storage systems in the hot conditions of the region of Uzbekistan.

COMSOL Multiphysics is a powerful software platform that is also used to simulate and analyze the performance of energy storage systems in a variety of environments such as hot climates. When considering energy storage systems in a hot climate like Uzbekistan, several factors need to be taken into account. Here are some key considerations and steps you can take using COMSOL Multiphysics:

System Modeling: Start by developing a detailed model of your energy storage system within COMSOL Multiphysics. This can include components such as batteries, thermal management systems, control systems, and any other relevant parts.

Material Properties: Gather accurate material properties for the components in your energy storage system. This includes properties such as thermal conductivity, specific heat, and electrical conductivity. Ensure that the properties you use align with the operating conditions in Uzbekistan's hot climate.

Heat Transfer Analysis: Hot climates can significantly impact the performance of energy storage systems. Conduct a heat transfer analysis within COMSOL to understand how the system dissipates heat and maintains optimal operating temperatures. Consider factors like conduction, convection, and radiation.

Thermal Management: Develop and evaluate different thermal management strategies to mitigate the impact of high temperatures on the energy storage system. This can involve incorporating cooling mechanisms, such as liquid or air cooling, and optimizing their placement and efficiency.

Efficiency and Performance Analysis: Use COMSOL Multiphysics to simulate and analyze the overall efficiency and performance of the energy storage system under various operating conditions. Evaluate variables such as temperature, state of charge, and load profiles to assess the system's behavior and optimize its design.

Optimization: Utilize COMSOL's optimization capabilities to fine-tune the energy storage system's design parameters. This can involve adjusting factors like material properties, dimensions, and cooling strategies to maximize efficiency and performance while operating in a hot climate.

Durability Analysis: Assess the system's durability and lifespan under prolonged exposure to high temperatures. Consider factors like battery degradation, thermal expansion, and the long-term impact on system components. COMSOL can help simulate these effects and aid in designing for durability.

Control System Design: Develop and test control strategies to ensure the energy storage system operates optimally in a hot climate. Use COMSOL Multiphysics to model control algorithms and evaluate their effectiveness in maintaining safe and efficient operation.

Remember that COMSOL Multiphysics is a versatile tool, and the steps mentioned above provide a general framework. The specific details and parameters of your energy storage system will depend on the technology you are using (e.g., lithium-ion batteries, flow batteries) and the particular requirements of your project.

It's always recommended to consult with domain experts and validate your simulation results with real-world data to ensure accuracy and reliability.

Key words: COMSOL Multiphysics, energy storage systems

References

1. <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>

ПУТИ УСИЛЕНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРОВСКИТОВ

И. Нургалиев*, А. Облакулов, Б. Оксенгендлер и Н. Ашуров

Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан, ул. Абдулла Кадыри 7^б,
100128 Ташкент, Узбекистан, *E-mail: polymeruz@gmail.com (автор для переписки)

Аннотация

Среди множества перспективных подходов для формирования перовскита с высокими оптоэлектронными характеристиками особое место занимает Lewis-acid/base approach. Введение в раствор прекурсоров ряда оснований (доноры электронов) позволяет сформировать устойчивые промежуточные комплексы для создания благоприятных, контролируемых условий гомогенной нуклеации и роста кристаллов, завершающаяся формированием бездефектной и плотной пленки абсорбера. Аналогичную роль играют и растворители, такие, как ДМФ, ДМСО, так и предложенные в последние годы N-метил-2-пирролидон (NMP), 3-Диметил-2-имидазолидинон (DMI), 2-Метоксиэтанол (2-Me) и другие [1-3]. При этом уровень взаимодействия прекурсоров с комбинацией растворителей определяет точку супернасыщенного состояния раствора (нуклеация) и диффузионно-контролируемого роста промежуточных кристаллических комплексов в ряде следующих технологических этапов формирования перовскита, спиннингование и последующий отжиг. К настоящему моменту однозначно выявлена продолжительность нуклеационного периода, который в целом определяет морфологию и размер зерен кристаллов перовскита, уменьшение продолжительности приводит к формированию инсайтеров с широким распределением кристаллов по размерам, и наоборот, расширяющие продолжительность нуклеационного периода, который провоцирует гомогенную нуклеацию с меньшими размерами зерен перовскитной пленки [4, 5].

На примере метиламмоний йодида свинца (MAPbI_3) мы исследовали процесс комплексообразования молекулярных частиц из раствора на начальную стадию кристаллизации с помощью расчетов на основе теории функционала плотности (DFT). Расчеты проводили с учетом широко используемых растворителей: диметилсульфоксид (ДМСО) и N,N-диметилформамид (ДМФА) и N-метил-2-пирролидон (N-МП) для анализа структуры и энергию йодоплюмбатовых комплексов в виде простого комплекса $[\text{PbI}_m\text{X}_n]^{2-m}$ и полимерных йодоплюмбатов $([\text{PbI}_m\text{X}_n]^{2-m})_x$. Для исследования механизмов, лежащих в основе значительных изменений энергий реакции для комплексов с бинарными растворителями от $[\text{PbI}_2(\text{X})_6]$ до $[\text{PbI}_6(\text{X})_6]^{4-}$, а также $([\text{PbI}_2(\text{X})_4])_2$ до $([\text{PbI}_4(\text{X})_2]^{2-})_2$ нами были проанализированы атомистические структуры соответствующих комплексов. Существенных изменений средней длины связей Pb-I не наблюдается, расхождение происходит в пределах 2.760-2.789 Å. Для систем $[\text{PbI}_2(\text{ДМСО/ДМФА})_6]$, $[\text{PbI}_2(\text{N-МП/ДМФА})_6]$, $([\text{PbI}_2(\text{ДМСО/ДМФА})_4])_2$, $([\text{PbI}_2(\text{N-МП/ДМФА})_4])_2$ и $([\text{PbI}_3(\text{N-МП/ДМФА})_3]^{1-})_2$ таковые не наблюдаются, так как в системе при образовании данных комплексов отсутствует ион метиламмония. Для всех других систем происходят данные взаимодействия, для некоторых происходит увеличение их количества, что можно объяснить тем, что в ходе реакции добавляется больше ионов MA^+ от комплексов с низкой к высокой I-координацией. Для комплекса $[\text{PbI}_4(\text{ДМСО/ДМФА})_6]^{2-}$ происходит образование двух водородных связей между MA^+ и ДМФА, при этом наблюдается резкое увеличение общей энергии для данного комплекса -36,681 кДж, для всех же последующих стадий такого не наблюдается. Что касается системы $[\text{PbI}_4(\text{N-МП/ДМФА})_6]^{2-}$, аналогичного скачка в изменении общей энергии комплекса не обнаружено, однако количество взаимодействий между MA^+ и молекулами растворителей намного больше, что сказывается на рассчитанных значениях общей энергии комплексов с участием бинарных растворителей N-МП/ДМФА.

На основании рассчитанных энергий предложены схемы реакций образования MAPbI_3 в растворителях ДМСО, ДМФА, а также бинарных растворителях ДМФА-ДМСО и ДМФА-N-МП. Расчеты показали важную роль NH...O водородных связей при образовании мономеров йодоплюмбатов, а также на несбалансированность энергий комплексов на нескольких элементарных стадиях реакции в различных растворителях (образование $[\text{PbI}_4\text{X}_n]^{2-}$ благоприятно, образование $[\text{PbI}_5\text{X}_n]^{3-}$ замедлено). При смешивании небольшого количества ДМСО с ДМФА приводит к лучшему балансу энергий и, следовательно, потенциально лучшему равновесию в общем

процессе кристаллизации, и, соответственно, лучшему качеству кристаллической структуры перовскита.

Большинство выполненных экспериментов удается трактовать в рамках трех кинетических моделей: 1. Случай нейтральных компонентов – модель с нелинейной адсорбцией и сильной неравновесностью (интерпретация парадокса Кюри-Пригожина). 2. Модель с противоположными зарядами, но большой разницей в их подвижности (случай типа Мотта–Гёрни). 3. Модель с парой различных зарядов ионов, но с созданием промежуточных метастабильных состояний ионов. Возможно также возникновение спиновой химии в частности, типа Flip-Flop.

В качестве примера, нами на примере тригидрата ацетата свинца (содержащий три молекулы воды) к качестве неорганического прекурсора и йодистого метиламмония выявлено, что в процессе реакции прекурсоров формируются промежуточные соединения перовскита с молекулами воды (Lewis base). Вариация условий спиннинга, температуры и продолжительности отжига с включением дополнительной стадии кондиционирования, (вариация продолжительности нуклеации) позволяют выявить оптимальные параметры формирования перовскитного абсорбера. Обнаружено усиление конверсионных показателей по току короткого замыкания, напряжению открытой цепи и фактору заполнения более чем на 30 %.

Согласно различным стратегиям (включая антирастворители, кислотно-основные методы Льюиса), реакций присоединения, добавка ионов хлорида, масштабированное производство, инженерии деформации и регулировки запрещенной зоны) удается произвести высококачественные перовскитные плёнки, и, следовательно, устройства на их основе с высокими характеристиками (т.е. как с высокой производительностью, так и с высокой стабильностью). Качество тонких пленок, полученных традиционным методом растворения, обычно низкое, что характеризуется неравномерностью зерен кристаллитов, пустотами, низкой укрывистостью и высокой шероховатостью. Использование метода антирастворителя в значительной степени решило эти проблемы.

Данная работа выполнена в рамках финансирования Всемирного банка проект REP-24112021/33 «Perovskite solar cells with optimized performance and stability», 2022-2024 гг., руководитель Аиуров Н.Р.

Ключевые слова: перовскит, абсорбер, растворители, теория функционала плотности

Литература

1. X. Huang *et al.*, Solvent engineering chemistry to control the quality of halide perovskite thin films for photovoltaics, ACS Cent. Sci. 8(7), 1008–1016 (2022).
2. F. Wang *et al.*, Solvent engineering of ionic liquids for stable and efficient perovskite solar cells, Adv. Energy Sustainability Res. 4, 2200140 (2023).
3. E. Radicchi *et al.*, Understanding the solution chemistry of lead halide perovskites precursors, ACS Appl. Energy Mater. 2, 3400–3409 (2019).
4. K. Lili *et al.*, Factors influencing the nucleation and crystal growth of solution-processed organic lead halide perovskites: a review, J. Phys. D: Appl. Phys. 54, 31 (2021).
5. Sh. Wang *et al.*, Instability of solution-processed perovskite films: origin and mitigation strategies, Mater. Futures 2, 012102 (2023).

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND GAMMA QUANTA ON THE YIELD OF MOLECULAR HYDROGEN IN THE RADIATION-CATALYTIC DECOMPOSITION OF HEXANE ON THE SURFACE OF NANO-ZrO₂

T.N. Agayev, S.Z. Melikova*, G.T. Imanova

*Institute of Radiation Problems, Ministry of Science and Education of Azerbaijan,
Baku city, str.B.Vahabzade 9; *e-mail: sevinc.m@rambler.ru*

Abstract

The study of the radiation-chemical decomposition of hydrocarbons in a heterogeneous nanooxide-hydrocarbon system is of particular interest in radiation-heterogeneous catalysis and atomic-hydrogen energy. The conducted studies have shown that the use of nanopowders accelerates the radiation-chemical decomposition of hydrocarbons and increases the radiation-chemical yield of molecular hydrogen. To date, the course of radiation processes in a heterogeneous nanooxide + hydrocarbon system has been little studied. In the literature, there are actually no data on the study of the radiation-chemical decomposition of n-hexane on the surface of nanooxides. The kinetics of formation of molecular hydrogen (H₂) in the nanozirconium dioxide + n-hexane heterosystem at 300÷673 K was studied.

We used ZrO₂ nanopowders with particle sizes $d=20-30$ nm. Prior to adsorption, zirconium dioxide samples were subjected to thermal vacuum treatment at a temperature $T=673$ K and a pressure of 10^{-1} Pa for 120 h to remove organic contaminants and dehydroxylate the surface. The samples were irradiated with γ rays on a ⁶⁰Co isotope source with a dose rate of $dD_{\gamma}/dt=7,5$ rad/s. The kinetic regularity of the accumulation of molecular hydrogen during the radiolysis of n-hexane in the nano-ZrO₂ + n-hexane system has been studied. The dependence of the change in the concentration of H₂ (NH₂) on the absorbed dose of γ -irradiation (D_{γ}) is shown in Fig.1.

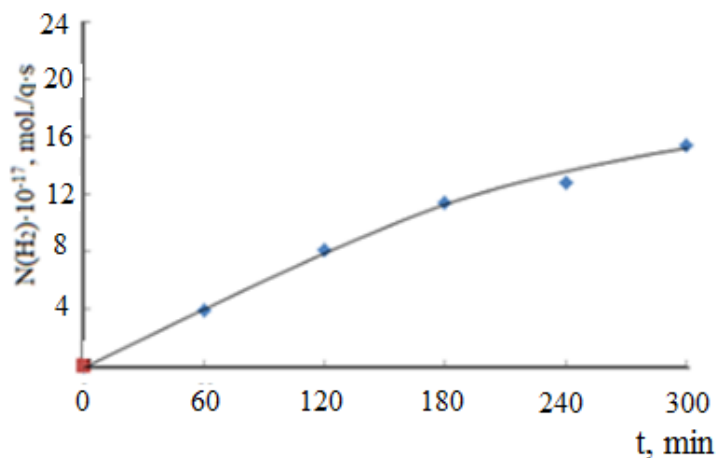


Fig.1. Molecular hydrogen generation kinetics $D_{\gamma}=1.03$ Gy/s in the process of radiation decomposition of n-C₆H₁₄ on the surface of nano-ZrO₂.

Based on the kinetic curve, the rate of formation of molecular hydrogen and radiation-chemical output were calculated. The radiation-chemical yields $G(C_xH_y)$ of the products (hydrocarbons) formed as a result of the decomposition of n-hexane on the surface of nano-ZrO₂ under the influence of gamma rays (hydrocarbons) were calculated. In order to compare the obtained values with homogeneous systems and to determine the radiation-catalytic activity of nano-ZrO₂, radiation-chemical yields $G(H_2)$ were calculated taking into account the energy absorbed by each component. It is known from the literature data that the yield of molecular hydrogen for hexane is $G(H_2)=5.1$ molecules/100 eV. In our case, at $T=300$ K, the decomposition of hexane on the nano-ZrO₂ surface yields molecular hydrogen equal to $G(H_2)=8.1$ molecules/100 eV. This indicates that nano-ZrO₂ has radiation-catalytic activity.

ANALYSIS OF METHODS FOR SIMULATING THE DECAY HEAT IN CORIUM IN THE PHYSICAL MODELING OF A SEVERE ACCIDENTS WITH CORE MELTDOWN

M. Skakov¹, V. Baklanov², G. Nurpaissova^{2,3*}

¹*National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan*

²*Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center,
Beybit Atom str. 10, 07110, Kurchatov, Kazakhstan, *E-mail: nurpaissova@nnc.kz*

³*Shakarim University, Semey, Kazakhstan*

Abstract

Safety has always been the main task determining the prospects for the operation of existing and the creation of new nuclear power plants. The following accidents caused the strongest blow to the reputation of nuclear power: Three Mile Island NPP (USA, 1979); Chernobyl NPP (USSR, 1986); Fukushima-1 NPP (Japan, 2011), the peculiarity of which was the formation of corium with the subsequent destruction of the reactor vessel, and the release of molten fuel beyond its limits (Chernobyl and Fukushima). Corium is a melt containing nuclear fuel and molten components of internal devices, the temperature of which reaches 2800 °C. It consists of uranium oxides and metal structural elements (zirconium, iron, chromium, etc.). The nuclear fuel contained in the composition of corium continues to be a source of heat released due to the decay reactions of ²³⁵U nuclear fission fragments. Due to the possibility of corium escaping from the outside during severe accidents with melting of the reactor vessel, passive melt localization systems used in new generation reactors were developed [1].

An important element of such experimental devices is a system for simulating residual energy release in the melt. The experimental device of corium localization system should provide energy input into the simulator melt, simulating the fission reaction both in magnitude and in the nature of its distribution in the volume of corium.

There are various methods of modeling the decay heat release in the melt used in experimental installations, such as induction heating, direct electric heating method, indirect electric arc heating method, thermite mixture heating, ohmic heating, etc. [2-3].

Comparative analysis determined advantages and disadvantages of the listed methods. The priority property of induction heating is that the transfer of energy into the melt is carried out in a non-contact way, thereby eliminating the possibility of contamination of the melt with foreign substances, as, for example, happens when using electrodes with direct electric heating or thermite mixtures. The main disadvantage of this method is the relatively low efficiency, which is due to the dependence of the heating efficiency on a variety of electrical and geometric parameters of both the inductor and the experimental setup [4].

The same disadvantage of uneven heating of the melt is observed in the heating method by direct transmission of electric current. The decay heat release compensation system is built in such a way that, as the tungsten electrodes in direct contact with corium fail and the side walls erode, additional electrodes were exposed to the surface of the corium melt, to which an electric current is applied, thereby maintaining a homogeneous picture of heating the melt during the experiment.

The advantage of indirect electric arc heating in comparison with induction heating or direct electric heating is the absence of dependence on the electrically conductive properties of corium, since the transfer of energy to the melt is not associated with the flow of electric current in the melt. In this regard, in the process of analyzing the energy transferred to the melt, it can be determined with great accuracy. The disadvantage of this method is the low unit power of plasmatrons [5]. The method of heating corium with thermite mixtures, although it stands out with the prospect of reaching temperatures up to 3000 °C, but its main drawback is the change in the composition of corium excludes the possibility of using this method as an optimal [6].

The use of spiral heaters as in the LIVE installation, at first glance, is a more optimal way of compensation. Each heating plane consists of a spiral-shaped heating element located in a special cage to ensure proper placement. To ensure uniform volumetric energy release, the heating system has six heating planes at different heights with fixed distances between them. This arrangement of heaters allows you to adjust the uniformity of heating by volume of the corium melt.

However, the maximum permissible temperatures for indirect electric heating of the melt by resistance in the LIVE installation were limited by the thermophysical properties of the spiral heater material, which was 1100 °C, which is significantly lower than the required values [7]. At the same time, the problem of temperature limitation of the use of a spiral heater can be solved by using more refractory metals as a material for its manufacture. One of the most optimal metals is tungsten, which has a melting point of over 3000 °C, which is significantly higher than the operating temperatures when conducting experiments with corium.

Keywords: NPP, severe accident, corium, residual energy release

References

1. V.V. Gusarov, V.I. Almyashev, S.V. Beshta, Sacrificial materials of the safety system of nuclear power plants – a new class of functional materials, Thermal power engineering. – 2001. – № 9. – p. 22-24.
2. Hwan Yeol Kim*, Sang Mo An, Jaehoon Jung, Kwang Soon Ha, Jin Ho Song. Corium melt researches at VESTA test facility, Nuclear engineering and technology, 10 July 2017.
3. JOURNEAU et al., Contributions of the VULCANO Experimental Programme to the Understanding of MCCI Phenomena // Nuclear engineering and technology. - 2012. - Vol.44, No.3. – p. 261-272.
4. Toleubekov K.O., Akaev A.S., Bekmuldin M.K. improving the efficiency of the induction heating system to simulate residual energy release in corium when interacting with heat-resistant materials. Bulletin of the NNC RK. 2020 (4):47-52.
5. Zhdanov. V., Baklanov V., Bottomley P.W.D., Miassoedov A., Tromm T.W., Journeau Ch., Altstadt E., Clement B., Oriolo F. Study of the processes of corium-melt retention in the reactor pressure vessel (INVECOR) // Proceedings of ICAPP 2011. - Nice, France. – 2-5 May 2011. - p.1300 – 1308.
6. Pliner Yu.L., Suchilnikov S.I., Rubinstein E.A. Aluminothermal production of ferroalloys and ligatures. -M.: Metallurgizdat, p. 1963- 176.
7. Miassoedov A., Cron T., Gaus-Liu X., Palagin A., LIVE experiments on melt behavior in the reactor pressure vessel lower head // 8th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics. - Pointe Aux Piments, Mauritius. - 11 – 13 July 2011. – p.793 – 801.

EXPERIMENTS ON THE RESEARCH OF THE CORIUM INTERACTION WITH METAL-COOLERS ON THE «VCG-135» TEST BENCH

M. Skakov¹, V. Baklanov², K. Toleubekov^{2,3*}, A. Akaev², M. Bekmuldin^{2,3} and I. Kukushkin²

¹National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan,
Kurchatov, Kazakhstan

²Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center,
Beybit Atom str. 10, 07110, Kurchatov, Kazakhstan, *E-mail: toleubekov@nnc.kz

³Shakarim University, Semey, Kazakhstan

Abstract

Currently, the methods of the corium melt cooling in the core catcher of a light-water reactor are becoming very relevant. These methods must exclude the direct supply of water to the melt surface during the portion output of corium from the reactor vessel and until the completion of the gravitational inversion of the corium melt layers.

In [1], it is proposed to consider low-melting metals as a cooler (hereinafter, metals - coolers) for the organization of continuous cooling of corium in the above-mentioned period of time. The conducted computer modeling showed the theoretical possibility to implement the proposed method of cooling corium in practice [2]. At the same time, the disadvantage of the computer model is that it considers only the thermophysical interaction between the core catcher's elements. In this regard, in order to understand all aspects of such interaction, it is expedient to conduct experimental studies in the conditions of a severe accident with core meltdown at a nuclear power plant.

Small-scale experiments were conducted on the «VCG-135» test-bench at the first stage of experimental studies. The goal of the experiments was to confirm the proposed method of corium cooling, research of the nature of the interaction between corium and metal-coolers in the conditions of a severe accident with core meltdown as well as to determine the most suitable metal for subsequent large-scale experiment.

The metal-coolers (zinc, antimony and manganese) in the form of cylinders with a diameter of 6 mm and a height of 8 mm were used in the experiments. The powder of the crushed corium prototype taken from earlier conducted experiments was used as a corium melt [3]. The control of the temperature was implemented using three thermoelectric converters and «Mikron» and «Impac» pyrometers.

During the experiments conducting, the liquid melt of corium was obtained by induction heating method of the powder to a temperature of 2250 °C. After reaching the required temperature, a two-minute exposure was conducted to equalize the temperature. After exposure, the induction heater was switched off and the metal was discharged on to liquid corium.

Key words: NPP, severe accident, gravitational inversion, corium, metal-cooler, «VCG-135» test-bench

ACKNOWLEDGEMENT

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14870512)

References

- Skakov M., Toleubekov K. et.al., The method of corium cooling in a core catcher of a light-water nuclear reactor, Eurasian Physical Technical Journal. 19(3), 69-77 (2022).
- Skakov M.K., Baklanov V.V. et.al., Modeling of the corium and metals – coolers interaction in a core catcher of a light water reactor, NNC RK Bulletin. 2 (94), 49-57 (2023).
- Skakov M.K Baklanov V.V. et.al., On the Possibility of Forming a Corium Pool by Induction Heating in a Melt Trap of the Lava-B Facility, Appl. Sci. 13: 2480 (2023).

EXPERIMENTS ON THE STUDY OF SACRIFICIAL ALUMINUM OXIDE MATERIAL WITH A LEAD LAYER AT THE «LAVA-B» FACILITY

M. Skakov¹, V. Baklanov², M. Bekmuldin^{2,3*}, A. Akaev², K. Toleubekov^{2,3} and I. Kukushkin²

¹National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan

²Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center, Beybit Atom str. 10, 07110, Kurchatov, Kazakhstan, *E-mail: bekmuldin@nnc.kz

³Shakarim University, Semey, Kazakhstan

Abstract

This paper presents the results of an experimental study of the interaction of sacrificial aluminum oxide material with a lead layer for a core catcher. The use of the proposed material will increase the heat removal from corium and the activation time of the chemical interaction of corium and sacrificial material due to the high heat-conducting properties of lead, thereby increasing the efficiency of localization of the core melt in the trap [1].

The work is based on the initial assumption to use steel as the sacrificial material of core catcher. However, the performed computational and experimental studies have shown that the use of metal as a sacrificial material is promising only in combination with an oxide sacrificial material designed to dilute the oxide part of corium [2].

Experiments to study the interaction of corium with sacrificial material were conducted at the Lava-B facility. Its main elements are an electric melting furnace and a melt receiving device, which houses a concrete melt trap with an inductor to simulate decay heat in corium [3].

During the experiments, corium with a total mass of 22.5 kg was obtained in the crucible of an electric melting furnace. After reaching a corium temperature of ~ 2500 ° C, it was dumped into a concrete trap. The test materials and a 4.5 kg steel liner were placed in a concrete trap to simulate steel in a melt.

The data obtained in the result of the experiment conducting provided new information about the nature of the interaction of corium with the materials under study. The method of scanning electron microscopy was used to determine the elemental composition of the corium regions, the boundaries of interaction and erosion of the sacrificial material during its interaction with corium.

Key words: NPP, severe accident, gravitational inversion, corium, sacrificial material, «Lava-B» facility

ACKNOWLEDGEMENT

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14870512)

References

1. Bekmuldin, M.K. et al. Heat-resistant composite coating with a fluidized bed of the under-reactor melt trap of a light-water nuclear reactor. Eurasian Physical Technical Journal. 2021;18(3):65-70. <https://doi.org/10.31489/2021No3/65-70>
2. Morozov A.V., Remizov O. V. Severe accidents at nuclear power plants with VVER: scenarios, core degradation processes, control methods // IATE NRU MEPhI, 2012. — 136 p. [in Russian]
3. Bekmuldin M.K., Skakov M.K., Baklanov V. V. et al. Experimental Simulation of Decay Heat of Corium at the Lava-B Test-Bench. Nuclear Technology. 2023. <https://doi.org/10.1080/00295450.2023.2226539>

INVESTIGATION OF PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TiO₂/rGO/CdS NANOCOMPOSITE

E. Seliverstova^{1,*}, T. Serikov¹, N. Ibrayev¹, A. Sadykova¹ and A. Auzhanova¹

¹Institute of Molecular Nanophotonics, Buketov Karaganda University,
Universitetskaya Str. 28, 100024 Karaganda, Kazakhstan, *E-mail: genia_sv@mail.ru

Abstract

The depletion of oil, coal and gas fields is forcing humanity to look for alternative fuels. The most promising among them today is hydrogen [1]. Existing methods and technologies for producing hydrogen have a high energy intensity, accompanied by a huge release of harmful substances into the environment. The solution to this problem can be the photocatalytic splitting of water using semiconductor nanomaterials and natural solar radiation. Titanium dioxide is considered to be the most promising semiconductor material for photocatalysis, due to its chemical stability, cheapness and corresponding energy levels [2]. However, the wide band gap and rapid recombination of photogenerated electron-hole pairs in TiO₂ limit its widespread use in photocatalysis. Recombination in TiO₂ can be suppressed by creating a TiO₂/rGO composite material [3-5]. The addition of rGO increases its adsorption capacity, increases the specific surface area, reduces the width of the band gap. At the same time, TiO₂/rGO has low photosensitivity in the visible range of radiation. CdS can be used to expand the absorption range of the TiO₂/rGO nanocomposite [6, 7]. The addition of CdS to TiO₂/rGO makes it possible to absorb light up to 510 nm, thereby increasing the generation of free electrons involved in the process of photo-splitting of water. In this paper, we investigated the effect of the concentration of CdS nanorods in the TiO₂/rGO nanocomposite on its photocatalytic activity.

The method of obtaining a TiO₂/rGO nanocomposite is presented and described in detail by us in [3]. CdS nanoparticles were synthesized by a modified hydrothermal method. Briefly, 1.85 g of cadmium acetate dehydrate and 1.05 g of thiourea were dissolved in 50 mL of an aqueous solution of ethylenediamine (60 vol. %) and stirring for 1 hour. The resulting solution was transferred to a 100 mL Teflon-coated stainless steel autoclave and kept at 170°C for 16 hours. Then the yellow solid was centrifuged for 5 times at a rotation speed of 4000 rpm, washing with deionized water every 10 minutes. After that, the resulting yellow product was dried for 12 hours at 100°C in the air. After drying, the TiO₂/rGO and CdS nanocomposite were ground in a porcelain mortar until a homogeneous consistency was formed. The proportion of CdS in the nanocomposite was 1%, 5% and 10% of the mass of TiO₂/rGO. Next, 1 mL of pure ethanol was added to 0.15 g of nanopowder and stirred in a magnetic stirrer for 24 hours. The finished nanocomposite paste (50 µL) was deposited to the pre-cleaned surface of FTO substrates (7 Ohms/cm², Sigma-Aldrich) by the "spin-coating" method at a speed of 3000 rpm.

The surface morphology of nanocomposite materials was studied by scanning microscopy MIRA 3LMU (Tescan). It is established that as a result of hydrothermal synthesis and mixing in a mortar, a TiO₂/rGO/CdS composite material was formed. The energy dispersion analysis confirmed the presence of Ti, O, C, Cd and S atoms. Moreover, as expected, the concentration of Cd and S atoms increased. The phase composition of the samples was carried out using X-ray diffraction patterns obtained on an X-ray diffractometer (XRD) (Rigaku smartLAB) in the angle range 2θ from 5-90°. For the measured samples, the main reflexes relate to tetragonal anatase modification 25.31°, 36.99°, 37.85°, 38.59°, 48.05°, 53.96°, 55.08°, 62.14°, 62.74°, 68.85°, 70.31°, 74.17°, 75.11°, 76.06°, 80.88°, 82.73°, and 83.19° that coincide with JCPDS, PDF card No. 01-070-7348. Peaks of graphene and its modifications are often not detected, since the load on graphene oxide is much lower than the detection limit of X-ray diffraction. However, peaks were recorded 24.95°, 26.6°, 28.3°, 43.9°, 48.1° and 52.05°, which correspond to CdS. The optical density of TiO₂/rGO films with a content of 1%, 5% and 10% CdS was measured. It is established that composite materials have a wide absorption band from 300 to 550 nm. With an increase in the concentration of CdS in TiO₂/rGO, no shifts in the absorption band maxima were observed. The photocatalytic activity of the samples was assessed by measuring the magnitude of the photoinduced current with an illuminated area of 1 cm² with a 10-second intermittent switching on and off of lighting in a standard three-electrode cell using a CS350 potentiostat/ galvanostat with a built-in EIS analyzer (Corrtest Instruments, China). A xenon lamp with a power of 300 W/cm² (Newport, USA) was used as a radiation source in all experiments. The photocurrent density is almost zero when the light is turned off and increases instantly when it is turned on.

So, for a TiO_2/rGO film, the maximum generated current density is 0.18 mA/cm^2 . When CdS nanoparticles are added, an increase in the generated current is observed. The growth for TiO_2/rGO samples with a content of 1%, 5% and 10% is 0.72 mA/cm^2 , 0.85 mA/cm^2 and 0.42 mA/cm^2 , respectively. The best result is observed for a TiO_2/rGO nanocomposite with a CdS content of 5%, which is 4.7 times better than the original sample.

Key words: titanium dioxide, reduced graphene oxide, cadmium sulfide, nanocomposite, photocatalysis.

References

1. K. Nakata, A. Fujishima TiO_2 photocatalysis: Design and applications. *J. Photochem. Photobiol. C* 13, 169 (2012).
2. J.P. Jeon, *et al.* Enhancing the Photocatalytic Activity of TiO_2 Catalysts. *Adv. Sustain. Syst.* 4, 12 (2020)
3. N. Ibrayev *et al.* Synthesis and study of the properties of nanocomposite materials $\text{TiO}_2\text{-GO}$ and $\text{TiO}_2\text{-rGO}$. *Mater. Res. Express.* 6, 1 (2020).
4. A. Zhumabekov, *et al.* Photoelectric properties of a nanocomposite derived from reduced graphene oxide and TiO_2 . *Theoret. Experiment. Chem.* 55, 6 (2020).
5. K. Woan, *et al.* Photocatalytic carbon-nanotube- TiO_2 composites. *Adv. Mater.* 21, 2233 (2009).
6. Yu.A. Nitsuk, *et al.* Optical properties of CdS nanocrystals doped with zinc and copper. *Phys. Technol. Semiconduct.* 53, 3 (2019)
7. J. Liu, *et al.* Facile preparation of Z-scheme CdS-Ag- TiO_2 composite for the improved photocatalytic hydrogen generation activity. *Internat. J. Hydrogen Energy.* 43, 18232 (2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВА В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Е.Е. Камбаров ¹, Ж.Б. Сагдолдина ²

¹Восточно-Казахстанский технический университет имени Даулета Серикбаева,
Усть-Каменогорск, Казахстан

²Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,
Усть-Каменогорск, Казахстан yedilzhan@gmail.com

Аннотация

В течение последних десятилетий развитие технологий в области новых материалов переходит к использованию много элементных сплавов. Данный класс металлических соединений называется высокоэнтропийными сплавами (ВЭС). ВЭС обладают свойствами, как высокой коррозионной стойкостью, высокой износостойкостью и специфическими механическими свойствами [1-2]. ВЭС в основном состоящие из пяти и более элементов в эквиатомных, где состав каждого элемента варьируется от 5 до 35 ат.%, или в неэквиатомных соотношениях [3]. Считалось, что ВЭС обладают исключительными характеристиками, такими как высокая энтропия смешения, искажение решетки, замедленная диффузия и эффект коктейля, которые обуславливают их высокую механическую прочность, стойкость к высокой температуре, износостойкость и коррозионную стойкость. В настоящее время исследования высокоэнтропийных сплавов направлены на исследования эволюции микроструктуры, прогнозирование твердости и влияние наночастиц ВЭС на электрические элементы схемы устройств.

Система $AlCoCrFeNi$ одна из наиболее широко исследуемых систем ВЭС благодаря своим отличительным термомеханическим свойствам, такими как высокая прочность на сжатие и твердость [4]. Смешивание элементов в этой композиции дает простые фазы твердого раствора, например, гранецентрированную кубическую (ГЦК), объемно-центрированную кубическую (ОЦК), гексагональную плотноупакованную (ГПУ) структуру [5].

В настоящее время имеются исследования зависимость фазового состава, микроструктуры и механических свойств от времени помола. Кроме того, важным параметром при механическом синтезе является изменение температуры, во время измельчения, и зависящая от кинетической энергии шаров, также может определять характер конечного порошкового продукта. Если температура высокая, то связанная с этим более высокая упругость (более высокая атомная подвижность атомов) приводит к процессам, приводящим к восстановлению (и рекристаллизации). В таком случае образуется стабильная фаза, например, как интерметаллическая. С другой стороны, если температура низкая, то восстановление дефектов будет меньше, и образуется аморфная (или нанокристаллическая) фаза [6].

Полученный высокоэнтропийный сплав $AlCoCrFeNi$ методом механического сплавления на высокоэнергетической шаровой мельнице (ВЭШМ), при контролируемом температурном режиме был исследован. Фазовая эволюция и термическая стабильность были изучены с помощью рентгенографии и сканирующей электронной микроскопии. Изменение размера порошка при механическом легировании определены с помощью грануметрического анализа.

Исследовано влияние изменение микроструктуру и фазовая эволюция сплавов $AlCoCrFeNi$, синтезированном методом механического синтеза на высокоэнергетической шаровой мельнице, при контролируемом температурном режиме. Получены следующие результаты:

В течение 2-х часового механического синтеза порошок показал хорошую химическую однородность и утонченную морфологию с увеличением среднего диаметра в 1.6 раза.

Достигнуто изменение фазового состава сплава $AlCoCrFeNi$ за более короткое время измельчения по сравнению в схожими работами данной системой, что подтверждается исчезновением элементарных брэгговских пиков после 2 часов высокоэнергетического шарового помола, и появилась картина твердого раствора ГЦК и ОЦК.

Содержание твердого раствора ГЦК уменьшилось, в то время как содержание твердого раствора ОЦК увеличилось за 2 часа ВЭШМ, что наблюдалось в предыдущих работе [5] происходит с 4 часов до 20 часов.

Литература

1. Qiu Y. Microstructural evolution, electrochemical and corrosion properties of Al_xCoCrFeNiTi_y high entropy alloys / Y. Qiu, S. Thomas, D. Fabijanic, A. Barlow, H. Fraser, N. Birbilis // *Materials & Design*. – 2019. – Vol. 170. – A. 107698. DOI: 10.1016/j.matdes.2019.107698
2. Quiambao K. Passivation of a corrosion resistant high entropy alloy in non-oxidizing sulfate solutions / K. Quiambao, S. McDonnell, D. Schreiber, A. Gerard, K. Freedy, P. Lu, J. Saal, G. Frankel, J. Scully // *Acta Materialia*. – 2019. – Vol. 164. – P. 362–376. DOI: 10.1016/j.actamat.2018.10.026
3. Miracle B. *A critical review of high entropy alloys and related concepts* / D. Miracle, O. Senkov // *Acta Materialia*. – 2017. – Vol. 122. – P. 448–511. DOI: 10.1016/j.actamat.2016.08.081
4. Kumar A. Mechanically alloyed high entropy alloys: existing challenges and opportunities / A. Kumar, A. Singh, A. Suhane // *Journal of materials research and technology*. – 2022. – Vol. 17. – P. 2431–2456. DOI: 10.1016/j.jmrt.2022.01.141
5. Wei, L. Phase, microstructure and mechanical properties evaluation of AlCoCrFeNi high-entropy alloy during mechanical ball milling / L. Wei, L. X. Liu, Y. Gao, X. Peng, N. Hu, & M. Chen // *Intermetallics*. – 2021. – Vol. 138. – A. 107310. DOI: 10.1016/j.intermet.2021.107310
6. Suryanarayana C. Mechanical alloying and milling / C. Suryanarayana // *Progress in Materials Science*. – 2001. – Vol. 46. – P. 1–184. DOI: 10.1016/S0079-6425(99)00010-9

EFFECT OF THE SURFACE MORPHOLOGY OF SILVER ISLAND FILMS ON THE SINGLET OXYGEN GENERATION

E. Menshova^{1,*}, N. Ibrayev¹

¹ Institute of Molecular Nanophotonics, Buketov Karaganda University,
University str. 28, 1000024 Karaganda, Kazakhstan, *E-mail: menshovayevgeniya@gmail.com

Abstract

The intensive development of photodynamic therapy requires the development of new generations of photosensitizers (PSs) based on nanomaterials with better photostability and higher efficiency of singlet oxygen generation, as well as ways to improve the efficiency of existing ones. For this, the use of various types of metal nanoparticles and the creation of planar metal-PS systems are considered.

The aim of this work is to study the enhancement of molecular oxygen activation by metal nanoparticles.

To study the plasmon effect on singlet oxygen generation, silver island film (SIF) substrates were prepared by chemical deposition [1] and magnetron sputtering [2]. According to the scanning electron microscope, spherical islands with a radius of 40–50 nm for a sample obtained by magnetron sputtering and 30–150 nm – by chemical deposition are uniformly distributed on the surface of the films. The broadened absorption spectra also prove a large scatter in the size of islands in films obtained by chemical deposition. Rose Bengal (BR) (5×10^{-5} M) in PVB (7.7%) was chosen as the PS, 300 μ l of which was applied by spin-coating (3000 rpm for 1 min) on a clean coverslip and SIF.

Under the influence of the plasmon effect, there is an increase of singlet oxygen generation by 3.68 and 1.21 times for SIFs obtained by chemical deposition and magnetron sputtering, respectively. The different gain can be associated with different structure morphology, since the size and shape of silver clusters affect the performance of silver-enhanced singlet oxygen generation, as well as with an increase in the overlap integral between the SIF and BR absorption spectra in cases of chemical deposition. The very process of singlet oxygen generation amplification is explained by an increase in the yield of PS triplets under the action of an increase in SIF electric field. This is confirmed by an increase in the intensity of long-lived luminescence of BR on SIF obtained by chemical deposition: for delayed fluorescence by 7.08 times, for phosphorescence – by 10.21 times. At that time, the intensity of delayed fluorescence of BR on the SIF obtained by magnetron sputtering changed by 4.37 times, and the phosphorescence – by 6.84 times.

The use of plasmon to increase the efficiency of singlet oxygen generation of PSs is of interest because its flexibility is applicable to any type of PSs. Existing metal-enhanced PSs often exhibit higher photostability and minimal photobleaching, making them an excellent tool for image-guided photodynamic therapy.

Key words: silver island films, singlet oxygen generation, plasmon effect.

References

1. N. Ibrayev *et al.*, Plasmon effect on simultaneous singlet-singlet and triplet-singlet energy transfer, *J. Lumin.* 251, 119203 (2022).
2. D. Temirbayeva *et al.*, Distance dependence of plasmon-enhanced fluorescence and delayed luminescence of molecular planar nanostructures, *J. Lumin.* 243, 118642 (2022).

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ 1-10 СНА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ ЭП823-Ш

Р.Ш.Исаев^{1,2*}, А.С. Дорошкевич², Ж.В. Мезенцева², Б.Л. Оксенгендлер³, V.Teofilović⁴, D. Chicea⁵, M.N. Mirzayev¹

¹АИЦР Департамент ядерных исследований,
Азербайджан;

²Объединённый Институт Ядерных Исследований,
Россия;

³Институт плазменных и лазерных технологий им. Арифова,
Узбекистан;

⁴Университет «Novi Sad»,
Сербия;

⁵Университет "LUCIAN BLAGA" SIBIU,
Румыния. *E-mail: rsisayev@mephi.ru

Аннотация

Будущее атомной энергетики, несомненно, будет связано с использованием реакторов на быстрых нейтронах. В связи с этим представляет интерес взаимодействие ферритно-мартенситной стали ЭП823-Ш и жидкометаллическими теплоносителями. Одним из распространенных методов повышения коррозионной стойкости материалов является нанесение различных покрытий. В зависимости от концентрации кислорода в свинце и свинцово-висмутовой эвтектике покрытия могут предотвращать растворение стальных деталей в жидком металле [1-2].

Помимо поведения материалов в коррозионной среде, важно оценить свойства покрытий при облучении. Хромовое покрытие на ферритных/мартенситных сталях было облучено ионами 1.1 МэВ Н⁺ и 2.4 МэВ He⁺ при 400 °С до 1 и 10 сна соответственно на ускорителе ЭГ-5. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения и химический анализ (ЭДС) проводились на границе раздела Cr/сталь. Хромовый слой сохранил хорошую адгезию с поверхностью стали, что обеспечило высокую коррозионную стойкость покрытия после облучения.

Это исследование проводилось в рамках проекта H2020/MSCA/RISE/SSHARE number 871284, the Serbia - JINR cooperation Projects № 373 2023 items 4 and 5, Serbia - JINR cooperation Projects № 178 items 7 and 8, Belarus - JINR cooperation Projects № 308 items 21 and 22., RO-JINR Program No. 366/2021 item 8.

Ключевые слова: облучение, коррозия, адгезия, ЭП823-Ш, хромовое покрытие.

Литература

1. Yakushin, V.L., Hein, A.T., Dzhumayev, P.S., Kalin, B.A., Leont'eva-Smirnova, M. V., Pol'skii, V.I., 2014. Surface alloying of thin-walled metallic tube fragments using pulsed gas plasma flows. Russ. Metall. 2014, 561–568. <https://doi.org/10.1134/S0036029514070155>
2. Benamati, G., Buttol, P., Imbeni, V., Martini, C., Palombarini, G., 2000. Behaviour of materials for accelerator driven systems in stagnant molten lead. J. Nucl. Mater. 279, 308–316. [https://doi.org/10.1016/S0022-3115\(99\)00283-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3115(99)00283-4)

ENERGY STORAGE SYSTEMS IN COMSOL MULTIPHYSICS

I. Rakhmatshoev^{1,*} and U. Sharopov²

¹Fergana polytechnical institute,
Fergana str. 86, 150100 Fergana, Uzbekistan, *E-mail: islombekrahmatshoyev@gmail.com

²Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2^b, 100084 Tashkent, Uzbekistan,

Abstract

We analysed the capabilities of the COMSOL Multiphysics program in the operation of energy storage systems in the hot conditions of the region of Uzbekistan.

Key words: COMSOL Multiphysics, energy storage systems

COMSOL Multiphysics is a software package for the numerical simulation of physical phenomena [1]. It can be used to solve a wide range of problems in the field of energy storage systems (ESS), including:

- Simulation of electrochemical reactions in batteries, fuel cells and other SES devices.
- Modeling of thermal management in accumulators and other SES devices.
- Simulation of mechanics of materials in accumulators, fuel cells and other SES devices.
- Modeling of electromagnetic phenomena in accumulators, fuel cells and other SES devices.
- Simulation of hydrodynamic phenomena in accumulators, fuel cells and other SES devices.

COMSOL Multiphysics is a powerful tool that can be used to solve complex SES problems. It allows engineers and scientists to quickly and accurately simulate the behavior of SES systems in real-life conditions.

Here are some concrete examples of how COMSOL Multiphysics is being used in SES:

1. COMSOL has been used to simulate the performance of lithium-ion batteries under various operating conditions. Simulation results have been used to improve battery design and improve battery life.
2. COMSOL has been used to simulate thermal management in lead-acid batteries. The simulation results have been used to develop new battery cooling methods that can improve battery performance and lifespan.
3. COMSOL was used to simulate the charging and discharging of supercapacitors. The simulation results have been used to develop new methods for charging and discharging supercapacitors that can improve their performance and lifespan.
4. COMSOL was used to simulate the operation of fuel cells. The simulation results have been used to improve the design of fuel cells and increase their efficiency.
5. COMSOL was used to simulate hydrodynamic phenomena in battery cells. The simulation results have been used to develop new battery cell cooling methods that can improve cell performance and lifespan.

COMSOL Multiphysics is a valuable tool for researchers and engineers working in the field of SES. It can be used to improve the design of SES systems, increase their performance and increase their service life.

COMSOL Multiphysics is a powerful software platform that is also used to simulate and analyze the performance of energy storage systems in a variety of environments such as hot climates. When considering energy storage systems in a hot climate like Uzbekistan, several factors need to be taken into account. Here are some key considerations and steps you can take using COMSOL Multiphysics:

System Modeling: Start by developing a detailed model of your energy storage system within COMSOL Multiphysics. This can include components such as batteries, thermal management systems, control systems, and any other relevant parts.

Material Properties: Gather accurate material properties for the components in your energy storage system. This includes properties such as thermal conductivity, specific heat, and electrical conductivity. Ensure that the properties you use align with the operating conditions in Uzbekistan's hot climate.

Heat Transfer Analysis: Hot climates can significantly impact the performance of energy storage systems. Conduct a heat transfer analysis within COMSOL to understand how the system dissipates heat and maintains optimal operating temperatures. Consider factors like conduction, convection, and radiation.

Thermal Management: Develop and evaluate different thermal management strategies to mitigate the impact of high temperatures on the energy storage system. This can involve incorporating cooling mechanisms, such as liquid or air cooling, and optimizing their placement and efficiency.

Efficiency and Performance Analysis: Use COMSOL Multiphysics to simulate and analyze the overall efficiency and performance of the energy storage system under various operating conditions. Evaluate variables such as temperature, state of charge, and load profiles to assess the system's behavior and optimize its design.

Optimization: Utilize COMSOL's optimization capabilities to fine-tune the energy storage system's design parameters. This can involve adjusting factors like material properties, dimensions, and cooling strategies to maximize efficiency and performance while operating in a hot climate.

Durability Analysis: Assess the system's durability and lifespan under prolonged exposure to high temperatures. Consider factors like battery degradation, thermal expansion, and the long-term impact on system components. COMSOL can help simulate these effects and aid in designing for durability.

Control System Design: Develop and test control strategies to ensure the energy storage system operates optimally in a hot climate. Use COMSOL Multiphysics to model control algorithms and evaluate their effectiveness in maintaining safe and efficient operation.

Remember that COMSOL Multiphysics is a versatile tool, and the steps mentioned above provide a general framework. The specific details and parameters of your energy storage system will depend on the technology you are using (e.g., lithium-ion batteries, flow batteries) and the particular requirements of your project.

It's always recommended to consult with domain experts and validate your simulation results with real-world data to ensure accuracy and reliability.

References

1. <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>

SIZE EFFECTS OF FERROELECTRIC BaTiO_3 NANOPARTICLES ON THRESHOLD PROPERTIES OF SMECTIC A LIQUID CRYSTAL

Sh. Humbatov^{1,2*}, A. Imamaliyev³

¹ Faculty of physics, Baku State University,
Academic Zahid Khalilov Street 23, Baku, Azerbaijan, *E-mail: shirxanhumbatov@gmail.com

² Department of Physics and Electronics, Khazar University,
Baku, Azerbaijan

³Institute of Physics, Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan

Abstract

The effect of the size of submicron barium titanate (BaTiO_3) particles on threshold voltage of planar-homeotropic transition in smectic A liquid crystal p-nitrophenyl p-decyloxybenzoate with positive dielectric anisotropy ($\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$) is experimentally studied. BaTiO_3 particles with sizes of 100 nm, 200 nm and 400 nm were used (US Research Nanomaterials) as additive (volume fraction 0.0017). The threshold voltage (U_{th}) is derived from the C-V characteristic of the electro-optic cell when a bias voltage is applied to the cell in addition to the sinusoidal test signal. Since effective dielectric permittivity (ϵ_{eff}) of liquid crystal increases during the transition, in accordance with the equation $C = \epsilon_0 \epsilon_{eff} \frac{A}{d}$ (ϵ_0 -electric constant, A and d- are area and thickness of liquid crystal layer in electrooptic cell) the electrical capacitance of the cell should increase proportionally. As a threshold voltage was taken the voltage at which the electric capacity of the cell starts to increase [1]. The dependence of effective dielectric permittivity of pure smectic A liquid crystal and its colloids on the bias voltage are shown in Figure 1. As can be seen from the graphs, the addition of BaTiO_3 to the liquid crystal almost halves the threshold voltage of the electro-optical effect. For 200 nm sized BaTiO_3 particles, the threshold reduction is stronger in comparison with for other sizes.

The threshold decrease can be explained by two reasons: increase of dielectric permittivity anisotropy of liquid crystal at addition of BT particles; appearance of local electric field near polarized BT particles [2]. We think the strong effect of particles with a size of 200 nm is due to the monodomain structure of these particles.

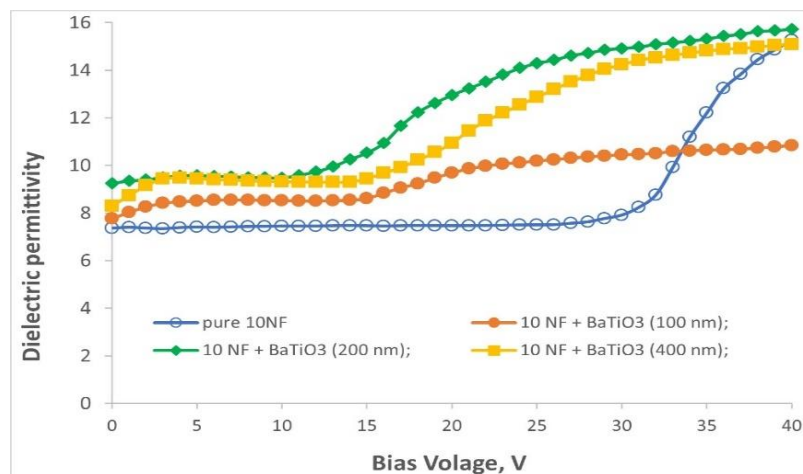


Figure 1. The bias voltage dependence of effective dielectric permittivity of pure smectic A liquid crystal and its colloids

Key words. barium titanate; ferroelectric; dielectric permittivity; colloids

References

1. Sh. Humbatov, *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 646:1, 263-267 (2017)
2. A.R. Imamaliyev, et al., *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9, 824–828 (2018).

COMPARATIVE SRIM ANALYSIS OF THE FORMATION OF DEFECTS ON THE SURFACE OF LITHIUM FLUORIDE AT IRRADIATION WITH IONS OF DIFFERENT MASS

A. Qahramonov^{1,*} and U. Sharopov²

¹Institute of Material Sciences, Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2B, 100084 Tashkent, Uzbekistan

²Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2B, 100084 Tashkent, Uzbekistan, *E-mail: utkirstar@gmail.com

Abstract

When the surface of a solid is irradiated with ions of different masses, the formation of defects can occur due to various processes, such as sputtering, implantation, and nuclear reactions. The nature and characteristics of these defects can vary depending on the mass of the incident ions.

We carried out a comparative SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter) analysis of the formation of defects on the surface of lithium fluoride when irradiated with ions of different masses. First, we analyzed the lighter one and it and then the heavier ones and it, such as cesium, for comparison with the experiment.

Here is a comparative analysis of the formation of defects on the surface of LiF when irradiated with hydrogen ions. The SRIM data obtained shows that light ions have relatively low energy and limited ability to penetrate the surface LiF. They primarily cause sputtering, in which surface atoms are displaced due to momentum transfer. This process can lead to the formation of surface vacancies.

Light ions can also be implanted into a surface, occupying lattice sites and creating lattice defects such as interstices or vacancies. The degree of implantation depends on the ion energy and the cross section of interaction with the target material.

Ions of intermediate mass oxygen have a higher energy compared to light ions, which ensures deeper penetration into the surface. They can cause more extensive sputtering, leading to the formation of larger surface defects and the ejection of atomic clusters.

Heavy cesium ions have high energy and can penetrate deeply into the surface. As a result, they cause significant atomization and can create large craters and surface roughness. Heavy ions can undergo nuclear reactions with LiF, which can cause structural damage, lattice displacements and the formation of defects such as dislocations, stacking faults or point defects.

Key words: SRIM, LiF, defects

References

1. <http://www.srim.org/>

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ТЕХНОГЕННОГО И РУДНОГО СЫРЬЯ.

Р.Х. Рахимов¹, Х.К. Рашидов, М.Эрназаров²

¹Институт материаловедения НПО «Физика-Солнца,
г. Ташкент, ул. Чингиз Айтматов 2Б, rashidow@gmail.com

²Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета имени
г. Алмалык Ташкентской области, ул. Мирзо Улугбека 45

Аннотация

Горнодобывающая промышленность является ключевой отраслью экономики Узбекистана. Успешное развитие этой отрасли невозможно без опоры на результаты фундаментальных и прикладных исследований. Такие исследования в первую очередь предопределяют внедрение высоких технологий с целью повышения извлечения и интенсификации добычи полезных ископаемых, так и решения экологических задач. Технические возможности подготовки горной массы, определяют возможности всего горного производства и, как следствие, полноты гидрометаллургической технологии извлечения ценных компонентов

Для дезинтеграции оксидного и упорного сульфидного золотосодержащего сырья, в последнее время исследуются способы, основанные на физических методах: возгонка кремния и титана в газовую фазу; с нетрадиционными энергетическими воздействиями, таких как электрохимическое окисление, СВЧ-нагрев, облучение ускоренными электронами, а также мощными электромагнитными импульсами; ИКК магнетизация сульфидного и оксидного сырья.

В Институте Материаловедения АН Узбекистана разработан уникальный метод для радиационной обработки минерального сырья. Импульсное излучение на базе функциональной керамики созданное доктором Рахимовым Р.Х. на базе БСП (г. Паркент) позволяет непосредственно, без промежуточных агентов оказывать радиационное энергетическое воздействие на минеральное сырье. Характерно, что при импульсе мощность воздействия превышает значение энергетической накачки на несколько порядков. Кроме того, имеется возможность подобрать длину волны излучения для обработки в резонансном режиме, что позволяет дезинтегрировать или агрегировать в зависимости от поставленных задач. В совокупности, все это приводит к высокой эффективности производства.

Одним из ярких примеров является прямое получение из Ангренских вторичных каолинов металлургического глинозема. Разработанная в Институте Материаловедения технология позволяет получить с помощью ИК обработки каолиновый концентрат до значений $Al_2O_3 > 38\%$; с последующим возгоном (при $450^\circ C$) основного макрокомпонента кремнезема SiO_2 . И получением таких востребованных продуктов как: гексафторсиликат и аморфный микрокремнезем (белая сажа), являющимися востребованными промышленностью Узбекистана. Остаточный кек – это глинозем (Al_2O_3 до 95%) с небольшим содержанием железа. Выделение железа возможно как магнитными (ИК переводит оксид железа в маггемит), так и гидрометаллургическими (кислотными) методами с получением пигментного железа.

Технология комплексная, универсальная, энергоэффективная, экологически благоприятная - предполагает полную переработку минерального сырья с получением субпродуктов: оксидов железа, титана, фторида кальция, гексафторсиликата, аморфного кремнезема, муллита и глинозема. Так как данные подходы к обогащению предполагают выделение в качестве главного процесса – кремнезем, оксиды железа, кальция, алюминия (макрокомпоненты присутствующие в любом минеральном сырье), то логично что благородные и редкие металлы концентрируются в остатке. Это позволяет обнаружить и выделить перечисленные элементы, которые в связи с низким содержанием оказывались вне поля зрения.

Другим, не менее перспективным направлением применения ИКК излучения, является технология агрегирования невидимого золота.

С увеличением разрешающей способности микроскопов критерий «видимости» золота менялся. В публикуемых научных работах частицы золота размером 0,5–100 мкм считались микроскопическими, менее 0,5 мкм субмикроскопическими.

Специалисты Горного Бюро США собирательный термин «невидимое» или точнее «ненаблюдаемое золото» (invisible gold) понимают, как золото в виде ионов и микронных частиц в сульфидах железа.

Известно, что тонкое и коллоидно-дисперсное золото при обогащении золотосодержащих руд и россыпей не амальгамируется, не цианируется и не извлекается при гравитационном обогащении. Для извлечения упорного золотосодержащего сырья исследуются способы, основанные на нетрадиционных энергетических воздействиях, таких как электрохимическое окисление, СВЧ-нагрев, облучение ускоренными электронами, а также мощными электромагнитными импульсами. Исследования быстропротекающих термических процессов в ультрадисперсных золотосодержащих средах и выявление фазовых переходов в них с целью разработки новых нетрадиционных методов извлечения труднообогащаемых ценных компонентов из минерального сырья вполне может быть перспективным и актуальным.

Теоретические и экспериментальные исследования показали возможность укрупнения частиц благородных металлов при обработке импульсным инфракрасным излучением с учетом их свойств до величин (500 мкм), позволяющее затем выделить золото стандартными гравитационными методами из техногенного и рудного сырья.

Для разработки методики необходимо проведение фундаментальных исследований по влиянию минерально-элементной составляющей сырья на агрегирование ультрадисперсных благородных металлов в минеральных средах. Известно, что благородные металлы, в частности, золото обладают целым рядом уникально выгодных сочетаний физико-химических свойств по сравнению с силикатными, сульфидными и прочими минералами россыпных и рудных месторождений. Выделим из многообразия свойств наиболее значимые, применительно к воздействию импульсным инфракрасным излучением на минеральные объекты, содержащие благородные металлы. Так, золото обладает наибольшим коэффициентом отражения и пренебрежимо малым коэффициентом поглощения на длине волны 1.06 мкм. Вместе с тем, для золота как и для других металлов этой группы, характерна, наряду с достаточно невысокой температурой плавления ($T_{пл} = 1063^{\circ}\text{C}$), большая температура кипения ($T_{к} = 2807^{\circ}\text{C}$), высокая химическая устойчивость.

Совокупность всех этих свойств является хорошей предпосылкой для исследований воздействия ИК импульсным инфракрасным излучением на длине волны 1.06 мкм на золотосодержащие минеральные объекты.

ВЛИЯНИЕ ОСАЖДЕННОЙ ПЫЛИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ДУШАНБЕ

М.А. Кудусов¹, У.Мадвалиев^{2,3}, А.Р. Мукумов⁴, С. Ф. Абдуллаев⁴, С. А. Кудусова^{4,5}

¹Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими,
г. Душанбе, Таджикистан

²ОАО «Системаавтоматика»,
734024, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Дружбы Народов 62., E-mail: umarkhon@mail.ru

³Институт математики им. А. Джураева НАН Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан

⁴Физико-технический институт им. С. У. Умарова НАН Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан

⁵Таджикский национальный университет,
г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация

Приведены результаты исследования влияния осажженной на поверхности солнечных панелей пыли на их производительность в естественных условиях города Душанбе. Результат тестирования в стандартных условиях показал, что производительность панелей снижается до 36% при плотности пыли $0,427 \text{ мг/см}^2$. Показано, что коэффициент корреляции фотоэлектрических панелей от интенсивности солнечного излучения ухудшается летом, что является следствием накопления пыли на поверхности фотоэлектрических панелей.

Ключевые слова: солнечная энергия, пылевое вторжение, влияние пыли, фотоэлектрическая панель, накопление и осаждение пыли.

1. Введение

Для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию используются солнечные фотоэлектрические панели. Производительность фотоэлектрических панелей зависит от географических факторов, факторов окружающей среды (температура, влажность, загрязнение, пыль, дождь и т.д.), а также и технологии их производства (монокристаллические, поликристаллические и др.) [1]. Таджикистан расположен в глобальном пылевом поясе, на пути таких источников пыли как пустыни Аралкум, Кызылкум, Каракум, Дашти Кабир, Дашти Лут, Сахара, а также Гоби и Такла-Макан. Поэтому Таджикистан, ежегодно, (чаще всего с апреля по ноябрь) подвергается сильным пылевым вторжениям и его территория является накопителем пыли. За последние 30 лет количество и продолжительность пылевых вторжений в Таджикистан, особенно в его южные и центральные части, существенно увеличились: если в начале 90-х годов были зарегистрированы два-три сильных эпизода в год с продолжительностью от 3-5 часов и, атмосфера очищалась ливневыми осадками, то в последние годы наблюдается тенденция увеличения количества эпизодов с продолжительностью от 5-15 дней и, при этом, пик пылевых вторжений соответствует периоду отсутствия осадков. Рекордная продолжительность пылевого вторжения зарегистрирована летом 2001г. (29 непрерывных дней) в г.Душанбе. По измеренным данным среднее годовое значение интенсивности осаждения пылевого аэрозоля в некоторых регионах Таджикистана, например, для Шаартуза, составляет $206-617 \text{ г/(м}^2\cdot\text{год)}$ [2]. Урбанизация и индустриализация страны также способствует попаданию твердых частиц в атмосферу [3]. Эта тенденция наблюдается и в других странах Центральной Азии [4]. В связи с потеплением и изменением климата в ближайшие годы количество пыльных и песчаных бурь растёт, и исследование влияния пыли на производительность солнечных фотоэлектрических панелей является особенно актуальным, так как потепление климата влечет за собой ускоренное таяние ледников, которые являются основными источниками водных ресурсов рек, использующихся в гидроэнергетике Таджикистана.

2. Оценка влияния осажженной пыли на производительность солнечных панелей

В целом пыль влияет на производительность панелей в двух случаях или в комбинации этих случаев: рассеяние в атмосфере и осаждение пыли на поверхности солнечных фотоэлектрических панелей. Существует много исследований о влиянии осажденной пыли на производительность солнечных фотоэлектрических систем, но большая часть имеющейся информации действительна только для их конкретного местоположения [5-7]. Однако отсутствует соответствующая информация о последствиях осаждения пыли для конкретного места в Таджикистане, которая могла бы быть эффективно использована при проектировании и расчете мощностей фотоэлектрических станций.

2.1. Оценка влияния осажденной пыли на производительность солнечных панелей в стандартных условиях измерения

Влияние осажденной пыли было исследовано с использованием двух монокристаллических фотоэлектрических панелей марки ODA 110-18-M [8] номинальной мощностью 110 Вт. Панели были размещены на площадке ОАО «Системаавтоматика» в городе Душанбе ($38^{\circ}34'4.7''$ с. ш. $68^{\circ}48'52''$ в. д. высота 830м над уровнем моря) на стойке, обращенной к югу, с фиксированным углом наклона 30° , так как именно этот угол является оптимальным для г. Душанбе [9] (рисунок 1, а).



Рисунок 1. Внешний вид испытуемых панелей а) панели с осажденной пылью, б) визуальное сравнение чистой панели и загрязнённой панели.

Солнечные фотоэлектрические панели были установлены на открытом воздухе в течение двух месяцев (июль–август 2022 г.) для естественного накопления пыли на поверхности панелей (эти панели называются «загрязнёнными» панелями). Влияние пыли определялось путем сравнения выходных параметров чистых и загрязненных панелей в стандартных условиях испытаний (STC, 1000 Вт/м^2 , 25°C) с помощью тестера солнечных панелей BSMT204 в соответствии с IEC 60904:2020 до и после накопления пыли [8]. Вольт-амперные характеристики фотоэлектрических панелей приведены на рисунке 2.

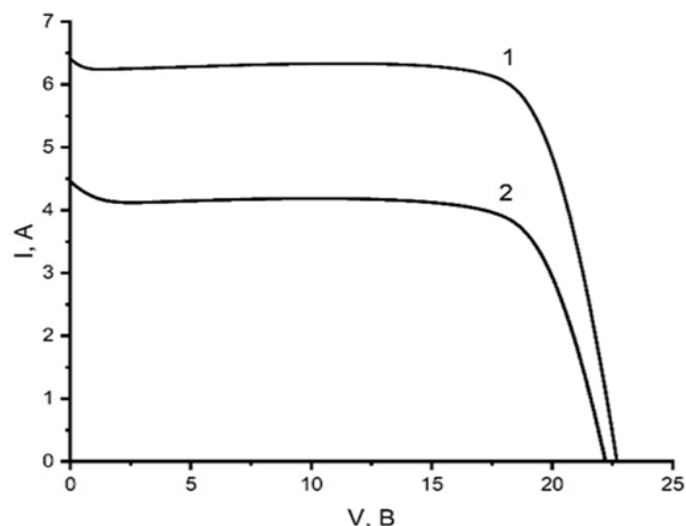


Рисунок 2. Сравнение вольт-амперных характеристик фотоэлектрических панелей в стандартных условиях измерения. 1 – чистая фотоэлектрическая панель, 2 – загрязнённая фотоэлектрическая панель.

Таблица 1. Результаты измеренных характеристик чистой и загрязнённой фотоэлектрических панелей

Фотоэлектрическая панель	Чистая	Загрязнённая
Номинальная мощность (P_{max}), Вт	109,4	70,2
Номинальное напряжение (V_{mp}), В	18,42	18,22
Номинальный ток (I_{max}), А	5,94	3,85
Напряжение при разомкнутом контуре (V_{oc}), В	22,68	22,21
Ток короткого замыкания (I_{sc}), А	6,40	4,45
Фактор заполнения (FF), %	75,34	70,8
Шунтирующее сопротивление (сопротивление тока утечки в землю) (R_{sh}), Ом	110,41	142,82
Последовательное сопротивление (внутреннее сопротивление ячейки (R_s), Ом	0,48	0,66

Потери мощности $P_{потеря}$ фотоэлектрической панели могут быть рассчитаны с помощью уравнения (3), используя соотношение [10]:

$$P_{потеря} = \frac{P_{чистая} - P_{загрязнённая}}{P_{чистая}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Плотность пыли измерялась путем взвешивания пыли, осевшей на панели, с использованием аналитических весов модели Sartorius BSA 224S-CW. Плотность пыли, скопившейся на поверхности панелей, составила $\sim 0,427$ мг/см² после 8 недель воздействия окружающей среды, и в результате измерений было определено, что мощность фотоэлектрических панелей снизилась на $\sim 36\%$. Во время проведения измерений погодные условия в основном были солнечными и без дождей.

2.2. Оценка влияния осажённой пыли на производительность солнечной фотоэлектрической станции (СФЭС)

На рис.3 показан пример накопления пыли на поверхностях фотоэлектрических панелей СФЭС города Душанбе. Для оценки влияния осажённой пыли на производительность панелей используются данные СФЭС Родильного дома №1 мощностью 34 кВт ($38^\circ 34' 39''$ с. ш. $68^\circ 47' 38''$ в. д. высота 845м над уровнем моря). Данная станция интегрирована во внешнюю электросеть с системой мониторинга и оснащена сетевым инвертором PMC100TD (40 кВт). С помощью устройств мониторинга, таких как термометр МТ-052 и пиранометр MS-602, осуществляется ежедневный, ежемесячный и ежегодный сбор и накопление данных выходной электрической мощности P , температуры окружающей среды T_a и интенсивности солнечного излучения H на поверхности фотоэлектрических панелей. СФЭС оснащена преобразователем сигналов 2-TD-TJC и SS4851-TR-ACW и программным обеспечением ESAP2-HE для мониторинга функционирования системы.



Рисунок 3. Осаждённая пыль на поверхности фотоэлектрических панелей Солнечной фотоэлектрической станции мощностью 40 кВт Научно-исследовательского института акушерства, гинекологии и перинатологии Таджикистана.

Согласно экспериментальным данным выходная мощность фотоэлектрических панелей линейно зависит от интенсивности солнечного излучения, падающего на поверхность панелей. [11]. Все модели для оценки максимальной выходной мощности фотоэлектрических панелей в качестве входных данных используют интенсивность излучения и температуру панели. В данной работе расчет максимальной выходной мощности панели P_m был выполнен по следующей линейной модели [12]:

$$P_m = P_{stc} (1 + \gamma(T_m - 25)) \frac{\tau_g H}{1000} \quad (2)$$

$$T_m = T_a + (T_{noct} - 20) \frac{H}{800} \quad (3)$$

где, τ_g - коэффициент пропускания стекла фотоэлектрической панели со стеклянной крышкой ($\tau_g = 1$ для незастекленной фотоэлектрической панели и $\tau_g = 0,85$ для застекленной фотоэлектрической панели [12]), P_{stc} - максимальная мощность при стандартных условиях тестирования, когда солнечное излучение составляет 1000 Вт/м^2 , а температура фотоэлектрической панели T_m составляет 25°C , γ - температурный коэффициент ($\gamma=0,0045$).

На рисунке 4.а. показана зависимость выходной мощности P фотоэлектрических панелей СФЭС от интенсивности солнечного излучения H по сезонам года. Интенсивность солнечного излучения H была выбрана в диапазоне $800\text{-}1000 \text{ Вт/м}^2$, так как в этом диапазоне погрешность линейных моделей наименьшая [13]. Как видно из приведенных данных, коэффициент корреляции очень высокий зимой и весной по сравнению с осенью и летом. Уменьшение коэффициента детерминации летом связано с накоплением пыли на поверхности фотоэлектрической панели и пиранометра (осевшая пыль на поверхности пиранометра снижает оценку интенсивности солнечного излучения до 20% [14]).

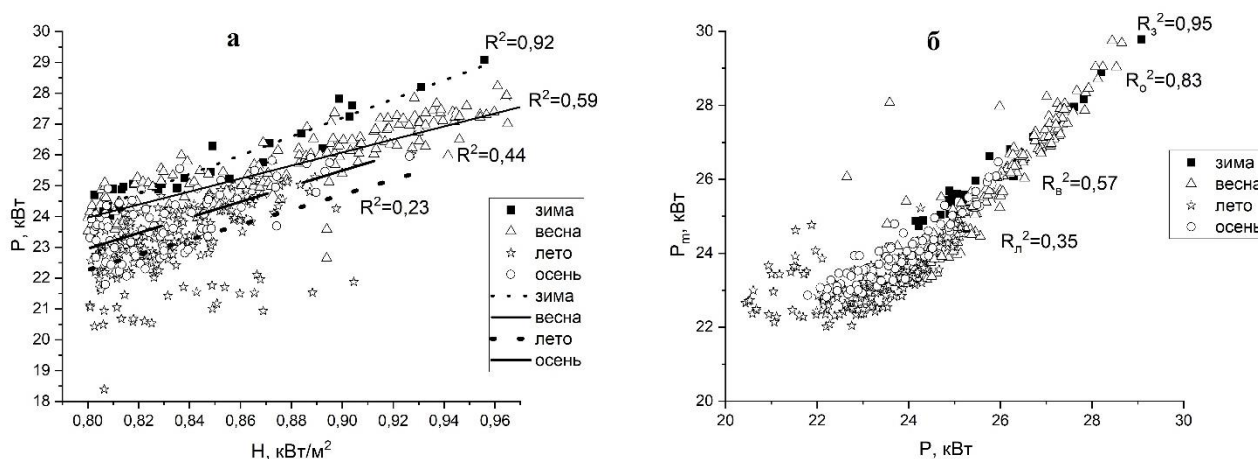


Рисунок 4. Зависимость выходной электрической мощности фотоэлектрической панели: а) от интенсивности излучения б) от максимальной выходной мощности фотоэлектрической панели согласно линейной модели.

Сравнительный анализ максимальной выходной электрической мощности фотоэлектрической панели P_m согласно линейной модели (2) с измеренными данными P , показан на рисунке 4. б.

3. Выводы

Исследовано влияние пыли на производительность солнечных фотоэлектрических панелей. Фотоэлектрические панели подвергались воздействию реальных условий на открытом воздухе в г. Душанбе в течение 8 недель. Плотность пыли, осевшей на поверхности фотоэлектрических панелей, в конце эксперимента составила $0,427 \text{ мг/см}^2$, что привело к снижению производительности панелей до 36%. Показано, что коэффициент детерминации между P и H ухудшается летом (0,23), что является следствием накопления пыли на поверхности фотоэлектрических панелей. Этот показатель для зимнего периода в отсутствии пыли равняется 0,92, что является хорошим коэффициентом детерминации. Данная работа является первой попыткой оценки влияния осажденной пыли на эффективность фотоэлектрических панелей в условиях города Душанбе. Для определения целесообразного периода очистки панелей от пыли необходимы более детальные исследования.

Литература

1. Sayyah Arash, Horenstein Mark N., Mazumder Malay K. Energy yield loss caused by dust deposition on photovoltaic panels - Solar Energy. v. 107, pp. 576-604. (2014).
2. Назаров Б. И., Абдуллаев С. Ф., Маслов В. А. Атмосферный аэрозоль Центральной Азии. - Душанбе: Дониш, 2017, 416 с;
3. Электронный ресурс: Рязанов А.В., Муртазов Ш.А. Анализ уровня загрязненности атмосферы в г. Душанбе Республики Таджикистан. - <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-urovnya-zagryaznennosti-atmosfery-v-g-dushanbe-respubliki-tadzhikistan>. - [Дата обращения: 11. 01. 2023]
4. Шогучкаров С.К., Жамолов Т.Р., Болиев А.М. Исследование влияния различных концентраций пыли на вольт - амперные характеристики фотоэлектрической батареи. - Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2019, №4(61) - URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/7213> - [Дата обращения: 29.01.2023].

5. Sanaz Ghazi, Ali Sayigh, Kenneth Ip. Dust effect on flat surfaces Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 33, pp. 742-751. (2014).
6. Shenouda R., Abd-Elhady M.S. & Kandil H.A. A review of dust accumulation on PV panels in the MENA and the Far East regions. - J. Eng. Appl. Sci., v.69, Iss.8 (2022). DOI:10.1186/s44147-021-00052-6.
7. Adel A Hegazy. Effect of dust accumulation on solar transmittance through glass covers of plate-type collectors. - Renewable Energy., v. 22, Iss. 4, pp. 525-540. (2001). DOI:10.1016/S0960-1481(00)00093-8.
8. Электронный ресурс: International Standard <https://webstore.iec.ch/publication/32004> - [Дата обращения: 11. 01. 2023].
9. Кудусов М., Мадвалиев У. Оценка прихода солнечной энергии и выбор оптимального угла наклона солнечных панелей для разных городов Таджикистана. ДАН РТ, т.63, № 9-10, с. 610-617. (2020).
10. Bashir M.A., Ali H.M., Ali M., and Siddiqui A.M. An Experimental Investigation of Performance of Photovoltaic Modules in Pakistan, Online. -Thermal Science, v.19, pp.525–534 (2015).
11. Kazmerski L., Diniz A., Cristiana Brasil Maia, et al. Fundamental studies of the adhesion of dust to PV module chemical and physical relationships at the microscale. - IEEE Journal of Photovoltaics. v.6, pp. 719-729, (2016).
12. Sun V. et al. Evaluation of nominal operating cell temperature (NOCT) of glazed photovoltaic thermal module - Case Studies in Thermal Engineering. v. 28, pp.101-361 (2021).
13. Kun Ding et al. Comparison of Parameterisation Models for the Estimation of the Maximum Power Output of PV Modules - Energy Procedia, v. 25, pp. 101 – 107 (2012).
14. Kudusov M. A., Madvaliev U., Elistratov V. V. Evaluation of the Efficiency of Already Existing Network Solar Photovoltaic Plants Operating 24/7/365 in Low-Voltage Power Supply Systems of Social Facilities in the city of Dushanbe - Applied Solar Energy, v. 57, No. 4, pp. 323–332 (2021).

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ГЕЛИОСТАТОВ ПАРКЕНТСКОЙ МЕГАВАТНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

Ш. Нурматов*, Р. Акбаров, Д. Пулотов, Н. Ёкубхонов, С. Холдоров

Институт материаловедения,

Ч. Айтматов. 2^б, 100084 Ташкент, Узбекистан, *E-mail: Sh.nurmatov1@gmail.com

Аннотация

В работе рассматриваются природные факторы, которые влияют на эффективность эксплуатации солнечных установок. Обсуждаются основные подходы для повышения эффективности солнечных фотоэлектрических модулей, коллекторов и концентрирующих систем. Представлены первые результаты по определению точности новой цифровой системы слежения гелиостатов за Солнцем Паркентской Большой Солнечной Печи (БСП). Сделан вывод, что система обеспечивает 3-5 минутную точность слежения.

Ключевые слова: Солнечная установка, концентратор, гелиостат, концентрация, эффективность, фокус, фокальное пятно, размер пятна, плотность энергии, распределение энергии.

Введение

Достижение высокой эффективности солнечных установок является одним из важных задач в их эксплуатации. При этом природные факторы, такие как климат, дневное движение Солнца, времени восхода и захода Солнца за горизонт, времена года существенно влияют на производительность солнечной установки. Очевидно, что в случае солнечных фотоэлементов, коллекторов и т.д., для максимального получения энергии плоскость солнечной установки (СУ) все время должна быть перпендикулярно к падающим солнечным лучам.

Для этой цели, обычно в монтаже таких систем, используются так называемый оптимальный угол наклона установки или используются система слежения за Солнцем, часто на основе солнечных трекеров. Для территории, где расположена БСП [1], в работе [2] представлены сезонные значения оптимального угла наклона солнечных установок указанного типа. При этом, как показывают проведенные расчеты, такие СУ с системой слежения примерно на 15-35% (зимой-летом) эффективнее, чем фиксированные СУ с оптимальным углом наклона.

Для эффективного функционирования солнечных энергетических систем на основе технологий “концентрированной солнечной энергии” (КСЭ) требуется сложная и дорогостоящая компонента - системы слежения за Солнцем, при этом, часто она является обязательной компонентой энергосистемы. Очевидно, что основным принципом в солнечных энергетических системах на основе технологий КСЭ является собрание прямых солнечных лучей в относительно небольшой, в так называемой фокальной зоне (фокальное пятно). При отсутствии системы слежения за Солнцем, фокальное пятно солнечной концентрирующей установки из-за дневного видимого движения Солнца смещается от оптического фокуса и постепенно, изменяясь в структуре, уходит от фокальной зоны и через некоторое время практически полностью “рассеивается”. В работах [3,4] проанализированы характерные особенности сдвига фокального пятна СУ в режимах дефокусировки их функционирования.

Методика определения точности системы слежения за Солнцем БСП

В данной работе представлены первые экспериментальные результаты по определению точности новой цифровой автоматизированной системы управления гелиостатов за Солнцем БСП (АСУГ). [5-7].

Точностных характеристик следящей системы, в частности, АСУГ БСП, могут быть определены различными способами. В работе [8] представлены описание и основные подходы по определению технических характеристик автоматизированной системы слежения гелиостатов французской мегаваттной солнечной печи в Одейо. При этом оценка ошибок системы слежения оценивались измерениями в фокальной зоне печи и путем непосредственного наблюдения и анализа отраженного луча каждого гелиостата с использованием системы ARGOS [9].

В Паркентской печи также в течение дня в хронологическом порядке измерялись основные характеристики фокального пятна отдельных гелиостатов, а также производились их снимки. При этом, в данном этапе, анализ фокального пятна производился визуально. Также, каждый момент

времени, контуры фокального пятна сравнивались с расчетными данными. Расчеты производились в специально разработанной программе. Интерфейс программы показан на рис.1. Для примера, на рис.2. представлена дневная хроника изменения состояния фокального пятна 33 гелиостата БСП.

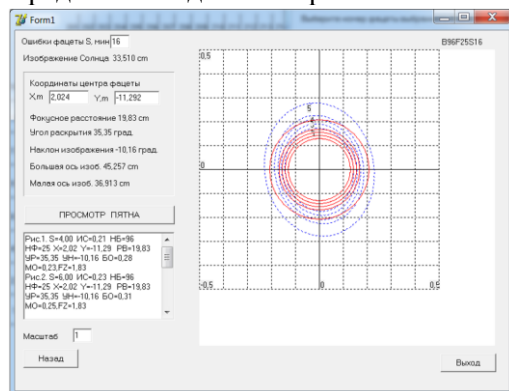


Рис.1.Интерфейс программы

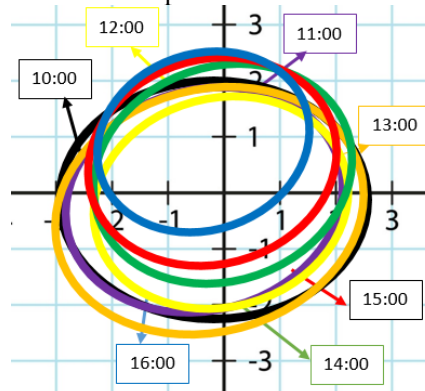


Рис.2.Хронология пятна

Для наглядности, на рис.3 представлены оригинальные снимки тех же фокальных пятен в хронологической последовательности.

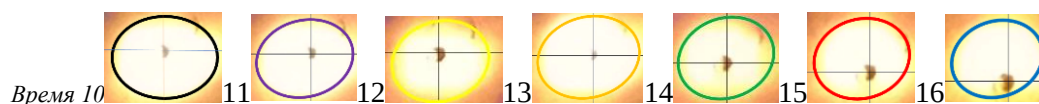


Рис.3. Оригинальные снимки фокального пятна в хронологическом порядке

Проведен подробный сравнительный анализ представленных данных. На основе полученных результатов можно сделать первые выводы о том, что АСУГ БСП обеспечивает высокую точность позиционирования в двухосном движении гелиостатов. При этом, общая точность системы слежения, по предварительным оценкам, составляет 3-5 угловых минут.

В будущем предстоит детализированный сбор данных для каждого гелиостата БСП, их анализ и выделение оптических, механических и электронных компонентов общей неточности АСУГ БСП.

Литература

1. Akbarov R.Yu, Paizullakhanov M.S. Characteristic Features of the Energy Modes of a Large Solar Furnace with a Capacity of 1000 kW. Applied Solar Energy. 2018. 54(2).pp.99-109.
2. Akbarov R.Yu. Determination of the Optimum Tilt of Solar Installations. Innovative Energy & Research. 2019, Vol 8(1): 223. DOI: 10.4172/2576-1463.1000223.
3. Akbarov R.Yu, Pirmatov I.I, Riskiev T.T. Monitoring the energy density distribution in the focal zone of the big solar furnace. Applied solar energy. 1998. 34(1), pp.47-51.
4. Abdurakhmanov, A.A., Orlov, S.A., Bahramov, S.A. et al. On sun tracking accuracy of concentrators. Appl. Sol. Energy 46, 316–318 (2010). <https://doi.org/10.3103/S0003701X10040183>.
5. Atabaev I.G, Akhatov Z.S, Mukhamediev E.D, Zievaddinov Z. Modernization of an automated controlling system for heliostat field of big solar furnace. Applied Solar Energy. 2016. 52 (3), pp.220-225.
6. Р.Ю. Акбаров, Ш.П.Нурматов. Определение требований к точностным характеристикам автоматизированной системы управления гелиостатами Большой солнечной печи. Гелиотехника, 2020, Том 56, №4, с.368-378.
7. Abdurakhmanov A.A, Akbarov R.Yu, Sarybaev A.S, Yuldashev A.A.. The automated control system of the heliostan field of the big solar furnace. Applied solar energy. 1998. 34(1).pp.34-37.
8. Emmanuel Guillot, Régis Rodriguez, Nicolas Boullet, and Jean-Louis Sans. Some details about the third rejuvenation of the 1000 kWth solar furnace in Odeillo: Extreme performance heliostats. Conference Paper. SolarPACES 2017. Santiago, Chile. AIP Conference Proceedings. 2018. <https://doi.org/10.1063/1.5067052>.
9. E. Guillot, R. Rodriguez, N. Boullet, and J.-L. Sans, ARGOS: Solar Furnaces Flat Heliostats Tracking Error Estimation with a Direct Camera-Based Vision System, SolarPaces 2017, Santiago, Chili.

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НА ПОРИСТЫХ АБСОРБЕРАХ

М. Пайзуллаханов*, О. Парпиев, Ж. Шерматов, Э. Нодирматов, О. Ражаматов

Институт Материаловедения Академии наук Республики Узбекистан,
г.Ташкент, ул.Чингиза Айтматова 2-Б, 100084 Ташкент Узбекистан, *E-mail: fayz@bk.ru

Аннотация

*Изучены процессы абсорбции водорода в пористых керамических материалах. Приведен обзор данных по получению и хранению водорода в материалах различного структурного состояния. Представлены основные подходы к решению проблемы хранения водорода в целом. Описаны основные современные методы хранения водорода в различных агрегатных состояниях. В частности, анализируются методы хранения водорода в жженном виде при низких температурах; в химически связанном виде – в гидридах металлов. Приведены результаты по синтезу пористых материалов для использования абсорберах водорода. Предложены различные виды абсорбции водорода в пористые материалы при заданных условиях – температуры и давления. Получены абсорберы с высоким значением по абсорбции водорода 13,2мас.%.
Ключевые слова: водород, получение, хранение, гидриды, абсорберы, пористая керамика*

1. Введение

Водород, обладающий уникальным комплексом физико-химических свойств, широко используется в различных технологических процессах. Высокая удельная энергоемкость (142 МДж/кг или 39 кВтч/кг в три раза больше, чем у традиционных жидких углеводородов), отсутствие вредных продуктов при окислении водорода кислородом, возможность реализации такого процесса в топливных элементах с КПД более 50% - все это способствует бурному росту исследований в области технологий водородной энергетики. Одна из основных проблем, препятствующих практическому использованию водорода во многих областях, связана с низкой эффективностью его хранения и транспортировки.

Сегодня в Узбекистане реализуются большие реформы в сфере развития возобновляемой и водородной энергетики т организовано строительство завода по производству зеленого водорода на электролизере мощностью 20 МВт с выпуском 3 000 тонн водорода ежегодно.

Одной из основных проблем, препятствующих практическому использованию водорода во многих областях, является низкая эффективность его хранения и транспортировки. Наряду с совершенствованием традиционных технологий, основанных на компрессировании сжижении, ведутся активные исследования новых материалов, способных хранить водород в компактной форме.

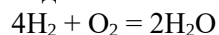
В данной работе приводятся результаты по разработке и созданию технологий эффективного хранения водорода в пористых материалах, синтезированных на местном сырье.

2. Ресурсы водорода и способы его хранения
Годовое производство водорода в мире составляет около 65 млн тонн, что 40 раз меньше по сравнению с добычей природного газа. А современное производство водорода основано практически на переработке ископаемого топлива – углеводородов, что делает его источником 830 млн тонн углекислого газа в год.

Получение водорода методом электролиза — наиболее экономичная и простая технология. Она требует небольших энергозатрат и позволяет получать большие объемы альтернативного газа. При пропускании через воду электрического тока молекула воды распадается на два атома — водорода и кислорода. Причем количество водорода в 2 раза больше, чем кислорода. Таким образом, при обработке 0,5 литра воды можно получить около кубометра обоих газов. Затраты электричества на разложение молекул составят 8 квт/ч на кг воды.

Другими источниками водорода могут быть водород содержащие соединения – полимерные органические материалы, гидриды металлов. Однако технология переработки таких материалов энергоемка и требует больших затрат ресурсов и времени. Основное количество получаемого водорода в настоящее время используется в нефтепереработке и производстве аммиака. А лишь небольшая часть используется в энергопроизводстве и транспорте. Но большие надежды возлагаются на технологии получения электрической энергии на топливных элементах, где

используется электрохимические процессы соединения



И энергетические установки на топливных элементах имеют самый высокий на сегодняшний день КПД – 80%. В работе [1] было показано, что среднегодовая производительность топливного элемента составляет 19 710 кВт•ч, что обуславливает стоимость 1 кВт•ч произведенной электроэнергии без учета затрат на обслуживание и амортизацию оборудования в пределах \$ 0,0766. Очевидно, что с учетом дополнительных затрат на амортизацию оборудования и обслуживание стоимость электроэнергии даже выше стоимости электрической энергии, поставляемой из городской электросети. Однако этот опыт может быть интересен в условиях дефицита электрической энергии и природного газа.

Следует отметить, что если водород в будущем станет жизнеспособным энергоносителем то проблема хранения водорода является одной из основных проблем в водородной энергетике. Проблема хранения или аккумуляции водорода является одной из ключевых проблем развития водородной энергетике [2]. Следует особо подчеркнуть, что системы водородного аккумуляции энергии, в отличие от других электрохимических систем (аккумуляторы и т.п.), обеспечивают длительное хранение запасенной энергии, т.к. для них не характерен саморазряд при хранении, и отсутствует зависимость энергетической емкости от температуры [3]. Как было в работе [4] обоснована целесообразность использования твердотельного накопителя – абсорбера водорода с точки зрения емкости хранения, диапазонов рабочих температур и давлений, устойчивости к загрязнениям, долговременной циклической стабильности и стоимости.

Хранить водород можно в газообразном виде под давлением, в жидком состоянии, в связанном виде в твердых или жидких носителях, а также в форме химических соединений, которые при разложении выделяют водород (аммиак, жидкие углеводороды).

Указанные методы хранения водорода имеют недостатки, связанные с дополнительными технологическими операциями – перевод газообразного водорода в сожжённое или жидкое состояние, что требует больших финансовых и энергетических затрат. Так же не лишены недостатка и металлгидридные материалы что требуют создания специальных стерильных камер с высоким вакуумом. Кроме того указанные методы имеют различную, невысокую, иногда и низкую эффективность. Например, гидриды металлов в зависимости от атомного веса металла относительно водорода, могут вместить водород в количестве до 7мас.% (в гидриде магния MgH_2) и 11мас.% (в гидриде алюминия AlH_3).

Так следует отметить, что основным критерием определения эффективности материалов для абсорберов водорода является подход, что материалы для хранения водорода должны удовлетворять ряду незамысловатых свойств – удерживать его в большом количестве при комнатной температуре, быстро высвобождать его при не слишком высоких температурах, не разрушаться при циклировании, а также стоить как можно меньше. Однако материал, который в полной мере соответствует запросам, так до сих пор и не был разработан. Поиск новых материалов и различные предлагаемые решения проблемы были освещены в ряде недавних обзорных статей [5-10].

3. Синтез пористой керамики для абсорберов

В экспериментах по синтезу пористых керамических материалов нами были испробованы множество составов для получения пористой керамики. Пористую керамику получали методом выгорающих добавок в матрицу керамической массы состава Ангренский каолин АКС-30, Паркентский диатомит, определенным химическим составом (табл.1).

Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов

СЫРЬЕ	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	ППП
Ангренский каолин	36,91	2,52	46,84	0,04	0,42	0,24	0,22	12,81
Паркентский диатомит	5,65	3,38	88,23	0,34	0,87	0,62	0,82	-

Ангренский каолин предварительно плавил на солнечной печи по выше описанной технологии. Плавильный материал мололи мокрым способом в шаровой мельнице до тонины 63мкм.

Выбор диатомита неслучаен, так как он обычно представляет рыхлую структуру. Пористость достигает 92 %. Содержание SiO_2 по массе 62–97 %. В качестве примесей в составе могут присутствовать: тонкий песок (не более 10 %), глинистые минералы и органическое вещество (в небольшом количестве).

В качестве выгорающих добавок нами были использованы уголь, кокс, опилки тутовника, шелуха риса, ПВС. На базе выбранных сырьевых материалов приготавливали шихтовые составы (табл.2).

Таблица 2. Химический состав сырьевых материалов

Состав	I	II	III	IV
Ангренский каолин	43	30	20	10
Паркентский диатомит	50	60	65	70
Выгорающие добавки	7	10	15	20

Технология получения пористой керамики включала следующие операции;

- приготовление шихты заданного состава;
- мокрый помол в шаровой мельнице;
- сушка при 200°C;
- формование в виде таблеток диаметром 20мм;
- обжиг при температуре 1150°C в течение 2 часов;
- медленное охлаждение в печи.

Полученные материалы алюмосиликатного состава, синтезированные из сырья, плавленного на солнечной печи имели следующие показатели

- плотность 375 - 550кг/м³;
- удельной поверхностью 2500см²/г;
- проявляют прочность при сжатии 3,7 - 4,9МПа.

Такие материалы могут быть использованы как абсорберы водорода для физического связывания водорода в порах силами Ван дер Вальса при высоких (30 – 50 атм) давлениях.

Эти данные с учетом значения плотности водорода 0,09 кг/м³ в нормальных условиях (300К, 1 атм) позволяют рассчитать аспектное число для пористого материала в нормальных условиях.

Аспектное оказалось сильно зависящим от относительной плотности и удельной поверхности материала абсорбера.

Так на рис.3 показана зависимость аспектного числа от экспериментально разработанных составов материалов. Из рис.3 видно, что аспектное число, т.е. способность материала поглотить – накапливать водород при 200°C, изменяется от состава (1,5мас%) к составу (4,3мас%). Максимальное значение аспектного числа т.е. количества поглощенного водорода 4,3мас% приходится на состав IV, т.е. с способностью абсорбировать водород сильно связана с содержанием диатомита 70мас.% и выгорающих добавок 20мас.%.

В таблице 5 приведены значения водопоглощения для разработанных составов

Таблица 2. Химический состав сырьевых материалов

Состав	I	II	III	IV
Водопоглощение, %	9	12	16	23

Пористость материалов априори связана с свойством водопоглощения. Для материалов такого состава водопоглощение составляло от 10 до 23%, что свидетельствует о соответствующей пористости материала. Таким образом, чем выше пористость, тем больше водорода поглощает материал.

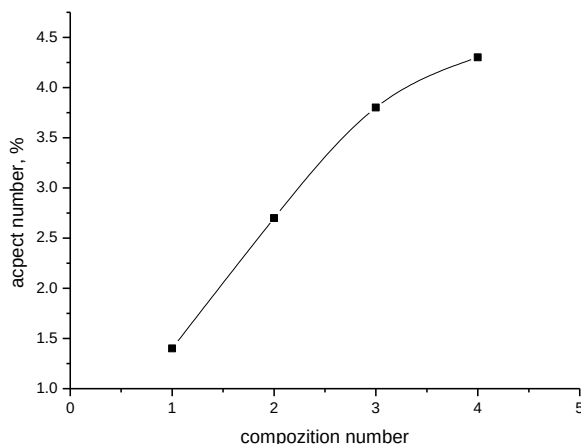


Рис.3. Зависимость аспектного числа от экспериментально разработанных составов материалов

На следующем этапе экспериментов нами разработан материал на основе оксида алюминия.

Исходное сырье, использованное для получения пористой керамики, соответствовало химическому составу приведенному в таблице 4. Химический анализ проводили на установке Ташкентского химико-технологического института.

Таблице 4. Химический состав исходного состояния сырьевого материала.

Analyzed result(FP method, Scatter)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Cl	0.0937	mass%	0.0004	0.0002	0.0007
2	Na ₂ O	6.88	mass%	0.153	0.373	1.12
3	Al ₂ O ₃	67.0	mass%	0.0490	0.142	0.425
4	SiO ₂	25.1	mass%	0.0290	0.0028	0.0083
5	P ₂ O ₅	0.119	mass%	0.0016	0.0019	0.0058
6	SO ₃	0.778	mass%	0.0026	0.0016	0.0049
7	K ₂ O	(0.0058)	mass%	0.0019	0.0053	0.0159
8	CaO	(0.0088)	mass%	0.0018	0.0051	0.0153
9	TiO ₂	(0.0025)	mass%	0.0007	0.0019	0.0057
10	Fe ₂ O ₃	0.0146	mass%	0.0012	0.0034	0.0103
11	ZnO	(0.0009)	mass%	0.0001	0.0004	0.0012
12	SeO ₂	ND	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003
13	SrO	(0.0002)	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003
14	ZrO ₂	0.0089	mass%	0.0008	0.0022	0.0067
15	PbO	0.0077	mass%	0.0003	0.0008	0.0025

Как видно из таблицы 4 основными элементами в керамическом материале является оксид алюминия 67мас.%, оксид кремния 25,1мас.% и оксид натрия 6,9мас.%.

На рис.4 приведена рентгенограмма разработанного нами материала на основе оксида алюминия.

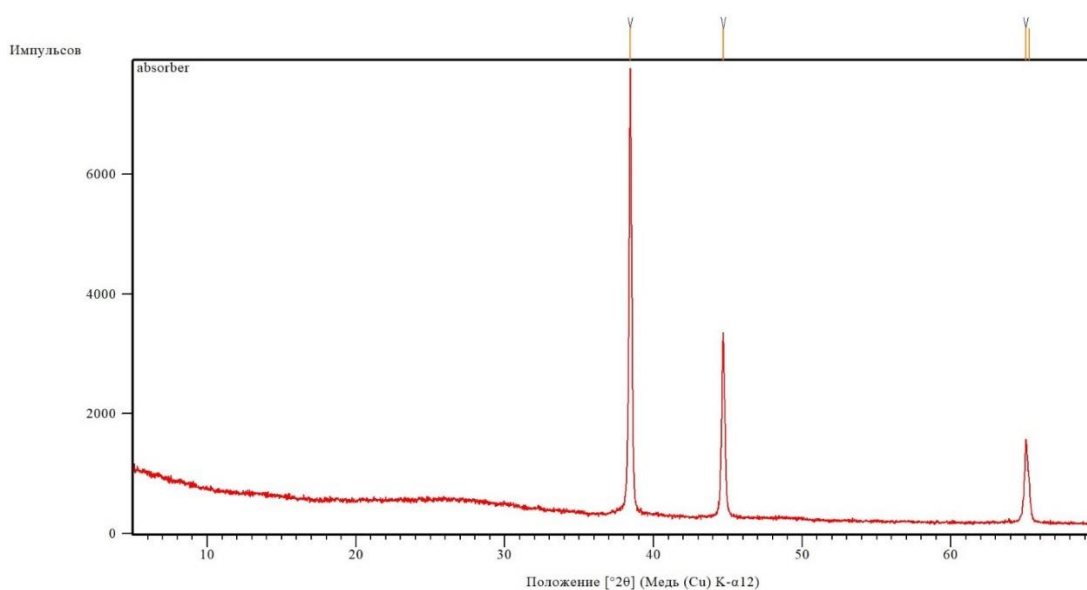


Рис.4. Рентгенограмма разработанного нами материала на основе оксида алюминия.

Анализ рентгенограммы показывает, что материал является однофазным и достаточно развитой кристаллической структурой. Распределение интенсивностей по углам отражения (2θ) или межплоскостным расстояниям d соответствует следующему

D, нм	0.25	0.29	0.41
I, %	100	40	30

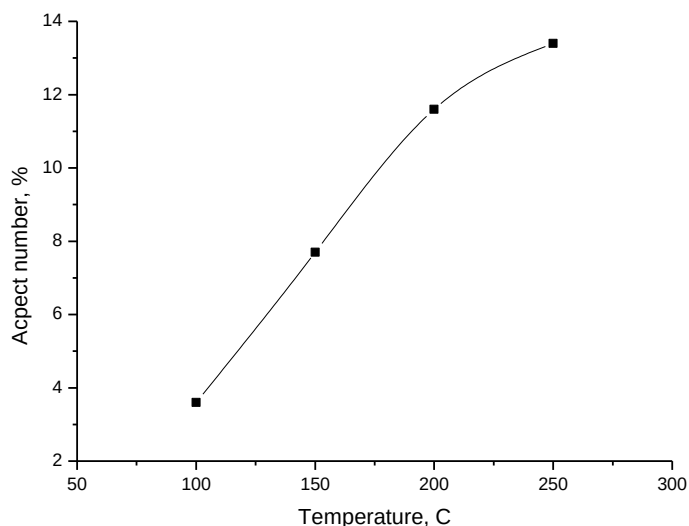


Рис.5. Зависимость аспектного числа от температуры водородопоглощения.

Эти данные позволили определить структуру как кубической с параметром решетки $a=4,056$ нм, пространственная группа Fm-3m

Такой материал оказался хорошим абсорбером водорода при температуре 250°C и аспектное число составило 13,24 мас.% для пористого материала, полученного в данной работе.

Теперь можно оценить эффективность использования керамических пористых абсорберов в стальных реакторах. Допустим стальной реактор цилиндрической формы высотой 400мм при диаметре 300мм имеет внутренний объем 0,028м³.

В таком объеме содержится $450 \times 0,028 = 12,6$ кг пористой керамики. Если насытить ее водородом при давлении 100 атм то в нее можно ввести до $(12,6 \times 13,24) / 100 = 1,67$ кг водорода. Если стальной цилиндр самой использовать как сосуд контейнер для хранения водорода, то при давлении 80 атм в нее можно ввести $9 \times 0,028 = 0,25$ кг водорода.

Выводы

Представлены основные подходы к решению проблемы хранения водорода в целом. Описаны основные современные методы хранения водорода в различных агрегатных состояниях. В частности, анализируются методы хранения водорода в жженном виде при низких температурах; в химически связанном виде – в гидридах металлов. Приведены результаты по синтезу пористых материалов для использования абсорберах водорода. Предложены различные виды абсорбции водорода в пористые материалы при заданных условиях – температуры и давления. Получены абсорберы с высоким значением по абсорбции водорода 13,2мас. %.

Литература

1. М. М. Бродач, Н. В. Шилкин, «Использование топливных элементов для энергоснабжения зданий» «АВОК» за №3'2004
2. Kozlov S.I., Fateyev V.N. Hydrogen energy: current state, problems, prospects. Moscow: Gazprom BNIIGAZ, 2009, 518 p.
3. Kulova T.L., Nikolayev I.I., Fateyev V.N., Aliyev A.Sh. Modern Electrochemical Systems of Energy Accumulation. Kimya Problemleri - Chemical problems. 2018, vol.16, no. 1, pp. 9-34. (In Azerbaijan).
4. Tzimas E., Filiou C., Peteves S. D., Veyret J. –B., Hydrogen storage: state-of-the-art and future perspective 2003: EUR 20995 EN, European Commission, The Netherlands, ISBN 92-894-6950-1 (2003)
5. Eberle U., Arnold G., von Helmholt R., "Hydrogen storage in metal-hydrogen systems and their derivatives" Journal of Power Sources 154 (2006) 456-460
6. Sandrock G., "A panoramic overview of hydrogen storage alloys from a gas reaction point of view" Journal of Alloys and Compounds 293-295 (1999) 877-888

7. Schlapbach L., Züttel A., "Hydrogen-storage materials for mobile applications" *Nature* 414 (2001) 353-358
8. Grochala W., Edwards P. P., "Thermal decomposition of the non-interstitial hydrides for the storage and production of hydrogen" *Chemical Reviews* 104(3) (2004) 1283-1315
10. Schüth F., Bogdanović B., Felderhoff M., "Light metal hydrides and complex hydrides for hydrogen storage" *Chemical Communications* 20 (2004) 2249-2258
11. Sakintuna B., Lamari-Darkrim F., Hirscher M., "Metal hydride materials for solid hydrogen storage: A review" *International Journal of Hydrogen Energy* 32 (2007) 1121-1140

ВЛИЯНИЕ ВАРЬИРОВАНИЯ РАССТОЯНИЯ НАПЫЛЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНО-ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ 86WC-10CO-4CR, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ HVOF

М. Назерке^{1,2*} Б.К. Рахадиллов²

¹НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Даулета Серикбаева»,
ул. Серикбаева 19, 070000 г. Усть-Каменогорск, Казахстан, *E-mail: nmuktanova@bk.ru

²ТОО «PlasmaScience»,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Абстракт

В работе приводятся результаты металлографического и трибологического исследования покрытий 86WC-10Co-4Cr, полученных методом HVOF на установке Termika-3 при варьировании расстояния напыления. Изучается влияние расстояния напыления на микроструктуру покрытия, фазовый состав, а также механические и трибологические свойства. Согласно результатам исследования, установлено, что оптимальное расстояние напыления для нанесения покрытий 86WC-10Co-4Cr с улучшенными характеристиками износостойкости и твердости, а также с низкой пористостью является 300 мм.

Ключевые слова: износостойкость, металлокерамическое покрытие, микроструктура, фазовый состав.

Значительная ежегодная потребность нефтегазодобывающей, нефтеперерабатывающей промышленности в запорной арматуре обуславливает необходимость увеличения фактического срока службы арматуры и длительности межремонтного периода. Для увеличения ресурса деталей запорной арматуры в основном используются материалы на основе 86WC-10Co-4Cr, наносимые методом высокоскоростного газопламенного напыления HVOF, который вызывает большой интерес в последние десятилетия [1-3]. В настоящей работе для обеспечения качественных характеристик узла «затвор-седло» клапана трубопроводной арматуры использовался спеченный, металлокерамический порошок карбида вольфрама в кобальт-хромовой матрице 86WC-10Co-4Cr, наносимый методом HVOF. В качестве подложки были использованы образцы из высоколегированной, коррозионностойкой стали 30X13 толщиной 4 мм. На установке HVOF Termika-3 были получены металлокерамические покрытия WC-10Co-4Cr с варьированием расстояния напыления: L1 -200 мм, L2-300 мм, L3-400 мм. Время выдержки всех образцов при напылении составляло 15 с. Покрытия, полученные при варьировании расстояния напыления, имели плотную структуру, прочно прилегающую к основе, без каких-либо трещин и разрушений. С помощью сканирующего электронного микроскопа Phenom XL (Эйндховен, Нидерланды) при увеличении в 500-2000 раз были получены изображения поперечного сечения образцов, по которым измеряли толщину покрытий, средние значения которых лежат в интервале от 34 до 97,5 мкм. Установлено, что с увеличением расстояния напыления толщина металлокерамического покрытия уменьшается: при L1 мм $h=97$ мкм; L2 мм $h=60,2$ мкм; L3 мм $h=34$ мкм. На покрытии, полученном при расстоянии 200 мм, наблюдаются одиночные крупные зерна и их скопления, которые по нашему предположению являются нерастворенными зернами WC в процессе напыления. Пористость покрытий оценивалась по СЭМ изображениям с использованием программного обеспечения для анализа изображений Altami Studio 4.0 оптического микроскопа Altami MET 5S (ООО «Альтами», г. Россия, Санкт-Петербург). Во всех покрытиях относительная пористость не превышала 1,5%, однако наименьшую пористость со значением 0,3% показало покрытие, полученное при расстоянии напыления 300 мм. Возможно, это вызвано хорошим нагреванием порошка до пластического состояния в процессе напыления. Шероховатость поверхности покрытий определялась с помощью профилометра модели 130 (ОАО «Завод ПРОТОН», Москва, Россия) в среднем по пяти измерениям. Средняя шероховатость поверхности покрытий L1, L2 и L3 равна $R_a=2,2$ мкм; $R_a=1,7$ мкм; $R_a=1,9$ мкм соответственно. Измерение микротвердости образцов проводилось по поперечному сечению покрытий (10 замеров для каждого типа покрытия) на микротвердомере ММТ-X7В (Акита, Япония) при нагрузках на индентор $m=200$ г и времени выдержки 10 с. Измерения твердости выявили незначительное влияние расстояния напыления. Все покрытия характеризуются значением высокой

твердости от 1012 до 1175 HV_{0,2}, что в основном можно объяснить плотной микроструктурой и высокой скоростью потока частиц. Фазовый состав покрытия 86WC-10Co-4Cr изучался с использованием метода рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре X'PertPRO (Philips Corporation, Амстердам, Нидерланды) с Cu-K α -излучением ($\lambda = 0,154$ нм), напряжение 40 кВ и ток 30 мА. Расшифровку дифрактограмм проводили с помощью программы PDWin, измерения проводились в диапазоне 2θ от 10° до 100° , для экспериментов ширина шага и время экспозиции были установлены на $0,05^\circ$ и 3 с для каждого шага. На рентгенограмме порошка 86WC-10Co-4Cr, карбид вольфрама WC - идентифицирован как основная фаза и не удалось выявить явного пика продукта его обезуглероживания (W₂C). На рентгенограммах покрытий также присутствовала основная фаза - карбид вольфрама WC с гексагональной кристаллической решеткой и выявлена фаза карбида дивольфрама W₂C, а также присутствуют пики сложного карбида Co₃W₃C кубического твердого раствора вольфрама в кобальте. Это свидетельствует о том, что во время нанесения покрытия произошло частичное обезуглероживание WC с перераспределением углерода между фазами карбидов. При L1 расстоянии напыления на дифрактограмме выявлены новые пики, которые идентифицированы как сложный карбид Co₃W₃C, а также уменьшение интенсивности основной фазы, а при L3 наблюдается увеличение интенсивности WC. Трибологические испытания на трение и износ проводились на Трибометре TRB³ с использованием стандартной методики «шар-диск», где в качестве контртела использовали шарик диаметром 6,0 мм из стали с покрытием 100Cr6, при нагрузке 10 Н и линейной скорости 3 см/сек, радиусом кривизны износа 3 мм, пути трения 100 м. Коэффициент трения полученных покрытий при разных расстояниях напыления составляет: L1 – 0,54; L2 – 0,40; L3 мм – 0,43, согласно этим значениям у покрытия L2 износостойкость больше по сравнению с покрытиями L1 и L3. Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать следующий вывод, что оптимальное расстояние напыления для нанесения покрытий 86WC-10Co-4Cr с улучшенными показателями износостойкости и твердости, а также с низкой пористостью является 300 мм.

Литература

- 1.C. Preda: Theoretical and Experimental Analysis of the Hardfacing Technology of the Petroleum Equipment Components Subjected to Intensive Wear, through Coating with Hard Alloys. PhD Thesis, Petroleum–Gas University, 9, 2010 (in Romanian).
2. Berger L.M. Application of hardmetals as thermal spray coatings. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. V.49, 2015, pp. 350-364.
3. E. Bergonzini, G. Bolelli, et al., Wear Behaviour of HVOF-Sprayed Nanostructured WC-Co-Cr Coatings, Proceedings of the International Thermal Spray Conference ITSC 2011, pp. 612-618.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛЕНОЧНО-КЕРАМИЧЕСКИХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ЗОНЕ АРАЛА

Р.Х. Рахимов, В.П. Ермаков

Институт материаловедения Академии наук Узбекистана, ул. Ч.Айтматова, 26, 100084 Ташкент,
Узбекистан, E-mail: rustam-shsul@yandex.com

Аннотация

Предлагается комплексное использование пленочно-керамических композитов в совокупности с углекислым газом тепловых электростанций и соевыми водами для интенсификации выращивания микроводорослей в зоне Арала. Данный подход позволит повысить урожайность культур, стабилизировать температурный режим и сократить потери влаги, обеспечив высокую эффективность производства при ограниченных водных ресурсах, а также решить некоторые экономические и социальные проблемы.

Ключевые слова. Микроводоросли, фотокатализаторы, композитные пленки, реакторы, генерация, импульсное излучение, функциональная керамика.

Введение.

Зона Арала столкнулась с целым комплексом экологических, экономических и социальных проблем в результате ухудшения экологической ситуации в регионе. Одним из перспективных направлений решения этих проблем является развитие биоэнергетики за счет выращивания микроводорослей. Микроводоросли перспективны в качестве источника ценных биопродуктов и биотоплива. Однако выращивание микроводорослей в промышленных масштабах в условиях пустыни сталкивается с рядом трудностей, связанных с ограниченностью водных ресурсов и экстремальными колебаниями температуры и освещенности.

Цель данной работы – рассмотреть возможность комплексного использования углекислого газа тепловых электростанций и соевых ресурсов для повышения урожайности и экономической эффективности производства микроводорослей в зоне Арала.

Авторами разработана технология получения пленочно-керамических фотокатализаторов на основе функциональной керамики. При создании защитных покрытий из таких композитов для микроводорослевых культур достигаются следующие преимущества [1-4]:

- Стабилизация температуры в интервале 20-30°C за счет генерации инфракрасного излучения длиной 9,7-10 мкм. Это обеспечивает оптимальные условия роста круглогодично.
- Ускорение роста и развития микроводорослей благодаря излучению с длинами волн 600-680 нм для фотосинтеза и 660 нм для активации фитохрома.
- Увеличение урожайности в 1,5-2 раза по сравнению с обычными полиэтиленовыми пленками.
- Снижение испарения влаги в 4-6 раз. Это критически важно в условиях засушливого климата Аральского региона.

Микроводоросли перспективны в качестве источника ценных биопродуктов и биотоплива. Однако выращивание микроводорослей в промышленных масштабах в условиях пустыни сталкивается с рядом трудностей, связанных с ограниченностью водных ресурсов и экстремальными колебаниями температуры и освещенности.

В докладе представлена новая технология выращивания микроводорослей с использованием специально разработанных пленочно-керамических фотокатализаторов. Данные материалы способны преобразовывать солнечную энергию в излучение с оптимальными спектральными характеристиками для различных видов микроводорослей.

Проведены испытания композитов в реальных условиях, показали существенное ускорение роста и развития растений, снижение испарения влаги и стабилизацию температуры. Предлагаемая технология позволит обеспечить высокую продуктивность и рентабельность производства микроводорослей в пустынных регионах, в том числе в зоне Арала.

Предлагается оснастить ТЭЦ системами очистки дымовых газов и установками для захвата и концентрирования CO₂. Затем углекислый газ может быть подаваем в системы выращивания микроводорослей. Это позволит не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и увеличить урожай микроводорослей за счет обогащения среды диоксидом углерода.

Использование солевых ресурсов

Для выращивания многих видов микроводорослей пригодна соленая вода. Аральский регион обладает избытком такой воды с соленостью до 30%. Предлагается создать на базе озера солевых вод солеводорослевые системы выращивания микроводорослей.

Солеводорослевые системы представляют собой открытые резервуары с интенсивной циркуляцией воды. При этом используются солнечная энергия и CO₂ от ТЭЦ. За счет концентрации минеральных веществ в соленой воде возможно повышение урожайности культур до 50-100 т/га в год. Кроме того, солевые воды могут быть использованы для выращивания галофильных микроводорослей.

Совмещенная система на основе пленочно-керамических композитов и тепловых электростанций предлагает набор преимуществ в решении энергетических, экологических проблем и создании рабочих мест. Ее энергетические преимущества обусловлены использованием возобновляемых источников энергии, экологические преимущества связаны с сохранением влаги, утилизацией углекислого газа и созданием экологически чистой среды, а создание рабочих мест способствует экономическому развитию. Такой подход имеет потенциал для расширения в различных регионах и способствует решению глобальных проблем современности, таких как глобальное потепление. Реализация и поддержка совмещенной системы требует дальнейших исследований, государственной поддержки и сотрудничества между различными секторами, чтобы достичь долгосрочной устойчивости и благополучия для нашей планеты и будущих поколений.

Несмотря на перспективность пленочно-керамических композитов, при внедрении совмещенной системы на практике могут возникнуть некоторые препятствия:

1. Технологические сложности: Производство и обработка пленочно-керамических композитов могут требовать специального оборудования и экспертных знаний. Разработка эффективных процессов производства и оптимизация технологий могут потребовать значительных инвестиций и исследовательских работ.

2. Высокие затраты: Начальные затраты на разработку и внедрение совмещенной системы с использованием пленочно-керамических композитов могут быть высокими. Это может стать препятствием для малых и средних предприятий или развивающихся стран.

3. Нормативные и правовые аспекты: Внедрение новых технологий и материалов может столкнуться с регулятивными и правовыми ограничениями. Необходимость соответствия стандартам безопасности и экологическим требованиям может потребовать дополнительных усилий и ресурсов.

4. Образование и обучение: Для успешного внедрения совмещенной системы на практике требуется наличие квалифицированных специалистов, обладающих знаниями и навыками в области пленочно-керамических композитов. Обучение персонала и создание образовательных программ могут потребовать времени и ресурсов.

5. Принятие рынком: Внедрение нового материала или технологии на рынок может потребовать убедительных доказательств и демонстрации преимуществ и конкурентоспособности. Рыночные факторы, такие как цена, доступность и спрос, могут оказывать влияние на приемлемость пленочно-керамических композитов в отраслях.

В целом, успешное внедрение совмещенной системы на практике с использованием пленочно-керамических композитов требует комплексного подхода, включающего научные и технические исследования, инвестиции, обучение персонала, соблюдение нормативных требований и принятие рынком.

Литература

1. Энергия из водорослей - реальная перспектива или утопия? URL: <https://www.dw.com/ru/энергия-из-водорослей-реальная-перспектива-или-утопия/a-5204759>
2. Рахимов Р.Х., Ермаков В.П., Рахимов М.Р. Фоновый механизм преобразования в керамических материалах // Computational Nanotechnology. 2017. № 4. С. 21-35.
3. Рахимов Р.Х., Ермаков В.П., Рахимов М.Р., Мухторов Д.Н. Возможности полиэтилен-керамического композита в сравнении с полиэтиленовой пленкой в реальных условиях эксплуатации // Computational Nanotechnology. 2022. Т. 9. № 2. С. 67-72. DOI: 10.33693/2313-223X-2022-9-2-67-72
4. Рахимов Р.Х., Петер Дж., Ермаков В.П., Рахимов М.Р. Перспективы применения полимер-керамического композита в производстве микроводорослей // Computational Nanotechnology. 2019. Т. 6. № 4. С. 44-48. DOI: 10.33693/2313-223X-2019-6-4-44-48

**КЛЮЧЕВЫЕ НАУЧНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ АДСОРБЦИОННОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ**

**А. Дорошкевич^{1,*}, Ж. Мезенцева¹, Б. Оксенгендлер², С. Сулейманов², О. Парпиев²,
Ш. Маматкулов², А. Малецкий^{1,3}, А. Любчик^{4,5}, Е. Диденко¹**

¹Объединенный институт ядерных исследований,
ул. Жолио-Кюри, 6, 141980 Дубна, Россия, *E-mail: doroh@jinr.ru

²Институт материаловедения НПО Физика-Солнце, АН РУз,
Ташкент, Узбекистан

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донецкий физико-технический
институт им. А.А.Галкина»

⁴REQUIMTE, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa,
Caparica, Portugal

⁵Deep Tech Lab, Faculty of Engineering, Lusófona University,
Lisbon, 1749-024, Portugal

Аннотация

Практическая реализация конвертера энергии адсорбции молекул воды в электрический вид на примере экспериментальных образцов хемо – voltaических конвертеров. Функциональный гетеропереход полупроводникового типа обеспечивает эмиссию носителей заряда в нанопорошковых системах на основе ZrO_2 , в последствии конверсия химической энергии имеет относительно высокую эффективность.

Ключевые слова: Хемо-вольтаика, нанопорошковые системы на основе ZrO_2 , гетерогенные физико-химические процессы, функциональный гетеропереход, адсорбция, конверсия химической энергии.

1. Введение

Проблема новых возобновляемых источников энергии становится все более актуальной в связи с истощением традиционных энергетических ресурсов. В данном аспекте представляют интерес процессы взаимодействия молекул атмосферной влаги с поверхностью наночастиц оксидов.

При теплоте адсорбции $W_{ads} = 10-30 \approx 20 \text{ кДж} / \text{моль}$ материал строительной конструкции массой 1200 тонн при перепаде влажности в результате изменения погоды или при смене суточного цикла теоретически способен выделить $W_{ads \text{ bild}} = 54 \text{ Дж} \cdot 10^9 \text{ г} = 5,4 \cdot 10^{10} \text{ Дж} = 5,4 \cdot 10^7 \text{ кДж}$. Если вся эта энергия выделяется за 1 час $W_{ads \text{ bild}} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Вт}$ ($3,6 \text{ кДж} = 1 \text{ Вт/час}$) = 15 МВт тепла.

На практике материалы на основе силиката кальция способны выделить $1200 \text{ т} \times 600 \text{ Вт/т} = 720 \text{ кВт}$, что примерно в $15 \cdot 10^6 \text{ Вт} / 7,2 \cdot 10^5 \text{ Вт} = 21$ раз меньше расчетной величины.

Очевидно, даже эта мощность сможет частично решить энергетические проблемы здания. Технологии, использующие данный эффект для реализации адсорбционного кондиционирования, уже существуют, и мы их используем в качестве базиса для построения еще более совершенных материалов.

Представляет практический и научный интерес преобразование части энергии адсорбционно-индуцированных экзотермических процессов в электрический вид. Речь идет о непосредственном получении электрической энергии при адсорбции влаги строительными материалами. Такая система адсорбционного кондиционирования сможет не только работать автономно (без внешних источников электроэнергии для электропитания насосов), но и при определенной массе рабочего материала в перспективе позволит частично обеспечить потребности жильцов в электроэнергии. Замена пластиковых панелей специальными функциональными панелями на основе оксидов позволит не только повысить энергоэффективность здания, но и улучшить показатели экологической (содержание CO_2 и органических газов – сателлитов пластиковых материалов) и

пожаробезопасности. Таким образом, будут решены сразу несколько глобальных технологических задач.

2. История работы

Преобразование энергии химического взаимодействия в электрический вид долгое время считалось невозможным ввиду существенного различия масс электрона и молекул – адсорбатов. В конце 20 го века была впервые научно обоснована возможность создания и практически реализован «хемо-электронный» генератор электроэнергии на основе полупроводникового 2D - гетероперехода [1, 2, 3]. В настоящий момент в мире активно ведутся разработки разноплановых устройств, позволяющих преобразовывать потенциальную энергию атмосферной влаги в электрический вид, в частности, путем электростатического захвата заряда с микроскопических капель воды [4], посредством адсорбционно-индуцированной электрострикции [5] и др. [6, 7, 8]. Как правило, энергетическая конверсия в таких системах включает промежуточные энергетические формы, в частности, механическую и, как следствие, имеет относительно низкую эффективность. Ввиду крайне низких энергетических показателей, перспектива дальнейшего внедрения таких приборов в данный момент не определена.

Использование нанотехнологий открывает перспективы создания в обозримом будущем адсорбционных хемозлектронных конвертеров – адсорбционных гидроэлектрических преобразователей (АГЭП) с разумным КПД. В 2015 г в Европе в рамках программы ГОРИЗОНТ - 2020 был открыт уникальный проект «ХАНТЕР» [9], направленный на практическую реализацию конвертера энергии адсорбции молекул воды в электрический вид с прямым преобразованием на основе наноразмерных частиц диэлектриков [10-11]. Работы были продолжены в рамках аналогичного проекта «SSHARE» (2019-2023гг) [12]. Используя высокую функциональную поверхность пористых объектов на основе наночастиц и новые физические принципы построения функциональной ячейки конвертера, вытекающие из размерных эффектов были получены экспериментальные образцы хемо – voltaических конвертеров (рис. 1). Развивая в среднем удельную мощность $2 \cdot 10^{-6} \text{ Вт/м}^2$, они существенно (на порядок величины) превосходили известные функциональные аналоги [4] ($1,5 \cdot 10^{-11} \text{ Вт/см}^2 = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ Вт/м}^2$) и [5] ($5,6 \cdot 10^{-7} \text{ Вт}$) [13]. Таким образом, с учетом общности эффекта хемо-электронной конверсии для широкого класса оксидных материалов, имеются перспективы разработки нового типа строительных материалов (с активной энергетической инфраструктурой), способных не только удерживать тепло, но и вдобавок, - генерировать электрическую и тепловую энергии при изменении атмосферной влажности или смене суточного цикла.

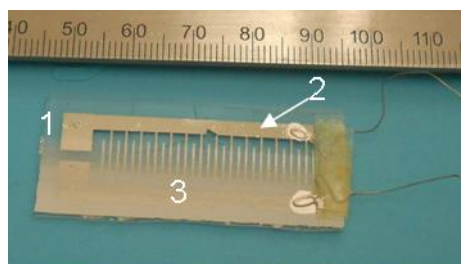


Рис 1, а. Внешний вид образца планарного хемо-электронного конвертера: стеклянная подложка (1), электродная сетка со встречно – штырьевой топологией (2), градиентно нанесенный функциональный слой из полимера ПВС, наполненного нанопорошком состава $\text{ZrO}_2 - 3\text{мол}\%\text{Y}_2\text{O}_3$ (3)

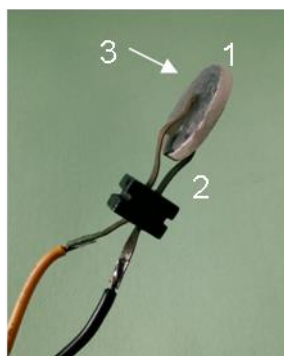


Рис 1, б. Объемный образец – таблетка (1) с углеродными контактами (2), и парафиновым покрытием (3).

3. Предельно-возможная расчетная мощность АГЭП

Относительно невысокая эффективность хемозлектронной конверсии по сравнению с тепловыми эффектами в случае со строительными материалами компенсируется большими объемами функционального материала. Согласно [14], эффективная адсорбционная емкость YSZ – системы при размере наночастиц порядка 7-9 нм в реальном суточном цикле составляет 4,1% вес. от массы рабочего вещества (время насыщения 30 – 60 мин).

Расчетные значения энергии, которую может отдать прессовка из 1,2 г нанопорошка YSZ за 1 цикл (число сорбируемых молекул воды $N_m = V_{\text{ads}} \cdot N_A = 0.0027 \text{ моль} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 1/\text{моль} = 1.63 \cdot 10^{21}$ единиц, где $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ единиц/моль – число Авогадро, $V_{\text{ads}} = m_{\text{воды}}/M_{\text{H}_2\text{O}} = 0.049/18 = 0.0028 \text{ моль}$) при условии, что каждый акт адсорбционного взаимодействия приводит к генерации электрона, можно вычислить исходя из соотношения: $W_{\text{el}} = N_m \cdot e \cdot \phi$, где ϕ – разность потенциалов на электродах

хемозлектронного конвертера, e – заряд электрона. При $\langle \phi \rangle = 50$ мВ (экспериментальное значение [1]), $W = 1.63 \cdot 10^{21} \times 1.6 \cdot 10^{-19} \times 5 \cdot 10^{-2} [\text{Кл} \times \text{В}] = 12.96$ Дж. Следовательно, 1200 т строительного материала сможет сгенерировать $12.96 \text{ Дж} \cdot 1200 \text{ т} = 15552 \text{ кДж}$. В пересчете на 1 час работы, выделится электрической энергии $4320 \text{ Вт} = 4,32 \text{ кВт} / \text{ч}$. Это в 167 раз меньше, чем в случае с реально выделяющейся тепловой энергией. Однако, даже 4,32 кВт электричества для 6-ти этажного жилого дома (вес такого дома примерно 1кт) вполне приемлемая величина для питания, например, электронных устройств служебной автоматики системы адсорбционного кондиционирования.

Используя материалы с адсорбционной емкостью не менее 10% как, например, силикат кальция, можно получить энергию до $(4,1 / 4,32) \cdot 10 = 9,5$ кВт с конструкции массой 1200 т. Соответственно, материалы с адсорбционной емкостью более 20% (Предельная адсорбционная емкость YSZ – систем) теоретически могут генерировать до 20 кВт электрической энергии за цикл (например, день-ночь).

Если использовать данную систему в виде отделочных материалов (планарная конструкция), то при массе 1 м^2 адсорбционных панелей $m_p = 100$ кг, вырабатываемой электрической мощности хватит, например, для того, чтобы запитать в течение часа циркуляционные насосы системы адсорбционного кондиционирования мощностью 300 Вт в помещении с высотой стен 2,5 м и периметром 144 м. Если адсорбционные панели будут закреплены еще и на потолке, достаточно будет комнаты с периметром 44,4 м. Т.е., выделяемой электрической энергии будет достаточно для автономной работы системы кондиционирования небольшого конференционного зала в течение 1 ч.

Увеличить мощность электрической составляющей энергогенерирующей адсорбционной системы можно путем увеличения толщины адсорбционных панелей и адсорбционной емкости материалов, используемых для их изготовления. Оптимальное соотношение мощности циркуляционных насосов и габаритов помещения также позволит повысить эффективность работы системы.

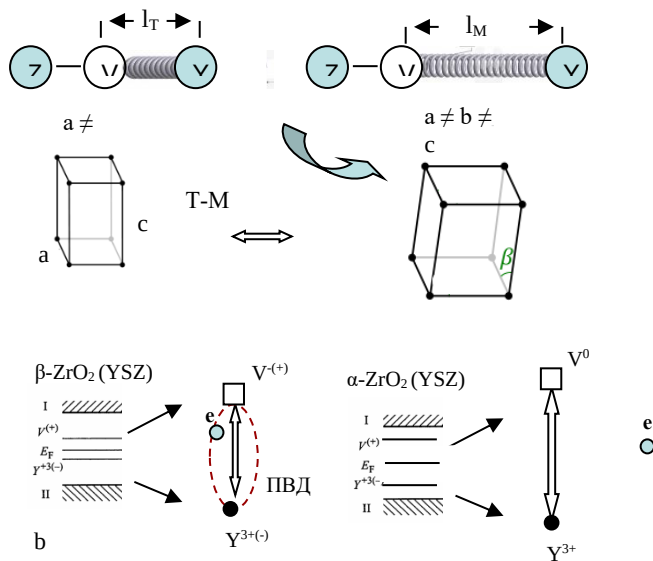


Рис 2. Схематическое изображение механизма генерации свободного заряда при адсорбции влаги поверхностью YSZ наночастицы с позиций теории симметрии решетки (а) и зонной теории (б). Система до (a1, b1) и после (a2, b2) адсорбции воды: I – зона проводимости, II – валентная зона, $Y^{3+(-)}$ – акцепторный уровень, соответствующий поверхностному атому Y, V^{+} – донорный уровень, соответствующий кислородной вакансии V_o , E_f – уровень Ферми.

решетки и локализация носителей заряда в количестве:

$$n = n_0 \left\{ 1 + \exp \left[\frac{E_f - E_a}{kT} \right] \right\}^{-1}$$

, где E_a – энергия локализованного электронного состояния, образованного адсорбатом в запрещенной зоне [16].

В пределе, вся строительная конструкция должна быть изготовлена из адсорбционных материалов. Т.е. перспективным является разработка нового поколения планарных и объемных строительных материалов типа пористых бетонов с функцией хемо-электронной конверсии наряду с адсорбционным тепловыделением (адсорбционная энергетика).

4. Принцип действия прибора

Механизм генерации некомпенсированного заряда в YSZ системах – трансформационный (рис.2). Предположительно, посредством размерного эффекта обратимого адсорбционного β - α фазового превращения в наноструктурированных средах на основе частично стабилизированного иттрием оксида циркония (2-3% мол YSZ) [13-15] происходит перезарядка кристаллической

Обратимость процесса (α - β превращения) является исключительно размерным эффектом, обусловленным крайне высоким уровнем термодинамической неустойчивости поверхности YSZ – наночастиц с размером менее 30 нм.

Эмиссию носителей обеспечивает функциональный гетеропереход, образующийся между «обобщенной поверхностью твердотельных наночастиц (среда 1) и внешней ионной атмосферой адсорбционного происхождения» (среда 2) (рис.3). Локализация электронов происходит в области пространственного заряда длиной $L = [\varepsilon\varepsilon_0 kT / e^2 n^+]^{1/2}$ (рис.3, а), где $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – диэлектрическая постоянная; e – заряд электрона; n^+ – концентрация свободных носителей заряда. Электрическое поле гетероперехода $E = \Delta\phi / e$ обеспечивает их надбарьерный перенос в дисперсионную среду (рис.3). Доставка заряда на электроды осуществляется ионами адсорбционного слоя.

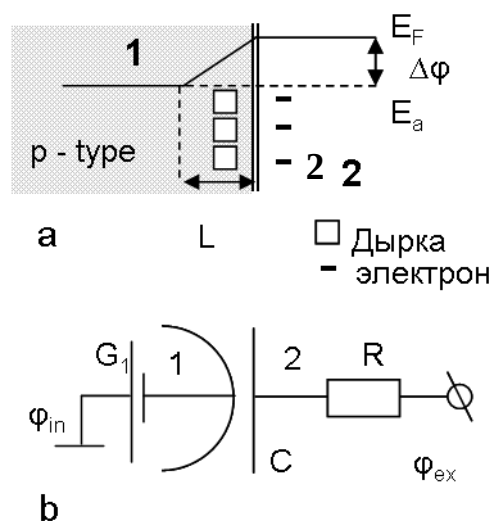


Рис 3. Контакт наночастицы оксида 1 с адсорбционной атмосферой 2: схематическое представление в виде гетероперехода (а), модельная электрическая схема (b).

$\Delta\phi$ – барьерный потенциал;
 Φ_{ex} – внешний потенциал;
 Φ_{in} – объемный потенциал, $\Phi_{in} = 0$;
 C – емкость гетероперехода;
 G_1 – источник тока – кислородная ионная под решетка;
 R – сопротивление адсорбционного слоя;
 E_F – уровень Ферми;
 E_a – уровень адсорбата;
 e – заряд электрона.

Адсорбция молекул воды приводит к повышению поверхностной разности потенциалов и последующей термо-полевой эмиссии электронов.

Acknowledgments.

The study was performed in the scope of the H2020/MSCA/RISE/SSHARE number 871284, the Serbia - JINR cooperation Projects № 373 2023 items 4 and 5, Serbia - JINR cooperation Projects № 178 items 7 and 8, Belarus - JINR cooperation Projects № 308 items 21 and 22., RO-JINR Program No. 366/2021 item 84.

Литература

1. Kabansky A.Y., Styrov V.V. A new means of chemical energy conversion by semiconductor // Advanced Materials for Energy Conversion II / Eds. D. Chandra, R.G. Bautista, L. Shlapbach. – Charlotte, USA: Publ. TMS, P. 43–52 (2004).
2. Кабанский А.Е., Стыров В. В., Тюрин Ю. И. О возможности прямого преобразования химической энергии в электрическую на полупроводниках // Письма в ЖТФ. Т.5, № 14. С. 833–836 (1979).
3. Стыров В.В., Симченко С. В. Высокоэффективная генерация электронно-дырочных пар на селеновом р-п-переходе под действием атомарного водорода // Письма в ЖЭТФ. Т. 96, №5–6. С. 343–346 (2012).
4. N.Miljkovic, D. Preston, R. Enright, and E. Wang. Jumping-droplet electrostatic energy harvesting // APPLIED PHYSICS LETTERS. V. 105, P.013111 (2014).

5. Georgen B., Nienhaus H., Weinberg W. H., Mc Farland E. Chemically induced electronic excitations at metal surfaces // *Science*. 2001. V.294. P. 2521–2523.
6. Leandra P. Santos, Telma R. D. Ducati, Lia B. S. Balestrin, and Fernando Galembeck* Water with Excess Electric Charge // *J. Phys. Chem. C* 115, 11226 –11232. (2011) dx. doi.org/10.1021/jp202652q.
7. Rubia F. Gouveia and Fernando Galembeck Electrostatic Charging of Hydrophilic Particles Due to Water Adsorption // *J. AM. CHEM. SOC.* 131, 11381–11386 9 11381 (2009).
8. Rubia F. Gouveia, Carlos A. R. Costa, and Fernando Galembeck* Water Vapor Adsorption Effect on Silica Surface Electrostatic Patterning // *J. Phys. Chem. C* 112, 17193–17199 (2008).
9. Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) Research and Innovation Staff Exchange (RISE) H2020-MSCA-RISE-2014. Project Acronym: HUNTER – Project Number: 691010.
10. A S Doroshkevich, A I Lyubchik, A K Islamov, V A Turchenko, T Yu Zelenyak, A V Shylo, M. Balasoiu, A V Saprykina, S Ohmura, O S Lygina, S I Lyubchik, T E Konstantinova, M V Lakusta, V I Bodnarchuk, S B Lyubchik, Yu Yu Bacherikov, Ye Aliyeva, E B Asgerov, D A Suvorov, V R Gashimova, A L Gasev, H S Dadakhanova, Kh T Kholmurodov Nonequilibrium chemo-electronic conversion of water on the nanosized YSZ: experiment and Molecular Dynamics modelling problem formulation // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 848 012021. Pp 1-9. (2017) doi:10.1088/1742-6596/848/1/01202.
11. A. Lyubchik, H. Águas, E. Fortunato, R. Martins, O. Lygina, S. Lyubchik, N. Mohammadi, E. Lähderanta, A. S. Doroshkevich, T. Konstantinova, I. Danilenko, O. Gorban, A. Shylo, V. K. Ksenevich, N. A. Poklonski Experimental evidence for chemo-electronic conversion of water adsorption on the surface of nanosized yttria-stabilized zirconia // *Proceedings of international conference nanomeeting Physics, Chemistry and Application of Nanostructures*, pp. 257-263 (2017) DOI:10.1142/9789813224537_0059.
12. Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) Research and Innovation Staff Exchange (RISE) H2020-MSCA-RISE-2019. Project Acronym: SSHARE – Project Number: 871284.
13. A.S. Doroshkevich, E. B. Asgerov, A. V. Shylo, A. I. Lyubchik, A. I. Logunov, V.A. Glazunova, A.Kh. Islamov, V.A. Turchenko, V. Almasan, D. Lazar, M. Balasoiu, V.S. Doroshkevich, A. I. Madadzada, Kh. T. Kholmurodov, V.I. Bodnarchuk, B.L. Oksengendler. Direct transformation of the energy of adsorption of water molecules in electricity on the surface of zirconia nanoparticles // *Applied Nanoscience*. 9(8), 1603-1609 (2022) DOI 10.1007/s13204-019-00979-6
14. A.S. Doroshkevich, A.V. Shylo, A.K. Kirillov, A.V. Saprykina, I.A. Danilenko, G.A. Troitskiy, T.E. Konstantinova, T.Yu. Zelenyak Magnetically Induced Electrokinetic Phenomena in the Surface Layers of Zirconia Nanoparticles // *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, V. 9, No. 3, pp. 564–572. (2015) DOI: 10.1134/S1027451015030209.
15. E. B. Asgerov, A. I. Beskrovnyy, N. V. Doroshkevich, C. Mita, D. M. Mardare, D. Chicea, D. Lazar, A. A. Tatarinova, V. A. Alexandrov, S. I. Lyubchik, S. B. Lyubchik, A. I. Lyubchik, A. S. Doroshkevich Martensitic phase transition in yttrium-stabilized ZrO₂ nanopowders by adsorption of water AuthorsReceived: 22 November 2021 // *Nanomaterials*, 12, 435. (2022) <https://doi.org/10.3390/nano12030435>.
16. В.И. Алексеев, Г.К. Волкова Адсорбционный механизм фазового превращения стабилизированного диоксида циркония // *Журнал технической физики*, Т. 70, вып. 9. с. 57-62. (2000).
17. Z. I. Karimov, B. L. Oksengendler, S. Kh. Suleymanov, A. S. Doroshkevich, A. F. Zatsepin, N. N. Nikiforova and N. A. Kulagina Varisonality and Surface Levels in Crystals with an Ionic Bond / Chapter 7 in book *Research Highlights in Science and Technology* V. 1. (2023) DOI: 10.9734/bpi/rhst/v1/5397E.

МАГНЕТРОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ИНДИЯ-ОЛОВА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

А.ёна Станчик^{1,2,*}, В. Гременок^{1,2}, В. Хорошко², Ш. Утамурадова³ и Ж. Хамдамов³

¹ГО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», ул. Петруся Бровки, 19, 220072 Минск, Беларусь, *E-mail: alena.stanchik@bk.ru

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

³Институт физики полупроводников и микроэлектроники при Национальном университете Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Аннотация

В работе представлены результаты исследования влияния температурной обработки на оптические характеристики тонких пленок оксида индия-олова (ИТО), нанесенных на стеклянные подложки с помощью ВЧ-магнетронного напыления. Установлено, что все тонкие пленки ИТО имеют высокий коэффициент пропускания 80–90% в видимой и инфракрасной областях спектра. Обнаружен значительный сдвиг края поглощения в область высоких энергий с повышением температуры отжига (~3,70, 3,76 и 3,84 эВ для температур 25, 125 и 200 °С, соответственно). Предполагается, что увеличение оптической запрещенной зоны пленок ИТО обусловлено увеличением концентрации носителей и заполнением электронных состояний вблизи дна зоны проводимости материала (эффект Бурштейна-Мосса). Изменение концентрации носителей и заполнение электронных состояний пленок может быть вызвано легированием Sn и кислородными вакансиями, выступающими донорами.

Ключевые слова: оксид индия-олова, ВЧ-магнетронное напыление, оптические свойства

1. Введение

Прозрачный проводящий оксид (ТСО) представляет собой легированный оксид металла, который обладает высокой электропроводностью и большой оптической запрещенной зоной ($E_g > 3,5$ эВ), что делает его прозрачным в видимом спектральном диапазоне с высокой отражательной способностью в ближнем инфракрасном диапазоне. Преобладающими материалами ТСО являются оксид олова (SnO_2), оксид индия (In_2O_3), оксид индия-олова ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ или ИТО) и оксид цинка (ZnO), которые нашли широкое применение в оптоэлектронике. Пленки ИТО особенно привлекательны для изготовления тонкопленочных солнечных элементов, где они используются для создания гетеропереходов в кремниевых, халькогенидных или халькопиритовых солнечных элементах, а также в качестве проводящих электродов и одновременно просветляющих покрытий [1–3]. Обычно в процессе создания гетеропереходов в солнечных элементах в качестве эталонов для контроля свойств слоев ИТО используются слои на стеклянных подложках. Поэтому в большинстве случаев важны свойства структур ИТО/стекло. Однако недавно было показано, что слои ИТО, полученные на разных подложках, в зависимости от условий формирования имеют разные оптические свойства.

В данной работе представлены результаты исследования оптических свойств пленок ИТО, нанесенных ВЧ-магнетронным напылением на стеклянные подложки, в зависимости от температуры отжига.

2. Методика эксперимента

Получение тонких пленок ИТО осуществлялось на напылительной машине Leybold Z 400. Использовалась мишень ИТО составом 90 вес.% In_2O_3 и 10 вес.% SnO_2 . Диаметр мишени составлял 75 мм. Перед напылением пленок осуществлялся отпыл мишени в течение ~10 мин на заслонку, закрывающую мишень, для удаления адсорбированного газа с ее поверхности. Тонкие пленки ИТО напылялись на подложки из натриево-известкового стекла толщиной 1,5 мм. Перед осаждением все подложки подвергались процедуре очистки в ультразвуковой ванне в течение 5 мин, а затем выдерживались в пропанолe в течение 5 мин и высушивались потоком азота. Во время процесса напыления пленок, подложки не нагревались и имели температуру, близкую к комнатной (25 °С). Рабочий газ представлял собой газовую смесь Ag и O_2 . Мощность на мишени устанавливалась 100 Вт, давление в камере $(2-4) \times 10^{-3}$ Торр, при этом расход O_2 и Ag изменялся в диапазоне от 0,5

до 3,5 см³/мин и от 40 до 60 см³/мин, соответственно. Толщина пленок ИТО находилась в диапазоне 90–110 нм, которую определяли с помощью оптической системы измерения профиля поверхности DektekTM. После осаждения пленки отжигались на воздухе при температуре 100 и 200 °С в течение 30 мин. Температуру измеряли и контролировали с помощью термопар, закрепленных на подложкодержателе, с точностью ±5,0 °С. Спектры пропускания пленок измерялись в спектральном диапазоне 200–2500 нм с помощью спектрофотометра Carry 500 Scan UV-Vis-NIR (Varian, США). Все измерения проводились при комнатной температуре.

3. Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены спектры пропускания для пленок ИТО, полученных при разных температурах, по сравнению со стеклом. Пленки ИТО демонстрируют высокий коэффициент пропускания 80–90% в видимой и инфракрасной областях спектра. Следует отметить, что среднее пропускание пленок ИТО в ближней инфракрасной области ~1000 нм становится выше 85% после температурной обработки. Установлен значительный сдвиг края поглощения в область высоких энергий (коротковолновую область) с повышением температуры отжига.

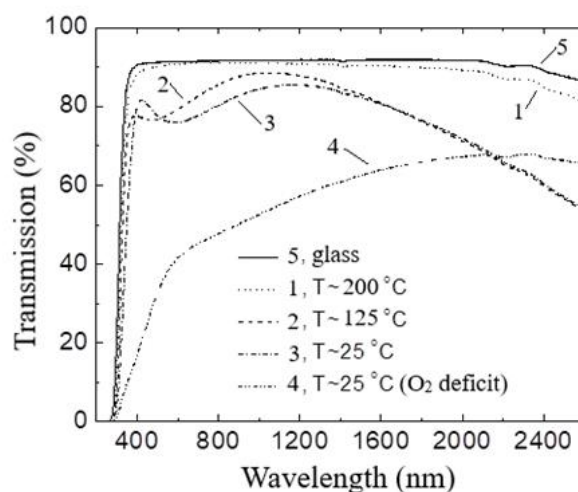


Рисунок 1. Спектры оптического пропускания тонких пленок ИТО (1–4), нанесенных на стеклянные подложки при различных условиях, и стекла (5).

Спектры пропускания, представленные на рисунке 1, были проанализированы с использованием выражения T_{auc} и метода производной спектроскопии. Коэффициент поглощения (α) рассчитывали по выражению $\alpha = -\ln T/d$, где d – толщина пленки. Формула T_{auc} связана с энергией запрещенной зоны (E_g) и коэффициентом поглощения уравнением (1).

$$(ah\nu) = A(h\nu - E_g)^n \quad (1)$$

где A и n – константа и индекс, соответственно. Индекс n равен 2 для непрямых и 1/2 для прямых энергетических характеристик запрещенной зоны. Уравнение (1) показывает, что график зависимости $(ah\nu)^{1/n}$ от $(h\nu)$ демонстрирует линейную область в области сильного поглощения. Пересечение аппроксимирующей линии линейной области зависимости с осью энергии определяет энергию запрещенной зоны. Графики зависимости $(ah\nu)^2$ от $(h\nu)$ для тонких пленок ИТО показаны на рисунке 2.

На рисунке 2 отчетливо видно, что с ростом температуры отжига край фундаментального поглощения пленок ИТО смещается в сторону высоких энергий ($E_g \sim 3,70, 3,76$ и $3,84$ эВ для температур 25, 125 и 200 °С, соответственно). Хорошо известно, что ширина запрещенной зоны соединения ИТО превышает 3,7 эВ и варьируется в широком диапазоне от 3,7 до 4,5 эВ [4,5]. Обнаруженное увеличение ширины оптической запрещенной зоны для полученных пленок ИТО, вероятно, обусловлено увеличением концентрации носителей и заполнением электронных состояний вблизи дна зоны проводимости полупроводникового соединения ИТО, т.е. эффектом Бурштейна-Мосса. Этот эффект в пленках ИТО может быть вызван легированием олова и вакансий кислорода, выступающих в качестве доноров. Концентрация электрически активных атомов олова и кислородных вакансий в пленках ИТО увеличивается с увеличением температуры отжига, что делает пленки более вырожденными и металлическими.

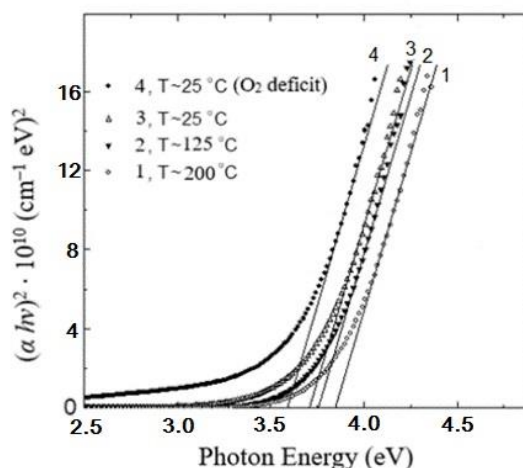


Рисунок 2. Зависимость квадрата коэффициента поглощения от энергии фотонов для пленок ИТО.

Из рисунков 1 и 2 видно, что для пленок ИТО с дефицитом кислорода край поглощения сдвинут в область длинных волн по сравнению с пленками, полученными при оптимальном давлении кислорода. Это согласуется со сказанным выше: уменьшение оптической запрещенной зоны обусловлено эффектом Бурштейна-Мосса, поскольку концентрация носителей заряда в пленках ИТО уменьшается в отсутствие атмосферы O_2 .

3. Заключение

Пленки ИТО были получены методом магнетронного напыления на стеклянные подложки толщиной в диапазоне 90–110 нм и высокой оптической прозрачностью 80–90% в видимой и инфракрасной областях спектра. Установлено, что оптическая ширина запрещенной зоны пленок ИТО изменяется в пределах 3,70–3,84 эВ в зависимости от температуры отжига, что обусловлено эффектом Бурштейна-Мосса.

Работа выполнена при поддержке ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии».

References

1. A.V. Stanchik *et al.*, Effects of selenization time and temperature on the growth of $Cu_2ZnSnSe_4$ thin films on a metal substrate for flexible solar cells, *Solar Energy* 178, 142–149 (2019).
2. A.V. Stanchik *et al.*, Morphology and Crystal Structure of $Cu_2NiSn(S,Se)_4$ Thin Films Obtained by an Electro-deposition-Annealing Process, *Coatings* 12 (8), 1198 (2022).
3. Y. Abdulraheem *et al.*, The Role of Silicon Heterojunction and TCO Barriers on the Operation of Silicon Heterojunction Solar Cells: Comparison between Theory and Experiment. *International Journal of Photoenergy* 2021, Article ID 6632180 (2021).
4. P. Chelvanathan *et al.*, Effects of RF magnetron sputtering deposition process parameters on the properties of molybdenum thin films, *Thin Solid Films* 638, 213–219 (2017).
5. M. Ahmed *et al.*, Structural, electrical, and optical properties of ITO thin films and their influence on performance of CdS/CdTe thin-film solar cells, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 32, 11107–11118 (2021).

THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THE CONTACT OF YSZ NANOPARTICLES OF SIZES 7,5 AND 14NM UNDER CONDITIONS OF HYDRATION AND DEUTERATION

Zh.V. Mezentseva¹, A.S. Doroshkevich¹, B.L. Oksengendler², S.Kh. Suleymanov², N.N. Nikiforova², A.V. Maletsky^{1,3}, E.A. Didenko^{1,4}, V. Teofilović⁵, I. Ristić⁵, T. Erceg⁵, Z. Jovanović⁶

¹Joint Institute for Nuclear Research,

6 Joliot-Curie str., 141980 Dubna, Russia, *E-mail: zhanna.mezentseva@gmail.com

²Materials Science Institute of SPA “Physics-Sun”, AS RUz, Tashkent, Uzbekistan

³Federal State Budgetary Scientific Institution «Galkin Donetsk Institute for Physics and Engineering»

⁴Dubna State University, Dubna, Russia

⁵Department of Materials Engineering, Faculty of Technology Novi Sad, University of Novi Sad, Serbia

⁶University of Belgrade, INN Vinča, Laboratory of Physics, Serbia

Abstract

The electrical conductivity of the contact of nanoparticles of different (7,5 and 14nm) sizes based on YSZ under conditions of hydration and deuteration was carried out on direct current. It was found that electrical conductivity (maximum current value) by deuterium exceeds the conductivity of the system, in the case of hydration.

1. Introduction

In the aspect of adsorption electronics, it is relevant to study the mechanisms of electrical conductivity of hydrated nanopowder systems [1]. Taking into account the surface nature of the conductivity of nanoparticles of dielectrics, the features of the surface diffusion of charge carriers with different electron spin, in particular, fermions and bosons, are of interest. These are, respectively, ions of hydrogen and deuterium. The study of the electrical conductivity of the contact of nanoparticles of different sizes based on YSZ under conditions of hydration and deuteration was the purpose of this work.

2. Material and methods

The electrical conductivity of the contact of YSZ nanoparticles of different sizes has been studied by means of a sample chamber (fig.1.). It was a closed 350 ml container (1) with a salt-controlled atmospheric humidity (2). The sample under study was a mechanical elliptical contact of two planar objects in the form of films based on a PVA binder with a nanopowder filler applied to a gold-plated copper foil (3, 4).

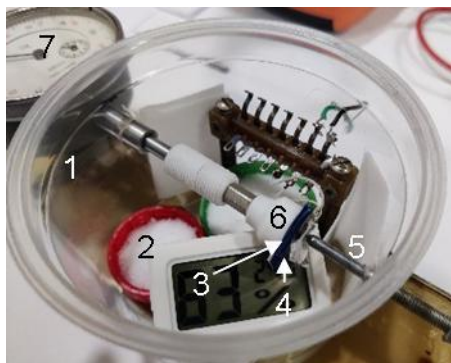


Fig. 1. The appearance of the sample chamber, where:
1. - sample chamber; 2. - salt controlling atmospheric humidity in the volume of the sample chamber; 3-4 planar elements – components of the transition sample; 5- elliptically sharpened pusher needle, 6 – fluoroplastic anvil, 7 - mechanical displacement meter.

Quasi-monodisperse nanopowders (size variance less than 5%) of the composition $\text{ZrO}_2 - 3 \text{ mol\%Y}_2\text{O}_3$ with a particle size of 7.5 and 14 nm were obtained using chemical technology with the use of physical influences [2]. First, zirconium hydroxide was obtained from chloride raw materials by the method of co-precipitation. After dehydration in a specialized microwave oven ($T = 120^\circ\text{C}$, $t = 0.4 \text{ h}$), the amorphous powder was subjected to crystallization annealing at the temperatures of 400 and 700°C during 2 hours, for obtaining nanoparticles of sizes 7,5 and 14 nm respectively.

Current collectors made of tinned copper wire with a diameter of 0.05 mm were glued to the foil using a conductive varnish based on nickel powder. Elliptical contact was provided by a clamping device with a

known force by means of an elliptically sharpened needle and a fluoroplastic anvil like in [3]. The movement of the needle was recorded by a precision mechanical displacement meter. The mechanical force was 0.75 N.

The electrical resistance of the contact was measured using a universal measuring device VC9808.

3. Results and discussion

The V-I of hydrated and deuterated contacts at different values of humidification / deuteration are shown on Fig.1. It can be seen that at high humidity (85%), hydration leads to a higher (by 30%) current in the voltage range below -0.7 and above +0.7 V. That is, the conductivity is higher in the case when the charge carriers are protons. With a decrease in humidity to 75% and below, the conductivity in the entire voltage range (-2 - +2) against the background of a general decrease in conductivity, respectively, is 3 and 2 times higher in the case of deuterium than in the case of a proton as a charge carrier.

4. Conclusions

Thus, it can be concluded that in comparison with the hydrogen conductivity considered in [4] there is probably a situation when the deuterium ion forms an additional channel of electrical conductivity by an electronic mechanism. It significantly increases the electrical conductivity of the system at low humidification levels. At high humidity, proton conductivity dominates (Relay mechanism / Grotgusa) compared to deuteron. It should also be noted that an increasing an electrical conductivity does not lead to an improvement in the rectifying properties of the contact. The temperature range, where the difference in the action of deuterium and hydrogen is manifested, cuts off simplified ideas about the tunneling mechanism and, apparently, speaks of spin chemistry (catalysis) with the participation of nuclear spins which are different for the deuteron and proton. This prediction could be confirmed experimentally using tritium water.

Key words: Homogeneous electronics, interphase electronic exchange, electrical conductivity of dispersed systems, deuterium diffusion over the surface of nanoparticles, varizonicity of ion nanoparticles, spin chemistry.

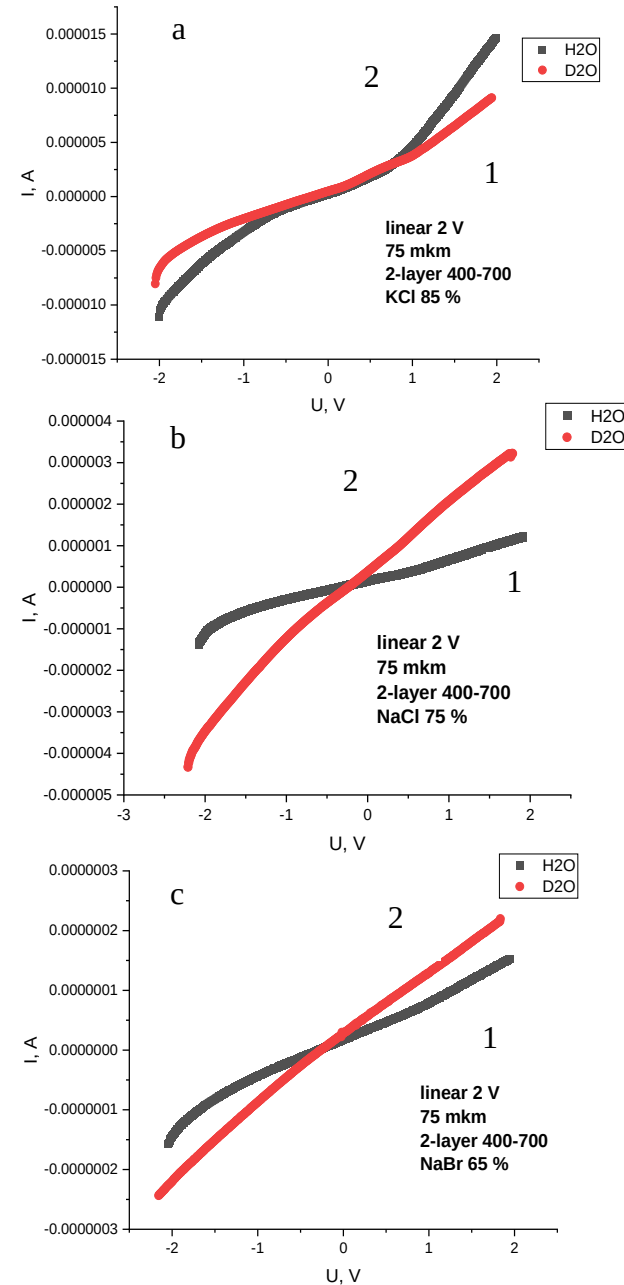


Fig.2 Dependence for the contact of YSZ-system's particles with sizes of 7,5 u 14 nm, saturated by water (1) and deuterium's (2) steam at the humidity of 85% (a), 75% (b) and 65% (c).

Acknowledgments. The study was performed in the scope of the H2020/MSCA/RISE/SSHARE number 871284, the Serbia - JINR cooperation Projects № 373 2023 items 4 and 5, Serbia - JINR cooperation Projects № 178 items 7 and 8, Belarus - JINR cooperation Projects № 308 items 21 and 22., RO-JINR Program No. 366/2021 item 84.

References

1. Z. I. Karimov, B. L. Oksengendler, et. al., Varisonality and Surface Levels in Crystals with an Ionic Bond / Chapter 7 in book “Research Highlights in Science and Technology” V. 1. (2023) DOI: 10.9734/bpi/rhst/v1/5397E.
2. Danilenko I, Gorban O, et. al., New multifunctional zirconia composite nanomaterials – from electronics to ceram_ics. IOP Conf. Series: Mater Sci and Eng 213:012016 – 012024. (2017) <https://doi.org/10.1088/1757-899X/213/1/012016>.
3. Mezentseva Zh.V., et. al., Adsorption hydropower based on YSZ nanopowders: technique of physical experiment / New materials in Heliotechnology I (SCNMH2023) 15-15 May 2023, Parkent, Uzbekistan. p. 130-131.
4. A.S. Doroshkevich, B. L. Oksengendler, at. al., The Rectifying Contact of Hydrated Different Size YSZ Nanoparticles for Advanced Electronics. // Nanomaterials, 12, 4493 (2022). <https://doi.org/10.3390/nano12244493>.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЭРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СТАЛИ 65Г

Р.С. Кожанова¹, Б.К. Рахадиллов², З.А. Сатбаева^{1,2*}

¹НАО «Университет имени Шакарима города Семей»,
ул. Глинки, 20а, 071400 г. Семей, Казахстан,

²ТОО «PlasmaScience»,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан, *E-mail: satbaeva.z@mail.ru (автор-корреспондент)

Абстракт

Работа посвящена исследованию влияния электролитно-плазменного упрочнения на изменение фазово-структурных свойств и эрозионной стойкости стали 65Г, применяемой для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин. Процесс электролитно-плазменного упрочнения образцов стали 65Г проводили в электролите, содержащем водный раствор 20 % карбоната натрия (Na₂CO₃). Определено, что электролитно-плазменное упрочнение приводит к образованию модифицированного поверхностного слоя, состоящего из мелкозернистого мартенсита, толщина которого в среднем составляет ~0,5-0,7 мм. Испытания на воздушно-эрозионную стойкость показали, что все образцы, прошедшие электролитно-плазменное упрочнение, характеризуются достаточно низким эрозионным износом, чем исходные образцы.

Ключевые слова: электролитно-плазменное упрочнение, микротвердость, сталь, микроструктура, фазовый состав, эрозионный износ.

Поверхностная обработка деталей из стали с использованием нагрева концентрированными потоками энергии (электронный луч, лазерное излучение, плазменная дуга) является существенным резервом экономии материальных, трудовых и энергетических затрат [1, 2]. Опыт показывает, что плазменный источник поверхностного нагрева можно во многих случаях применять наряду с такими источниками, как лазерный и электронно-лучевой, обеспечивая высокие технико-экономические показатели процесса [3]. Электролитно-плазменная обработка представляет собой один из способов скоростного нагрева, при котором обрабатываемая деталь является катодом или анодом относительно водного электролита [4]. Замыкания электрической цепи между электродами происходят через электролит (водный раствор соли). Преобразование электрической энергии в тепловую идет преимущественно в приграничном к изделию слое. В результате нагрева этот слой переходит в парогазовое состояние, в нем под воздействием приложенного напряжения возбуждаются микродуги. Плотность мощности достигает до 3×10^3 Вт/см². Технология позволяет в широких пределах изменять скорость нагрева и охлаждения, а также толщину упрочненного слоя.

В соответствии с поставленными задачами в качестве объекта исследования была выбрана конструкционная сталь 65Г. Для изучения общего характера структуры использовали оптический микроскоп Альтами МЕТ-5С (ООО «Альтами», Россия, г. Санкт-Петербург). Для металлографического микроанализа шлифы после полировки, с применением пасты двуокиси хрома, травили 4%-ым спиртовым раствором азотной кислоты. Морфологию и элементный состав образца, обработанного в электролитной плазме, исследовали на сканирующем электронном микроскопе Phenom XL (Эйндховен, Нидерланды). После электролитно-плазменного упрочнения наблюдается характерная для поверхностной закалки зональность структуры. Электролитно-плазменное упрочнение стали привело к модифицированию поверхностного слоя. Структура слоя по мере удаления от поверхности образца меняется. На поперечном микрошлифе хорошо выделяется модифицированный поверхностный слой, состоящий из мелкозернистого мартенсита, толщина которого в среднем составляет ~0,5-0,7 мм. Далее, вглубь образца, следует переходной, затем – слой (зона) основного материала, который состоит из ферритно-перлитной структуры.

Рентгеноструктурные исследования образцов стали выполняли известными методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометрах X'PertPRO (Philips Corporation, Амстердам, Нидерланды). Съемку дифрактограмм проводили с использованием CuK α -излучения ($\lambda=2,2897$ Å) при напряжении 40 кВ. Расшифровка дифрактограмм проводилась вручную с использованием стандартных методик и базы данных PDF-4, а количественный анализ выполнялся с помощью программы Powder Cell. Рентгеноструктурный анализ показал, что в исходном состоянии в

структуре стали 65Г присутствуют только α -фаза. После ЭПУ в образцах стали 65Г наблюдается рефлекс (121) цементита. Также после ЭПУ на дифрактограммах наблюдается уширение интерференционных линий α -фазы. Уширение интерференционных линий α -фазы связано с ростом плотности дислокаций, формированием мартенсита и определяется главным образом тетрагональностью мартенсита.

Стендовые испытания образцов стали 65Г на воздушно-эрозионную стойкость проводились на специальном стенде в соответствии со стандартом ASTM G76. Испытания на воздушно-эрозионную стойкость образцов осуществляли следующим образом: на образец из сопла диаметром 5 мм подается воздушно-абразивная струя. Давление воздуха на входе в сопло 0,4 МПа, расстояние от сопла до поверхности образца 11 мм. Продолжительность воздействия воздушно-абразивной струи составил 60 секунд. После теста образец взвешивается на аналитических весах и определяется потеря массы. Результаты испытания показали, что потеря массы обработанных образцов почти в 2 раза меньше, чем исходных образцов. Таким образом, результаты испытания свидетельствуют, что все образцы, прошедшие электролитно-плазменное упрочнение, характеризуются достаточно низким эрозионным износом, чем исходные образцы.

Таким образом, проведенные исследования показали перспективность и целесообразность применения разработанного способа для повышения эксплуатационных свойств деталей, работающих в условиях трения и изнашивания. Можно утверждать, что применение технологии электролитно-плазменного упрочнения вместо технологии лазерного и электронно-лучевого упрочнения, позволяет сэкономить основное оборудование и производственные площади, уменьшить расход электроэнергии и накладных расходов.

Литература

1. Рахадиллов Б.К., Кылышканов М.К., Сагдолдина Ж.Б. Плазменные и пучковые технологии модифицирования поверхности материалов и нанесения покрытий: монография, Усть-Каменогорск.: Изд-во Берел, 2018, 202 с.
2. Перевертов В.П., Андрончев И.К., Абулкасимов М.М. Технологии обработки материалов концентрированным потоком энергии, Надежность и качество сложных систем, 2015, № 3(11), С. 69-79.
3. Ismail M.I.S., Taha Z. Experimental design and performance analysis in plasma arc surface hardening, World Academy of Science, Engineering and Technology, 2011, Vol 56, pp. 1052-1058.
4. Nie X., Wang L., Yao Z.C., Zhang L., Cheng F. Sliding wear behaviour of electrolytic plasma nitrided cast iron and steel, Surf.Coat. Technol, 2005, Vol. 200(5-6), pp. 1745-1750.

ОЛНЕЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОБЛАЧНОСТИ МЕСТНОСТИ

М. Салиев¹, Ф. Мирзокобилова², М. Юсупова², Р. Назаров²

¹Центр инновационного развития науки и новых технологий НАНТ, г. Душанбе

²Худжандский государственный университет им. акад. Б. Гафурова, г. Худжанд, Таджикистан, E-mail: firuza_91@mail.ru

Аннотация

В данной работе представлена солнечная фотоэлектрическая установка с информационной системой, специально созданной для исследований и мониторинга облачности местности. Предложена методика количественной оценки облачности местности в суточном и недельном интервале времени на основе цифровой технологии обработки экспериментальной базы данных выходного тока и напряжения установки.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, электрическая мощность, выработка электроэнергии, температура, прозрачность атмосферы, облачность местности.

Расчет выработки электроэнергии солнечных электрических станций (СЭС) в условиях Центральной Азии с учетом температуры местности по спутниковым данным проведен в работе [1], где предложено проведение пилотного экспериментального исследования СЭС. В работе [2] получена оценка влияния суточного и сезонного колебания температуры фотоэлектрического модуля на энергетическую эффективность (КПД) солнечных установок. Исследование влияния климатических, метеорологических факторов на КПД солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) проведено в работе [3]. Энергетическая эффективность СФЭУ зависит также от технических факторов, размера панелей, угла установки, способа подключения к нагрузке. Использование аккумуляторных батарей и зарядных устройств приводит к дополнительным потерям которые составляют 15...20%. На работу солнечных установок существенно влияют атмосферные явления, такие как облачность, туман, пыль, смог, дождь и снег.

Выработка электроэнергии уменьшается за счет атмосферных явлений в отдельные дни практически до нуля, а месячная выработка уменьшается на 60% и более в зимние месяцы в условиях Центральной Азии [4]. В летний период за счет образования антициклона, когда вероятность облачной погоды минимальна, пылевое загрязнение атмосферы также может значительно уменьшить выработку электроэнергии. Средние месячные показатели уменьшения выработки СФЭУ за счет пыли составляют 10...15%.

Выработка электроэнергии СФЭУ при пылевой буре уменьшается практически до нуля в начале поступления пыли, в период последующих дней выноса и осадения пыли выработка уменьшается на 50...30% [5]. Данные месячных показателей работы СФЭУ: выработка электроэнергии, КПД, уменьшение выработки за счет климатических сезонных факторов приведены в работах [3-6]. Анализ данных выработки СФЭУ для декадных и недельных интервалов проведен для 2019, 2020 и 2021 годов [7].

Данные использованные в указанных выше работах [2-7] получены с помощью разработанного и созданного нами робота - устройства на основе микрокомпьютера для непрерывного измерения и регистрации напряжения, тока на выходе солнечных модулей, температуры воздуха и модуля, влажности воздуха.

В данной работе получена оценка уменьшения выработки электроэнергии СФЭУ за счет атмосферных явлений за суточный интервал времени в летний период на основе данных измерений выходного тока и напряжения установки. Метод оценки влияния атмосферных явлений на работу СФЭУ основан на непрерывном измерении тока и напряжения установки для определения выработки электроэнергии в суточном интервале.

Известно, что атмосферные явления обычно приводят к уменьшению прозрачности атмосферы, вследствие чего уменьшается выработка электроэнергии СЭС. Например, при появлении облаков прямая компонента солнечного излучения (СИ) уменьшается или вообще отсутствует. Интенсивность диффузной компоненты СИ несколько увеличивается, однако суммарное излучение может уменьшиться в несколько раз. Кривая выходного тока СФЭУ имеет провал во время прохождения облака над установкой.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, полученных непрерывным мониторингом выходного тока и напряжения солнечной фотоэлектрической установки (СФЭУ). Система регистрации данных на микрокомпьютере обеспечивает запись и хранение данных на флэш-карте объемом 1 ГБ. Компьютерная программа обработки базы данных позволяет получить аналитическую информацию в заданном интервале времени суток, месяца, года.

Электрическая мощность на выходе СФЭУ P_i определяется по формуле:

$$P_i = U_i I_i \quad (1)$$

где I_i - ток, U_i - напряжение на выходе СФЭУ для i – го интервала времени.

Выработка электроэнергии W_i в заданном интервале i определяется как:

$$W_i = P_i \Delta t_i \quad (2)$$

где $\Delta t_i = 5$ мин = const является интервалом измерений.

Суточная выработка электроэнергии W_c определяется суммой выработки W_i в интервале от 1 до N:

$$W_c = \sum_{i=1}^N W_i \quad (3)$$

Средний месячный КПД фотоэлектрического модуля (ФЭМ) определяется:

$$\eta_m = W_m / E_m \quad (4)$$

где

$$W_m = \sum_{i=1}^M W_c \quad (5)$$

W_m – месячная выработка электроэнергии и M – число дней в месяце,

E_m – месячная сумма солнечного излучения на площади приемника.

Результаты измерений тока и напряжения на выходе СФЭУ с интервалом 5 минут хранятся в формате Excel и обрабатываются с помощью компьютера.

Относительный месячный показатель прозрачности атмосферы T_m и коэффициент облачности местности k_{obl} для видимого диапазона спектра - области чувствительности полупроводниковых фотоэлектрических элементов из кремния определяется по следующим соотношениями:

$$T_m = \langle W_c \rangle / W_{cmax} \quad (6)$$

$$k_{obl} = 1 - \langle W_c \rangle / W_{cmax} \quad (7)$$

Выработка электроэнергии солнечного фотоэлектрического модуля ранее исследованы в суточных, недельных, декадных, месячных и годовых интервалах времени в реальных городских условиях г. Худжанд [2-8]. Проведен анализ данных в недельных, декадных, месячных, квартальных и годовых интервалах [7-8].

В данной работе проведен анализ выработки СФЭУ с площадью $S=0,2$ м² с информационной системой, специально созданной для исследований и мониторинга облачности местности. Суммирование выработки проведено за интервал 7 дней, следовательно, в формуле (5) значение $M = 7$, $i = 1, 2, \dots, 7$.

Мониторинг выработки электроэнергии W_i СФЭУ со 2 по 8 августа 2023 года представлен на рис.1а. Суточные выработки электроэнергии СФЭУ W_c показаны на рис.1б.

Результаты расчета суточных показателей k_{obl} и T_c представлены на рис.1в.

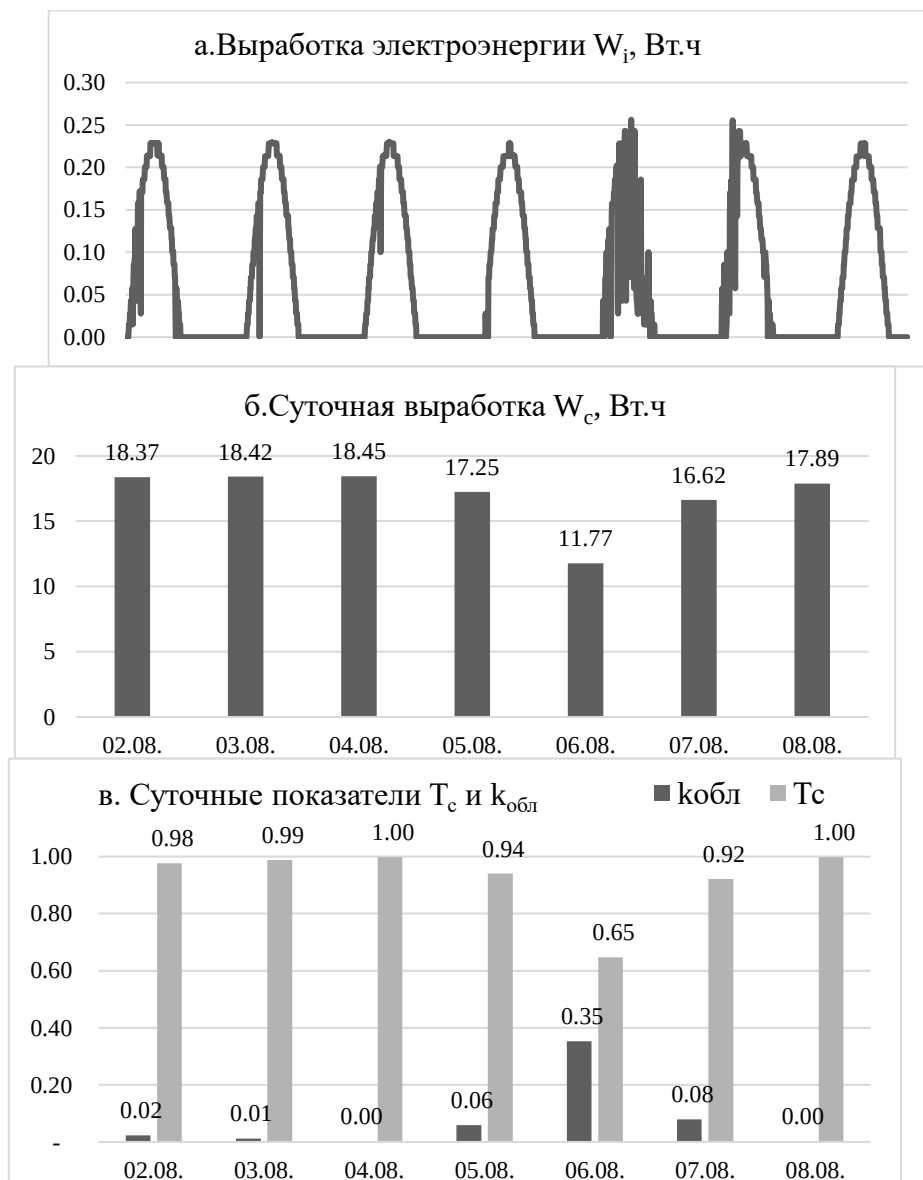


Рисунок 1. Выработка электроэнергии W_i (а), суточная выработка W_c (б), суточные показатели коэффициент облачности k_{obl} и относительный показатель прозрачности T_c (в) в период 02.08.- 08.08.2023г. в г.Худжанд.

Как видно из Рис.1а, кривая W_i имеет провалы 2,3,5,6,7 августа 2023 года из-за появления облачности. Суточная выработка W_c уменьшается в указанные дни (см.Рис.1б).

Сумма суточной выработки установки W_c в недельном интервале составляет 118,8 Вт.ч.

Среднесуточная выработка $\langle W_c \rangle$ в семидневке составляет 17 Вт.ч.

Максимальная выработка на середину интервала W_{cmax} составляет 18,5 Вт.ч.

Средний недельный относительный показатель прозрачности атмосферы, с 2 по 8 августа определяется при $M = 2,8$ соотношением

$$T_{2,8} = \langle W_c \rangle / W_{cmax} = 17 \text{ Вт.ч} / 18,5 \text{ Вт.ч} = 0,92.$$

Средний недельный коэффициент облачности определяется соотношением

$$\langle k_{obl} \rangle_{2,8} = 1 - T_{2,8} = 0,08.$$

Суточная выработка электроэнергии W_c за счет облачности уменьшается до 11,8 Вт.ч на дату 06.08.23. Расчетная суточная выработка при отсутствии облачности 18,1 Вт.ч. Среднесуточное уменьшение расчетной выработки электроэнергии СФЭУ равно 0,15 Вт.ч.

Средний суточный показатель прозрачности атмосферы для 06.08.23 составляет

$$T_6 = W_c(6) / W_{cmax}(6) = 11,8 \text{ Вт.ч} / 18,1 \text{ Вт.ч} = 0,65.$$

Средний суточный коэффициент облачности местности для 06.08.23 составляет

$$\langle k_{\text{обл}} \rangle_6 = 1 - T_6 = 0,35.$$

В заключении приведем основные выводы данной работы:

1. Разработана и создана солнечная фотоэлектрическая установка с информационной системой для мониторинга облачности местности.
2. Разработана методика оценки относительного суточного показателя прозрачности атмосферы и суточного коэффициента облачности для видимого диапазона спектра.
3. Получена оценка величины суточного показателя прозрачности атмосферы и суточного коэффициента облачности местности, их диапазон изменений в летний период.
4. Полученная оценка влияния климатических, метеорологических, технических факторов на КПД солнечных электрических станций, позволяют определить их экономическую эффективность, прогнозировать суточную, недельную, декадную, месячную, сезонную и годовую выработку электроэнергии, оптимизировать рабочие параметры оборудования и режим их эксплуатации.

Литература

1. Киселева С.В., Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Тарасенко А.Б. Оценка эффективности фотоэлектрических станций в климатических условиях Кыргызстана. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE), 2015. -№1, -С. 14–25.
2. Салиев, М.А., Юмаев Н.Р., Джураев Э., Ахмедов Х.М. Оценка влияния климатических условий на эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки. // Доклады АН РТ, 2019, -№1. -2, - С. 78-83.
3. Салиев, М.А., Ахмедов Х.М. Эффективность солнечной фотоэлектрической установки в реальных условиях эксплуатации. // Известия АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2018. -№1, - С. 57-63.
4. Салиев М.А., Мирзокобилова Ф.О., Юсупова М.З., Ахмедов Х.М. Использование цифровой технологии контроля для оценки влияния климатических факторов на работу солнечной фотоэлектрической установки. // Известия АН РТ, 2020, № 4(181), С. 148-156.
5. Салиев М.А., Маслов В.А., Абдуллаев С.Ф., Ахмедов Х.М. Влияние пылевой бури на работу солнечной установки// Известия НАНТ, 2022. №4 (189) С.115-124.
6. Котликов Е.Н., Салиев М.А., Новикова Ю.А. Мониторинг выработки электрической и тепловой энергии солнечной фотоэлектрической термальной установки. // Вторая всероссийская научная конференция 14-22 апреля 2021г. С. Петербург. Моделирование и ситуационное управление сложных систем. Сборник докладов.С.62-67.
7. Кудузова М.А., Мирзокобилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р. Исследование влияния облачности местности на выработку электроэнергии солнечной фотоэлектрической установки. // Международная научная конференция 18-19 мая 2021г. ХГУ им.Б.Г.Гафурова, г.Худжанд.Сборник докладов.С.323-327.

АНАЛИЗ УРОВНЯ ИНТЕГРАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ГОРОДСКУЮ ЭНЕРГОСИСТЕМУ

М.А. Кудусов¹, У. Мадвалиев^{2,3}, Р. Бахромзод⁴, А.Р. Мукумов⁴, С.А. Кудусова^{4,5}

¹Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими,
г. Душанбе, Таджикистан

²ОАО «Системаавтоматика», 734024, Таджикистан,
г. Душанбе, ул. Дружбы Народов 62, E-mail: umarkhon@mail.ru

³Институт математики им. А. Джураева НАН Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан

⁴Физико-технический институт им. С. У. Умарова НАН Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан

⁵Таджикский национальный университет,
г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация

Увеличение мощностей возобновляемых источников энергии, особенно фотоэлектрической (PV) энергии и высокий уровень интеграции фотоэлектрических технологий может серьезно повлиять на качество и безопасность электросетей, в том числе приводит к перераспределению мощностей по линиям электропередачи, соответственно к изменению профиля напряжения в сети. Фактически, когда мощность, вырабатываемая этими системами, превышает требуемую нагрузку, обратный поток мощности влияет на качества электроэнергии в распределительной сети. В этой статье рассматриваются 7 сценариев интеграции солнечных фотоэлектрические станции (СФЭС) в энергосистеме города Душанбе с использованием программного комплекса DIgSILENT Power Factory. Анализ показал, что сценария №7 наиболее подходящая для энергосистемы г. Душанбе.

Ключевые слова: солнечная энергия, качество электросети, потери мощности, DIgSILENT Power Factory, интеграция к электросети.

1. Введение

Размер СФЭС может быть подобран, например, в зависимости от профиля нагрузки потребителей, рентабельности или коэффициента собственного потребления. Коэффициент самопотребления показывает, сколько фотоэлектрической энергии используется на объекте и сколько передается в сеть. Размер СФЭС может быть подобран с учетом профиля нагрузки потребителя таким образом, чтобы выработка фотоэлектрической энергии покрывала минимальное потребление электроэнергии потребителем [1,2]. Такой метод определения размеров обеспечивает высокий коэффициент самопотребления, поскольку электроэнергия редко передается в городской сеть. Однако размер системы варьируется в зависимости от того, используется ли базовая нагрузка летом или зимой при определении размеров СФЭС. Пиковая потребность в электроэнергии или энергопотребление может быть использовано в качестве основы для определения размера фотоэлектрической энергосистемы [3,4]. СФЭС также может быть рассчитана на основе концепции чистого нуля, когда выработка фотоэлектрической энергии в течение определенного периода времени, обычно в течение года, покрывает потребление, соответствующее нагрузке здания на производство фотоэлектрической энергии, и учитывая, что цены на покупку и продажу электроэнергии влияют на экономическую рентабельность системы [5]. Однако выбор размера СФЭС только путем оптимизации ее собственного потребления может привести к уменьшению размеров и снижению рентабельности системы. Это связано с тем, что более крупная СФЭС имеет более низкие инвестиционные затраты на киловатт-час или, альтернативно, более низкую выровненную стоимость энергии, чем система меньшего размера.

Проблемам интеграции СФЭС в энергосистему, способу определению оптимального расположения и размеру солнечных станций в распределительных систем были посвящены много исследований [6-7]. В статьях [8-10] представлен обзор интеграции фотоэлектрических сетей и

доказано, что, несмотря на ее различные преимущества, такие как снижение загрязнения окружающей среды, бесплатная доступность и т.д., неконтролируемый высокий уровень интеграции фотоэлектрических систем в электрическую сеть может рассматриваться как проблема и влияет на качество электроэнергии в сети. В категории распределенных систем фотоэлектрические станции можно разделить следующим образом: маломасштабные, среднемасштабные, крупномасштабные и очень крупномасштабные фотоэлектрические станции, где диапазон мощностей каждого типа составляет соответственно до 250 кВт, от 250 до 1000 кВт, от 1 до 100 МВт и, наконец, выше 100 МВт. Как уже упоминалось ранее, несмотря на различные преимущества интеграции фотоэлектрических систем в сеть, неконтролируемая интеграция фотоэлектрической энергии в распределительную сеть может привести к ряду проблем с качеством электроэнергии в сети. Фактически, за последние несколько лет исследования влияния солнечной фотоэлектрической системы на распределительные системы привлекли внимание исследователей [12] и доказали, что мощность, вырабатываемая этими модулями, сильно зависит от погодных условий, таких как температура и солнечная инсоляция, которые могут вызвать колебания мощности и высокий уровень интеграции фотоэлектрической системы может вызвать явление обратного потока мощности, которое представляет собой основную проблему повышения напряжения, колебаний частоты, увеличения потерь и т.д. В случае увеличения потерь электроэнергии распределительные генераторы в целом снижают потери в системе благодаря своей выработке электроэнергии, особенно когда они находятся ближе к нагрузке [8]. Фактически, это предположение принимается во внимание до тех пор, пока не начнет происходить обратный поток мощности. На самом деле, основное внимание в этой статье уделяется изучению и анализу влияния высокого уровня интеграции фотоэлектрических технологий на профиль напряжения и на частоту распределительной сети, и это делается путем анализа потока нагрузки тестовой системы с использованием инструмента моделирования DIgSILENT Power Factory [13], который рассматривается как компания по разработке программного обеспечения и консалтинга, предоставляющая инженеринговые услуги, услуги в области электроэнергетических систем. Более того, он содержит полный спектр функциональных возможностей от стандартных функций до продвинутых приложений, таких как ветроэнергетика, распределенная генерация и мониторинг производительности для тестирования и контроля систем [14]. В этом инструменте моделирования, также можно найти моделирование стационарных, динамических и переходных процессов [15]. DIgSILENT является предпочтительным и рекомендуется в случае исследования потока нагрузки и моделирования сетки, при сравнении многих программных пакетов, поскольку он ведет себя так, как ожидается.

2. Разработка энергетических сценариев при использовании возобновляемых источников энергии

При условии, что нагрузка, ввод активной и реактивной мощности и параметры сети известны, анализ потока нагрузки определяется напряжением и фазой линии, после чего можно рассчитать потери. Математические модели потоки мощности требует решения системы одновременных нелинейных уравнений. Генераторы и нагрузки представляют собой граничные условия решения этих уравнений. Однако с непрерывным увеличением масштаба энергосистемы размерность уравнений потока нагрузки становится очень высокой, и для уравнений с такими большими размерами мы не можем гарантировать, что какой-либо математический метод приведет к правильному решению. Следовательно, выбор надежного метода имеет важное значение. Таким образом, метод этого исследования основан в использовании программного обеспечения DIgSILENT Power Factory.

СФЭС, подключенная к сети, состоит из фотоэлектрического ряда панелей соединенной между собой, инвертора и контроллера. Типичная структурная схема фотоэлектрической системы, подключенной к сети, включает в себя: фотоэлектрическую решетку, инвертор и встроенное управляющее защитное устройство, как показано на рис. 1.

Поскольку планирование, проектирование и эксплуатация энергосистем требуют определения потока нагрузки для анализа установившихся характеристик энергосистемы в различных условиях эксплуатации и изучения влияния изменений в конфигурации оборудования. Исследование потока нагрузки было проведено с использованием DIgSILENT Power Factory в области анализа и моделирования энергосистем. Некоторые аспекты влияния подключения солнечной генерации к электрической сети в условиях города Душанбе были рассмотрены в работах [16-18].

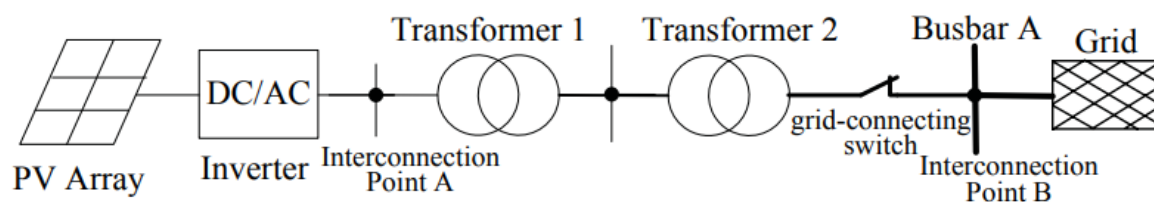


Рисунок 1. Структурная схема фотovoltaической системы, подключенной к сети

Расчеты потока нагрузки используются для анализа энергосистем в установившихся условиях без учета сбоев (без короткого замыкания). Где установившееся условия определяется как состояние, при котором все переменные и параметры считаются постоянными в течение периода наблюдения. Это можно рассматривать как о фиксации энергосистемы в данный момент времени. В этом исследовании активная мощность и реактивная мощность нагрузок были заданы, чтобы они соответствовали определенному ежемесячному профилю. При этом активная мощность будет автоматически изменяться в соответствии с назначенными нами датой и временем.

Растущая потребность в электроэнергии, увеличения число малых СФЭС и проектируемые большие солнечные станции ставят вопросы о детальном изучении их влияния при интеграции в энергетическую сеть. При анализе энергетической системы г. Душанбе были рассмотрены 7 сценариев:

1. Анализ текущего состояния части энергосистемы с использованием реальных данных о загрузке системы.
2. Анализ энергосистемы при подключении солнечных электростанций к линиям 0,4 кВ мощностью 50% от мощности трансформаторов в загруженном состоянии.
3. Анализ энергосистемы при подключении солнечных электростанций к линиям 0,4 кВ мощностью 50% от мощности трансформаторов без нагрузки.
4. Анализ энергосистемы при подключении солнечных электростанций к линиям 0,4 кВ мощностью 100% от мощности трансформаторов в загруженном состоянии.
5. Анализ энергосистемы при подключении солнечных электростанций к линиям 0,4 кВ мощностью 100% от мощности трансформаторов без нагрузки.
6. Анализ энергосистемы при подключении солнечных электростанций мощностью 1 МВт к линиям 10 кВ в загруженном состоянии.
7. Анализ энергосистемы при подключении солнечных электростанций мощностью 2 МВт к линиям 10 кВ в загруженном состоянии.

3. Результаты

Основные результаты моделирования приведены в Таблице 1. Как видно из таблицы, при сценарии № 7 солнечная электростанция мощностью 2 МВт полностью обеспечивает нагрузку. Графическое представление нагрузки и повышенных/пониженных напряжений в сети для всех сценариев приведены в рис. 2, а результаты моделирования для наилучшего сценария (сценарий № 7) отражено в таблице 2.

Таблица 1. Основные результаты моделирования

Сценарии	Генерация, МВт	Питание от внешней сети, МВт	Нагрузка, МВт	Потери, МВт
1	0	1,95	1,85	0,10
2	0,72	1,2	1,85	0,07
3	0,72	0,47	1,13	0,06
4	1,43	0,5	1,87	0,06
5	1,43	0,24	1,13	0,06
6	1	0,93	1,87	0,05
7	2	-0,07	1,87	0,05

Таблица 2. Результаты моделирования для сценария 7.

Сеть: Общая сеть			
Генерация	2,00 МВт	-0,00 МВАр	2,00 МВА
Внешняя подача	-0,07 МВт	0,28 МВАр	0,29 МВА
Межзонный поток	0,00 МВт	0,00 МВАр	
Нагрузка P (U)	1,87 МВт	0,10 МВАр	1,88 МВА
Нагрузка P (Un)	1,87 МВт	0,10 МВАр	1,88 МВА
P (Un-U)	0,00 МВт	-0,00 МВАр	
Нагрузка двигателя P	0,00 МВт	0,00 МВАр	0,00 МВА
Потери	0,05 МВт	0,18 МВАр	
Линейная зарядка		0,10 МВАр	
Индекс компенсации		0,00 МВАр	
Компенсационная способность		0,00 МВАр	
Установленная мощность	2,00 МВт		
Вращающийся резерв	0,00 МВт		
Общий коэффициент мощности			
Генерация	1,00 [-]		
Нагрузка/двигатель	1,00/0,00 [-]		

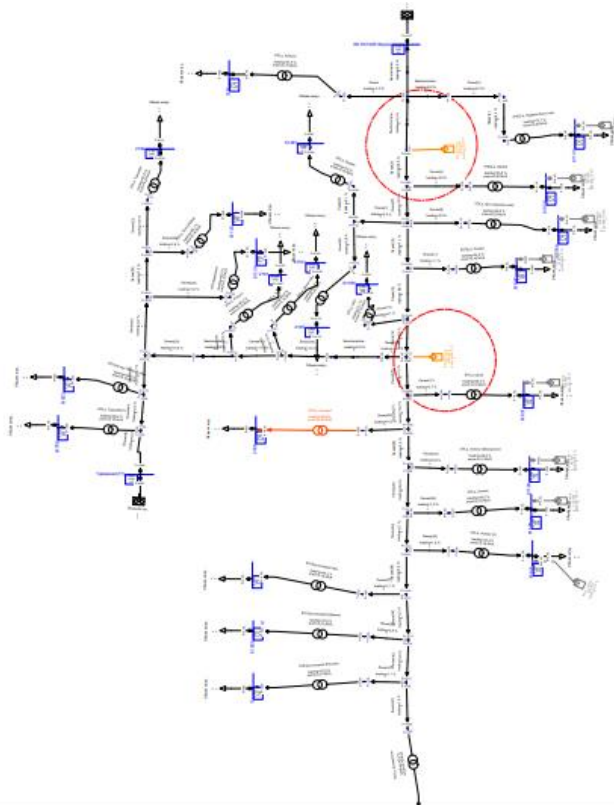


Рисунок 2. Графическое представление нагрузки и повышенного/пониженного напряжения в сети для сценария 7

4. Выводы

Результаты моделирования показали, что выработка фотоэлектрической энергии может иметь положительный эффект, такой как снижение потерь мощности, но при высоком уровне интеграции фотоэлектрической системы потери мощности и напряжение узла увеличатся, и это может повлиять на частоту. В качестве решения этих проблем рекомендуется использовать метод, который помогает

найти наилучшее местоположение (узел), а также максимальную мощность, вырабатываемую фотоэлектрической системой, которая будет подаваться на этот узел, не вызывая негативного влияния на качество электроэнергии. Другими словами, оптимальное размещение и размеры являются одним из лучших способов повышения эффективности электросети, и это будет принято во внимание в качестве перспективы данной работы. В условиях г. Душанбе, наилучшее местоположения и размер СФЭС соответствует сценарию №7 данной статьи.

Литература

1. N. Mathews, N. Rao, Gowrisankar, B. Pattnaik and G. S. Prasad, "Grid tied Roof top solar: Problems, learnings and solutions," 2016 First International Conference on Sustainable Green Buildings and Communities (SGBC), Chennai, India, 2016, Pp. 1-5, (2016). doi: 10.1109/SGBC.2016.7936084.
2. Винников Анатолий Витальевич, Денисенко Евгений Александрович, Долбенко Дмитрий Витальевич К вопросу выбора солнечной фотоэлектрической станции. Научный журнал КубГАУ. №108. (2015)
3. M. Gemignani, G. Rostegui, M. B. C. Salles and N. Kagan, "Methodology for the sizing of a solar PV plant: A comparative case," 2017 6th International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Santa Margherita Ligure, Italy, Pp. 7-13, (2017). doi: 10.1109/ICCEP.2017.8004784.
4. M. A. Marsan, G. Bucalo, A. Di Caro, M. Meo and Y. Zhang, "Towards zero grid electricity networking: Powering BSs with renewable energy sources," 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), Budapest, Hungary, Pp. 596-601, (2013). doi: 10.1109/ICCW.2013.6649303.
5. Mondol, J., Yohanis, Y., Norton, B., Optimising the economic viability of gridconnected photovoltaic systems. Appl. Energy V. 86 (7–8), Pp. 985–999 (2009).
6. Agus Setiawan, Qashtalani H., A. Damar Pranadi, C. Ali F., Eko Adhi Setiawan. Determination of Optimal PV Locations and Capacity in Radial Distribution System To Reduce Power Losses. Energy Procedia, V. 156, Pp. 384-390 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.108>
7. П. В. Илюшин. Перспективы применения и проблемные вопросы интеграции распределенных источников энергии в электрические сети. Библиотечка электротехника. № 8(260). С. 1-116, (2020).
8. E. Rakhshani, K. Rouzbehi, A. J. Sánchez, A. C. Tobar, and E. Pouresmaeil, Integration of Large Scale PV-Based Generation into Power Systems: A Survey. Energies, V. 12(8), P.1425. (2019).
9. K. N. Nwaigwe, P. Mutabilwa, E. Dintwa. An overview of solar power (PV systems) integration into electricity grids. Materials Science for Energy Technologies. V. 2, № 3, Pp. 629-633, (2019).
10. Rakibuzzaman Shah, N. Mithulananthan, R. C. Bansal, V. K. Ramachandaramurthy. A review of key power system stability challenges for large-scale PV integration. Renewable and Sustainable Energy Reviews, V. 41, Pp. 1423-1436, (2015).
11. Z. A. Kamaruzzaman and A. Mohamed Static Voltage Stability Analysis in a Distribution System with High Penetration of Photovoltaic Generation. Przegląd Elektrotechniczny, 91(8), Pp.113-117, (2015).
12. <https://www.digsilent.de/index.php/en/powerfactory.html>
13. Quan H. et al. Impact analysis for high-penetration distributed photovoltaic generation integrated into grid based on DIgSILENT. 2017 IEEE conference on energy internet and energy system integration (EI2). IEEE, Pp. 1-6, (2017).
14. K. Balamurugan, D. Srinivasan, and T. Reindl. Impact of distributed generation on power distribution systems. Energy Procedia, V. 25, Pp. 93-100, (2012).
15. Шведов Г. В., Чоршанбиев С. Р., Джураев Ш. Дж. Методика управления генерацией солнечных батарей по критерию минимизации относительных потерь электроэнергии в электрических сетях. Вестник МЭИ. № 1. С. 20—28, (2019). DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-20-28.
16. Киргизов А. К. Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы с распределенными возобновляемыми источниками энергии методами искусственного интеллекта: дис. канд. техн. наук. Новосибирск: Из-во НГТУ, (2017).
17. Оценка влияния распределенной солнечной генерации на энергоэффективность электросетевой организации / А. В. Ковыркин, И. А. Морсин, С. Р. Чоршанбиев, Г. В. Шведов // Энергосбережение - теория и практика: труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов, Москва, 05–12 октября 2018 года. – Москва: Издательский дом МЭИ, (2018).
18. Г. В. Шведов, С. Р. Чоршанбиев. Анализ потерь электроэнергии и разработка мероприятий по их снижению в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ. Энергетик. № 1. С. 31-34, (2019).

OPTIMAL ORIENTATION OF THE DUAL-TILT (EAST-WEST) PHOTOVOLTAIC SYSTEM

A. Komilov^{1,2}, Y. Nasrullayev³ and B. Abdurasulov³

¹National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources,
Chingiz Aytmatov str. 2b, 100084 Tashkent, Uzbekistan, E-mail: asliddin@rambler.ru

²Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2b, 100084 Tashkent, Uzbekistan

³Karshi Engineering Economics Institute,
Mustaqillik ave. 225, 18100 Karshi, Uzbekistan

Abstract

Dual-tilt (East-West) PV system installation on flat roofs is a configuration that optimizes power generation, reduces wind load, minimizes shading losses and maximizes available roof space. This paper presents the results of a study to determine the optimal orientation of a dual-tilt photovoltaic system and the change in their performance compared to a system with an optimal orientation to the sun. The calculations were carried out for systems with a fixed orientation. The dual-tilt design achieves an annual output that's generally 80% or lower than that of the optimally oriented system. In most tilt angles, its highest annual production occurs when it's oriented east-west. However, when the tilt angle is less than 10 degrees, the impact of the azimuth angle is minimal.

Keywords: dual-tilt, east-west tilt, PV system, optimal orientation

1. Introduction

The orientation of the PV panel plays a major role in its economic feasibility. Different tilt and azimuth angles are feasible for different regions [1]. In case of Austria and Germany 20° steeper tilt angles and orientations from east to west were found plausible, with low impact to electricity cost. [2]. The PV system tilted 10° facing east demonstrated the highest specific yield in Singapore [3]. The yearly optimum, tilt angle 22° and orientation angle the south direction were for Abu Dhabi [4].

However, the best orientation can be traded-off [5] for example in order to place more PV panels on available surface. One of the common patterns for integrating photovoltaic (PV) systems on flat roofs into buildings is the dual-tilt (or east-west) design. It involves placing solar panels in two rows oriented east and west, with an azimuth difference of 180 degrees between the first and second modules.

The dual-tilt design is known for its ability to reduce the effect of wind forces on the PV modules, which increases the stability of the system. This placement of panels helps to reduce shadow loss, as panels are less likely to cast shadows on each other at different times of the day, which improves overall system performance. The dual-tilt allows more PV modules to be placed on the roof than would be possible with other configurations. This optimizes energy production and makes optimal use of the available roof area. However, this can reduce energy production due to poor orientation of the system to sunlight. In this regard, to ensure the feasibility of dual-tilt configuration, an optimal balance is required between an increase in installed capacity and a decrease in productivity.

Depending on the stakeholders' interest the optimal angle for the PV system will be different. Optimal orientation of a dual-tilt system depending on demand patterns was investigated by [6] and found that a tilt angle of 13° were optimal in all considered scenarios.

2. Methodology

In this paper we present an approach of visualization of possible variations of annual power yield by a dual-tilt PV panel compare to a PV panel with an optimal orientation to the sun. In this work we have used isolation data for Tashkent Uzbekistan (latitude: 41.311081 and longitude: 69.240562) generated using multivariate solution algorithm [7]. The results of calculus are the values of solar insolation and ambient temperature depending on five variables: (1) time of day (τ), (2) day of the year (n), (3) tilt angle (α), (4) azimuth angle (γ) and (5) albedo (ρ).

The temperature of the PV panel can be determined using an empirical formula [8]:

$$T_c = 1.411T_a + 6.414,$$

and calculate its efficiency using the following formula:

$$\eta = \eta_0(1 - C_T(T_c - T_0)),$$

where η_0 is the nominal efficiency of the PV panel under standard testing conditions (STC) at temperature T_0 ; and C_T is the temperature coefficient of the efficiency of the PV panel, which, based on technologies, varies from $0.0001 \div 0.007$ ($1/^\circ\text{C}$) [9].

The power output of the PV panel is calculated within the range of multiple variables: - α , γ , τ , n and ρ :

$$P = \eta I_G(\alpha, \gamma, \tau, n, \rho)$$

3. Results and discussion

Using the above formulas, it is possible to calculate the dynamics of PV power output throughout the day or the whole year, for certain orientation of the PV and given surface albedo.

Figure 1 demonstrates the results of calculations using the following set of data: $\rho=0.2$, $\alpha=40^\circ$, $\gamma=0^\circ$, $\eta_0=0.18$, $T_0=25^\circ\text{C}$ and $C_T=0.005^\circ\text{C}^{-1}$.

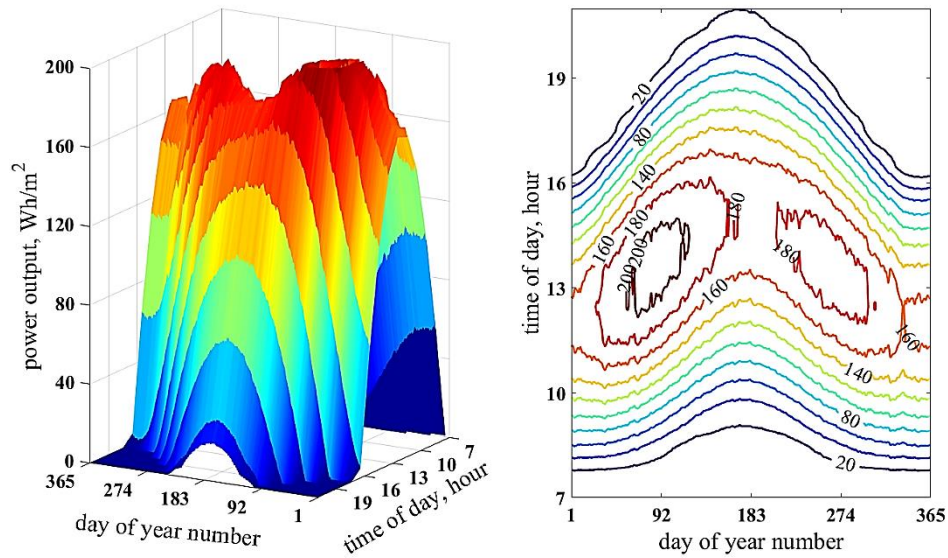


Figure 1. Dynamics of PV panel power output during the days of the year for $\rho=0.2$, $\alpha=40^\circ$, $\gamma=0^\circ$, $\eta_0=0.18$, $T_0=25^\circ\text{C}$ and $C_T=0.005^\circ\text{C}^{-1}$

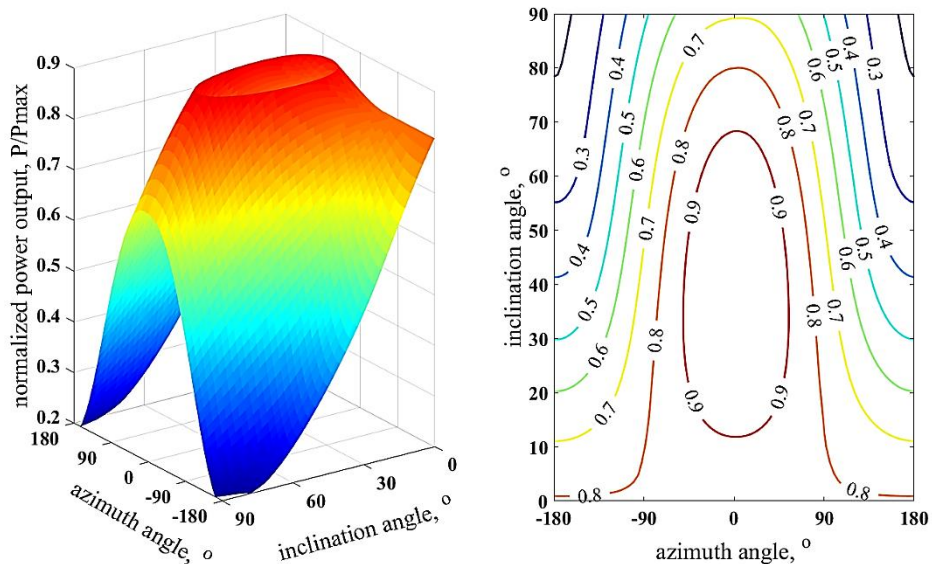


Figure 2. Normalized values of annual power output of PV panel for different orientations

Figure 1 demonstrates that productivity peaks change throughout the year, and their maxima occur during the cool season, which is due to the influence of temperature. This data is useful for predicting the impact of a PV system on the electricity network and load coverage.

Similarly, summing the power output of the PV panel for every day and for the whole year, we come up with its annual power output depending on the angle of inclination, azimuth angle and albedo. In this case the influence of the ambient temperature and PV efficiency will determine the absolute value of the annual output, but its variation will depend on its orientation. To enhance clarity, we've normalized the annual power generation values by scaling them against the maximum attainable annual power generation when the photovoltaic panel is optimally oriented:

$$N_{pv}(\alpha, \gamma, \tau, n, \rho) = \frac{P_{pv}(\alpha, \gamma, \tau, n, \rho)}{\max(P_{pv}(\alpha, \gamma, \tau, n, \rho))}$$

Figure 2 demonstrates the change in the annual power output of the PV panel depending on deviation from the optimal orientation. Such data is useful for the assessing the possible losses due to the orientation in case of the building integrated PV (BIPV).

Since results have values of the annual power output for the whole range of the azimuth angle, it is possible to calculate the dual-tilt positioning of the PV panels for different orientation. For such a case, we assume that the PV panel has 2 equal surfaces with azimuth degree difference of 180 degrees, and normalized values of annual power output if such configuration is calculated as:

$$N_{pv}^{dual-tilt} = \frac{N_{pv}^1 + N_{pv}^2}{2}$$

In fig.3, we can see that for the most inclination angles the higher values of annual power output of a dual-tilt PV panels correspond to the 90° and -90° azimuth angle, which is the reason for this configuration is also called east-west tilt.

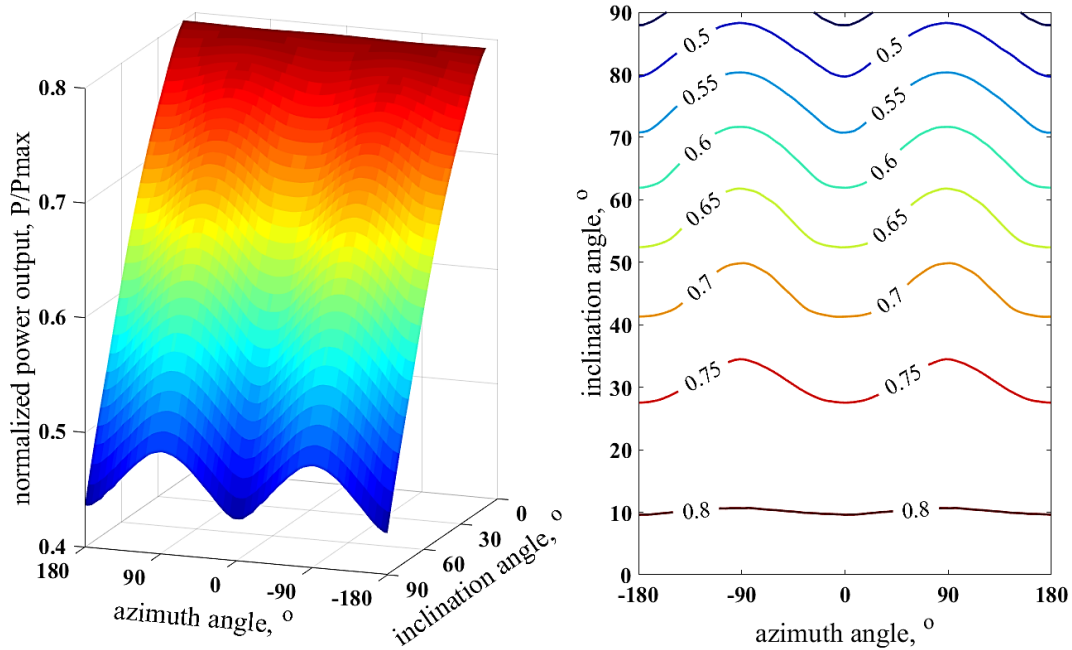


Figure 3. Normalized values of annual power output of a dual-tilt PV panel for different orientations

Nevertheless, fig.3 also demonstrates that for the inclination angle of less than 10° the azimuth angle of the dual-tilt panels has little influence and the annual output is equal to around 80% of the possible maximum.

4. Conclusion

In this paper we have demonstrated that in direct comparison dual-tilt design has 80% or less of the annual output of the optimal oriented system. For the most of the inclination angles, its highest annual production is reached at east-west orientation. Nevertheless, for the inclination angle of less than 10° the influence of azimuth angle is negligible.

We have showcased the approach to assess how the orientation impacts the PV system's output. Nevertheless, the practicality of a dual-tilt design should be examined, taking into account the potential augmentation of PV panel coverage relative to the available space. This aspect will be a subject of investigation in our upcoming researches.

References

1. T.M., Yunus Khan & Soudagar, Manzoore Elahi & Kanchan, Mithun & Afzal, Asif & Banapurmath, Nagaraj & Akram, Naveed & Mane, Suresh & Shahapurkar, Kiran. (2019). Optimum location and influence of tilt angle on performance of solar PV panels. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 141. 10.1007/s10973-019-09089-5
2. Michael Hartner, André Ortner, Albert Hiesl, Reinhard Haas, East to west – The optimal tilt angle and orientation of photovoltaic panels from an electricity system perspective, *Applied Energy*, Volume 160, 2015, Pages 94-107, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.097>
3. Y. S. Khoo et al., "Optimal Orientation and Tilt Angle for Maximizing in-Plane Solar Irradiation for PV Applications in Singapore," in *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 4, no. 2, pp. 647-653, March 2014, doi: 10.1109/JPHOTOV.2013.2292743
4. Farzad Jafarkazemi, S. Ali Saadabadi, Optimum tilt angle and orientation of solar surfaces in Abu Dhabi, UAE, *Renewable Energy*, Volume 56, 2013, Pages 44-49, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.10.036>
5. Komilov, A. Location and orientation based LCOE: Simplified visual analysis and generalization of the levelized cost of electricity from storageless photovoltaic systems. *Int J Energy Res*. 2021; 45: 5649– 5658. <https://doi.org/10.1002/er.6190>
6. Litjens, G. B. M. A., Worrell, E., & van Sark, W. G. J. H. M. (2017). Influence of demand patterns on the optimal orientation of photovoltaic systems. *Solar Energy*, 155, 1002–1014. doi:10.1016/j.solener.2017.07.006
7. A.Komilov, Algorithm for multivariate solution of mathematical models in MATLAB to create a database of environmental parameters, *Applied Solar Energy*, 2020, Vol. 56, №1, 63–69, <https://doi.org/10.3103/S0003701X20010077>
8. M. Almaktar, H. A. Rahman, M. Y. Hassan, and S. Rahman, "Climate-based empirical model for PV module temperature estimation in tropical environment," *Applied Solar Energy*, vol. 49, no. 4, pp. 192-201, 2013. <https://doi.org/10.3103/S0003701X13040026>
9. Daniel Tudor Cotfas, Petru Adrian Cotfas, and Octavian Mihai Machidon, "Study of Temperature Coefficients for Parameters of Photovoltaic Cells", *International Journal of Photoenergy*, Article ID 5945602, 12 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5945602>

ВИРВ СВЕРХПРОВОДНИКИ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ СОЛНЕЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ, ДЛЯ СМЕШАННЫХ СТРУКТУР С ПОЛУПРОВОДНИКАМИ.

Д. Гуламова¹, Х. Бахронов¹, Т. Гуламов², Г. Мамнишвили³

¹ Институт материаловедения Академия наук Республики Узбекистан,
ул. Ч.Айтматова, 26, 100084 Ташкент, Узбекистан

² Филиал НИТУ МИСИС в
г. Алматы

³ Институт физики Академия наук Грузии.

Аннотация

Сэндвич-структуры типа полупроводник-сверхпроводник представляют научный и прикладной интерес в связи с развитием нового направления, являющегося продолжением электроники, - СПИНТРОНИКИ. Такие сэндвич-пары являются контактами Джозефсона, принцип действия которых основан на переносе носителей в паре диэлектрик-сверхпроводник. Характеристики зависят от свойств составляющих пару элементов, т.е. полупроводника и сверхпроводника. Солнечная технология синтеза ВТСП позволила получать устойчивые к распаду, с воспроизводимой высокой температурой перехода в сверхпроводящее состояние высокотемпературные сверхпроводники-гомологи ряда $(\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y)$ ($n=3-20$). Использование таких ВТСП в сэндвич парах типа «полупроводник-сверхпроводник» может обеспечить повышение КПД преобразователей солнечной энергии за счет уменьшения сопротивления контактов при низких температурах. В сэндвич-паре типа ПП-ВТСП использованы сверхпроводники гомологического ряда системы $(\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y)$ с ($n=7-12$) и полупроводники: Si и InP. Ранее установлено, что повышение температуры сверхпроводящего перехода в ВТСП данного ряда обусловлено эффектом "PLD"-периодическим разупорядочением кристаллической решетки. Этот эффект объяснен использованием гелиотехнологии, которая приводит к поляризации электронов и межатомных связей в результате воздействия солнечного спектра на обрабатываемый расплав. Определено, что синтезированные сверхпроводники представляют смесь когерентно сопряженных высокотемпературных фаз-гомологов с критическими температурами перехода в сверхпроводящее состояние в диапазоне 110-181°K. Содержание, фазы с $T_c=150^\circ\text{K}$ составляло около 50%объемных. Для стабилизации использованы Pb^{2+} (Sn, Ge, которые "расширяют" кристаллическую решетку. Наилучший результат получен у составов с добавками оксида олова и флюорита. Новым, ранее не известным эффектом, проявленным при стабилизации высокотемпературных сверхпроводящих фаз, явилось определение каталитического влияния низкотемпературной сверхпроводящей фазы на образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз.

Ключевые слова: Смешанная система полупроводник-сверхпроводник, солнечная технология, низкотемпературная сверхпроводящая фаза, высокотемпературная сверхпроводящая фаза, T_c , параметр решетки, Джозефсона эффект.

Введение

Поиск и исследование Джозефсоновских сред и контактов актуально с точки зрения возможности управления свойствами полупроводниковой среды внешними магнитными и электрическими полями. Сэндвич-пару полупроводник-сверхпроводник (ПП можно отнести к периодическим системам, которые интенсивно исследуются в последнее время в связи с возможностью их использования в спин-волновой электронике [1-6]. Определенный успех в развитии направления создания и исследования смешанных структур типа ПП-ВТСП связан с созданием высококачественных сверхпроводников. Определение "высококачественный сверхпроводник" включает: воспроизводимый фазовый состав, устойчивость к распаду и многолетнюю повторяемость критических параметров, заданную морфологию с высокой текстурой и др. В данное время "даже у самых "высокотемпературных" устойчивых соединений температура

перехода к сверхпроводимости всё ещё в глубоком минусе и далека от комнатной. В значительной степени характеристики и свойства Джозефсоновских пар определяются морфологией, связанной с параметрами межзеренных границ, т.е. непосредственным влиянием технологических условий [7]. Солнечная технология синтеза позволила получать устойчивые к распаду, с воспроизводимой высокой температурой перехода в сверхпроводящее состояние высокотемпературные сверхпроводники-гомологи ряда $(\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y)$ ($n=3-20$) [8-9]. Использование таких ВТСП в сэндвич парах типа «полупроводник-сверхпроводник» может обеспечить повышение КПД преобразователей солнечной энергии за счет уменьшения сопротивления контактов при низких температурах. Кроме того, изучение таких слоистых сэндвич-структур интересно для разработки диодов и тиристоров в приборах для электронной техники.

Результаты и обсуждение

В сэндвич-паре типа ПП-ВТСП были использованы сверхпроводники гомологического ряда системы $(\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y)$ с ($n=7-12$) и полупроводники: Si и InP. Естановлено, что повышение температуры сверхпроводящего перехода в ВТСП данного ряда было обусловлено эффектом "PLD"-периодическим разупорядочением кристаллической решетки. Этот эффект был объяснен использованием SFAQ-гелиотехнологии, которая приводит к поляризации электронов и межатомных связей в результате воздействия солнечного спектра на обрабатываемый расплав. Определено, что синтезированные сверхпроводники представляют смесь когерентно сопряженных высокотемпературных фаз-гомологов с критическими температурами перехода в сверхпроводящее состояние в диапазоне 110-181°K при $n=4-20$. Содержание, фазы с $T_c=150^\circ\text{K}$ составляло около 50%объемных. Остальной объем составляли сверхпроводящие фазы с $T_c\geq 150\text{K}-190^\circ\text{K}$, причем количество фазы с $T_c=190\text{K}$ не превышало 5%отн. Поэтому, для повышения содержания ВТСП фазы с $T_c\geq 150\text{K}$ в объем работы на данном этапе были включены исследования, направленные на стабилизацию фаз с $T_c=180-190^\circ\text{K}$. Согласно данным теоретических расчетов, ВТСП фазы с высокими температурами сверхпроводящего перехода более 150K должны были бы иметь параметр решетки вдоль кристаллографического направления «00l» около 120-150Å. Для стабилизации таких ВТСП фаз с высокой критической температурой перехода было оправдано использование двух путей. Первый классический - стабилизация ВТСП фазы за счет введения добавок, которые "расширяют" кристаллическую решетку. Для такого пути, т.е. создания твердого раствора на основе матричной ВТСП фазы, могли быть использованы добавки той же подгруппы, в которую входит Pb^{2+} (Sn, Ge). С учетом и электронного строения компонентов -добавок, -что необходимо принять во внимание для создания твердого раствора,- было исследовано влияние добавки, содержащей F, которая может оказать влияние на анионную составляющую в кислородной подрешетке. Поэтому исследовали влияние добавок оксида олова, оксида железа, оксидов скандия, иттрия, CaF_2 (флюорита). Во всех образцах с добавками изменялась дефектная структура и, соответственно, критическая температура T_c . Наилучший результат получен у составов с добавками оксида олова и флюорита. По данным рентгенофазового анализа количество фаз с параметром элементарной ячейки $c=110-136 \text{ Å}$ составляло около 58%отн., $T_c = 150-180^\circ\text{K}$. Новым, ранее не известным эффектом, выявленным при стабилизации высокотемпературных сверхпроводящих фаз, явилось определение каталитического влияния низкотемпературной сверхпроводящей фазы на образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз. Так как этот эффект не был известен ранее, потребовалось проведение дополнительных исследований по выявлению причин каталитического эффекта. Установлено значительное ускорение реакций образования целевой высокотемпературной сверхпроводящей фазы за счет "вклинивания слоев" низкотемпературной фазы с последующей когерентной достройкой до кристаллической решетки с параметром элементарной ячейки вдоль направления «00L) и ростом значения "с, Å" до 140 Å.

При исследовании сэндвич - пары ПП-ВТСП отправной задачей являлось исследование свойств составных элементов этой пары и последующее изучение всей сложной структуры. Свойства полупроводниковой составляющей детально изучены. Удельная электрическая проводимость фосфида индия InP при 300K составляет $10^{-4}-10^{-10}\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ и увеличивается с ростом температуры. Рабочая температура InP составляет не более 80K. Очевидно, что параметры такой пары будут определяться свойствами сверхпроводника и эффектами на межзеренных границах системы "полупроводник-сверхпроводник", которая представляет Джозефсоновский контакт. Поэтому важно изучение зависимости свойств сверхпроводника от его состава и структуры, разработка техники текстурирования. Степень текстурированности ВТСП очень важна ввиду того, что текстура существенно влияет на токовые параметры, в частности, от состояния и характера

межзеренных границ и морфологии зависит критический ток сверхпроводника и, соответственно, пары (ПП-ВТСП) в целом. В сэндвич-паре типа ПП-ВТСП использованы сверхпроводники гомологического ряда системы $(\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y)$ с $(n=7-12)$ и полупроводники: Si и InP. Ранее установлено, что повышение температуры сверхпроводящего перехода в ВТСП данного ряда было обусловлено эффектом “PLD”-периодическим разупорядочением кристаллической решетки. Этот эффект был объяснен использованием “Super Fast Alloys Quenching”-гелиотехнологии, которая приводит к поляризации электронов и межатомных связей в результате воздействия солнечного спектра на обрабатываемый расплав. Определено, что синтезированные сверхпроводники представляют смесь когерентно сопряженных высокотемпературных фаз-гомологов с критическими температурами перехода в сверхпроводящее состояние в диапазоне 110-181°K. Содержание, фазы с $T_c=150^\circ\text{K}$ составляло около 50%объемных. Для повышения содержания ВТСП фазы с $T_c\geq 150^\circ\text{K}$ исследована возможность стабилизации фаз с $T_c=180-190^\circ\text{K}$. Согласно данным теоретических расчетов, ВТСП фазы с высокими температурами сверхпроводящего перехода более 150K должны были бы иметь параметр решетки вдоль кристаллографического направления «001» около 120-150Å. Для стабилизации ВТСП фаз с высокой критической температурой перехода было оправдано введение добавок, которые “расширяют” кристаллическую решетку. Использованы добавки той же подгруппы, в которую входит Pb^{2+} (Sn, Ge). С учетом электронного строения компонентов -добавок, -что необходимо принять во внимание для создания твердого раствора,- было исследовано влияние добавки, содержащей F, которая может оказать влияние на анионную составляющую в кислородной подрешетке/ Во всех образцах с добавками изменялась дефектная структура и, соответственно, критическая температура T_c . Наилучший результат получен у составов с добавками оксида олова и флюорита. По данным рентгенофазового анализа количество фаз с параметром элементарной ячейки $c=110-136$ Å составляло около 58%отн., $T_c =150-180^\circ\text{K}$. Новым, ранее не известным эффектом, проявленным при стабилизации высокотемпературных сверхпроводящих фаз, явилось определение каталитического влияния низкотемпературной сверхпроводящей фазы на образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз. Так как этот эффект не был известен ранее, потребовалось проведение дополнительных исследований по выявлению причин каталитического эффекта. Установлено значительное ускорение реакций образования целевой высокотемпературной сверхпроводящей фазы за счет “вклинивания слоев” низкотемпературной фазы с последующей когерентной достройкой до кристаллической решетки с параметром элементарной ячейки вдоль направления (00L) и ростом параметра “с, Å” до 140 Å. Полученные керамические ВТСП образцы представляли основу для создания сэндвичей типа полупроводник (Si, InP, InP+Zn)-сверхпроводник. Пары получали напылением полупроводников на поверхность керамических ВТСП ряда $(\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y)$ с $(n=7-12)$ с $T_c=150-180^\circ\text{K}$ в вакууме с использованием установки ВУП-4. Толщина слоев Si, InP составляла 2-2,4мкм. Исследованы вольт-амперные характеристики сэндвич-пар. Анализ рентгенограмм и сопоставление с результатами измерения ВАХ свидетельствует о том, что появление новых отражений(при $2\theta= 32^\circ, 30^\circ$) у ВТСП с “ $n \geq 5$ ”, которые, определяют параметр элементарной ячейки «с» [001] более 130Å у ВТСП номиналов с”n” более 5, может быть отнесено к формированию новой кристаллической решетки с большими значениями параметра “с”. Результаты исследования вольт-амперных зависимостей показали зависимость от состава полупроводниковой составляющей.

Выводы

В объеме работы по исследованию вольт-амперных зависимостей сэндвич-пар составов $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$ и $(n=5,7-12)$ и ПП (InP); $(\text{InP}(p^+))-(n^+)$ с контактом Sn осуществлены исследования, направленные на стабилизацию ВТСП фаз с T_c более 150K, так как критические характеристики ВТСП фазы существенно влияют на параметры сэндвич-пары. Установлено, что добавки оксида олова и флюорита стабилизировали ВТСП фазу с параметром элементарной ячейки $c\geq 136\text{Å}$. Более значительный стабилизирующий эффект был достигнут в результате разработки новой технологии, заключающейся в стабилизации прекурсоров ВТСП фаз добавками низкотемпературных сверхпроводящих фаз за счет когерентной достройки кристаллической решетки путем “вклинивания” слоев низкотемпературной сверхпроводящей фазы между проводящими слоями кристаллической структуры. Исследование вольт-амперных характеристик сэндвич-пар показало зависимость сопротивления пары от свойств ВТСП, определяемых значением “n”. Факт образования контакта в такой паре при азотной температуре позволяет предположить Джозефсоновский переход в исследованных гетероструктурах на основе ВТСП, синтезированных по SFAQ гелиотехнологии. Такая технология определяет поляризацию связей, что связано с

формированием системы правильно распределенных дефектов и соответственному возрастанию критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние. Установлено, что ВАХ сэндвич-пар с покрытием из дититаната иттербия не имели существенных отличий от образцов без оптического покрытия. В дефектной структуре типа пироклора у дититаната иттербия сохранялась система анионных дефектов, следствием чего являлась стабильность кристаллической решетки соединения.

Литература.

1. Исаков Г. И. Управление сверхпроводимостью эвтектики полупроводник-сверхпроводник // Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29, № 19. С. 40-47.
2. Алиев М. И., Исаков Г. И., Алиев Ф. Ю., Эминзаде А. Т. Эффект Джозефсона в эвтектическом сплаве типа полупроводник-сверхпроводник // ДАН. 1989. Т. 306, № 3. С. 583-586.
3. Likharev K. K., Naveh Y., Averin D. Physics of High- j_c Josephson Junctions and Prospects of their RSFQ VLSI Applications // IEEE Trans. on Appl. Supercond. 2001. Vol. 11, No. 1. P. 1056-1060.
4. Асламазов Л. Г., Фистуль М. В. Температурная зависимость критического тока контактов сверхпроводник-полупроводник-сверхпроводник // ЖЭТФ. 1981. Т. 81, № 1(7). С. 382-397.
5. Асламазов Л. Г., Фистуль М. В. Резонансное туннелирование в контактах сверхпроводник-полупроводник-сверхпроводник // ЖЭТФ. 1982. Т. 83, № 3(7). С. 1170-1176.
6. Schapers Th., Mütller R. P., Kaluza A. et al. Adjustment of the critical current in a Nb-In_xGa_{1-x}As/InP Josephson contact by light exposure // Appl. Phys. Lett. 1999. Vol. 75, No. 3. P. 391-393.
7. Петров М. И., Балаев Д. А., Шайхутдинов К. А., Александров К. С. и др. Транспортные свойства композитов ВТСП + полупроводник с различной концентрацией носителей // Физика твердого тела. 1997. Т. 39, № 5. С. 829-834.
8. Gulamova D.D., Acrivos J.V., Chigvinadze J., Uskenbaev D., Magradze D., Attempt to observe of high-temperature superconductive phases in Bi-Pb-Sr-Cu-Ca-O system fabricated at superfast alloy quenching using solar energy, Journal of the American Physics Soc., March 2011. Physica C. PP. 32-48.
9. Гуламова Д.Д., Ускенбаев Д.Е., Фантоzzi Ж., Чигвинадзе Дж.Г., Маградзе О.В., Фазовый состав и свойства сверхпроводящей керамики на основе прекурсоров Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr₂Ca₂Cu₃O_y, полученных закалкой расплава на солнечной печи, Журнал технической физики, 79 (6) (2009) 98-102 <http://journals.ioffe.ru/articles/9717>

SYNTHESIS-NEUTRON GENERATOR AND ACTIVATION OF SEMICONDUCTOR MATERIALS

V. Svirkov^{1,*}, M. Elisov^{2,**}, M. Dolgoplov^{2,3*}, V. Radenko¹

¹TP A&ST LLC and New Energy LLC, 1, Academician Pavlov,
Samara, 443011, Russian Federation

²Samara University, 34, Moskovskoye shosse,
Samara, 443086, Russian Federation

³SAMARA POLYTECH, 244, Molodogvardeyskaya street,
Samara, 443100, Russian Federation *E-mail: tp-aist@mail.ru, **E-mail: maksimelisov2003@gmail.com

Abstract

Theoretical and applied aspects of modeling the magnetodynamic flow of a controlled plasma are considered. The scheme of a plasma neutron generator and the rationale for the discretization of flows of condensed plasma and ions based on the introduction of the concept of discreteness of flows are considered. To solve the problem of controlled nuclear fusion, a technique and technology have been developed for the creation and formation of electronically controlled ion and plasma flows in magnetic fields by grouping flows with the assignment of certain sequences. The operation of the installations is based on the physical principles of compaction of plasma and ion flows with discrete by changing the control parameters of magneto-optical systems. The model-dependent emittance is calculated. It is planned on the basis of the considered technology of a neutron generator with a plasma target with a neutron flux pulse more than 10^{10} c^{-1} in the report to present models of radiation-induced defect formation and spatial self-organization of defects during injection of electrons, alpha particles, gamma radiation in silicon and silicon carbide semiconductor wafers. Preliminary experiments have been carried out on an installation with a plasma electric generator to irradiate semiconductor heterostructures in order to create radiation-induced defects.

Key words: synthesis-generator, plasma target, plasma flows, compaction, magneto-optical systems, plasma neutron generator, silicon carbide heterostructures, emittance, radiation-induced defects

1. Introduction

The difficulties and manufacturing time of nuclear reactors as sources of electrical and thermal energy, as well as sources of neutrons of various intensities, lead to the need to create an alternative devices as electric and neutron generators. But such compact generators can be applied in much larger fields: the hidden nuclear materials detection [1], the isotope production [2,3], the neutron therapy for the fighting cancer [4,5], the neutron transmutation doping [6] and other applications. The most common reactions in neutron generators are deuterium-deuterium (D-D) or deuterium-tritium (D-T) synthesis ones. And nowadays there are new modifications of generators using various [7-10] synthesis reactions and constructions.

We focus on the electronically controlled plasma electric generator is based on the reactions of nuclear fusion of various light nuclei in plasma streams [11-14] obtained as the result of evaporation of lithium hydride or beryllium tetrahydroborate. The following fusion reactions involving light nuclei are most likely for the plasma generator as a neutron source: with H, D, T, ^3He , ^6Li , ^7Li , B, Be.

2. Experimental design construction, technology and technique for the flows discretizations

The term synthesis generator was introduced into consideration in [15], in which mathematical modeling of the ionic multiphase flow in a plasma electric synthesis generator was carried out. A drawing of a magneto-optical synthesis chamber for a pulsed generator with a plasma target (synthesis generator) was presented in [14]. The generation of a dense stream of protons [15], deuterium or tritium for the synthesis of neutrons on an ion-plasma target [14] of deuterium, tritium or lithium occurs as a result of primary compaction of the flow and discretization by a software-defined concentration and average energy of the flow.

A magneto-optical synthesis chamber was proposed in [16] also. With its use, the synthesis of carbon-14 is possible. The installation electronically controls ion sources with magneto-optical flux concentration with ion energy up to 50 keV, electronically controlled sections of a pulsed accelerator that provide a discrete ion flow with an ion energy from 100 to 600 keV depending on the components of the mixture, in

combination with an 8-cycle magneto-optical synthesis chamber and a controlled magnetodynamic trap for generating dense neutron fluxes. The synthesis of carbon-14 by neutrons occurs in a 4-cycle magneto-optical camera on a dense ion target. At the final stage, radionuclides from the magneto-optical storage are deposited on a substrate with SiC/Si heterojunctions. Multilayer formation and induced activation on SiC, Si substrates or on substrates made of other materials is also possible. Attention is drawn to the comparison with the technology, with the possibility of operating nickel-63.

The technology of electronically controlled ion-plasma generators is based on the technique of obtaining controlled discrete ion or plasma flows. The methods of discrete flows or plasma discretes were proposed and described in [17,18].

In [19], recommendations were made on the implementation of the technological process for the formation of complex heterostructures for various purposes in terms of the formation, influence and evolution of defects in materials with a radioisotope energy source containing a single-crystal phase of the semiconductor structure of silicon carbide in the form of a film having n- and/or p-type conductivity for the separation of electron-hole pairs, including carbon-14 atoms in the molecular structure of silicon carbide. Impurity atoms and vacancies can be considered as the main defects that manifest themselves during implantation and determine the formation of the silicon carbide structure. It should be noted that disordered structures can only be described by a limited number of approaches. There are several solutions for this in DFT, and this topic requires further development to explain the behavior, including radiation-induced point defects.

In [20] we considered a generator for the synthesis of light isotopes with a plasma target. An important part of the device is also the magneto-optical system, which we have considered theoretically. The device of our generator allows us to increase the number of neutrons in a pulse to 10^{15} .

The message presents an electronically controlled plasma generator, which can be used as a neutron source. Highlights of our installation system works according to the following principles:

1. electrostatic acceleration of ionic and electronic components;
2. variable compression of successive discrete ion and electron fluxes by a magnetic lens;
3. ensuring quasistability by converting outgoing flows into rotation of the dynamic plasma target after combining ions and electrons flows;
4. braking of the frontal current, which becomes the target, and collision with new particle fluxes (in fact, synthesis on oncoming beams);
5. ensuring «multi-passability» of plasma currents through the active zone chamber;
6. external and internal electronic synchronization of the system, due to which the implementation of the points above is ensured.

We can display the change in the X coordinate on the vertical axis, and the change in the Y coordinate on the horizontal axis along device, and obtain the transverse emittance of the beam.

3. Conclusion

We come to the conclusion that in order to solve the problem of controlled synthesis of light nuclei, a technique and technology for creating and forming electronically controlled ion and plasma flows in magnetic fields was developed by grouping flows with a sample and setting certain sequence laws for ion and plasma flows. An experimental and experimental industrial installation of an electronically controlled plasma electric generator consisting of a vacuum subsystem has been assembled blocks and electronic control system, using neutron-free reactions. The possibility of using such installations for the generation of electric and thermal energy for heat and power supply of enterprises, it is most economically advantageous compared to large reactors. Also, the creation of various types of neutron generators based on this technology can be economically advantageous as sources of neutrons for various purposes, for example, the cost of producing radioisotopes can be reduced several times. It is also planned to continue and present studies on activation and analysis of radiation-induced defects in samples of semiconductor structures with thin heterojunctions.

References

1. Uesaka M., Kobayashi H., Compact Neutron Sources for Energy and Security, Reviews of Accelerator Science and Technology, 08, 181-207 (2015).
2. Leung K.N., Leung J.K., Melville G., Feasibility study on medical isotope production using a compact neutron generator, Applied Radiation and Isotopes, 137, 23-27 (2018).

3. Bazhazhin A.G., Zhuraev O.S., Tatarchuk V.A., Nuclear physical methods based on the neutron generator NG-150 at the Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of Uzbekistan, International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol.1, part 3. P. 210-214. (2016).
4. Battermann J.J., Mijneer B.J., The Amsterdam fast neutron therapy project: a final report, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 12, 2093-2099 (1986).
5. Metwally W.A. et al., Utilizing neutron generators in boron neutron capture therapy, Applied Radiation and Isotopes 174, 109742 (2021).
6. Shimura F., Single-Crystal Silicon: Growth and Properties. In: Kasap S., Capper P. (eds) Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials, Springer Handbooks, Springer, Cham. 2017.
7. Chichester D., Simpson J., Lemchak M., Advanced compact accelerator neutron generator technology for active neutron interrogation field work, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 271(3), 629–637 (2007).
8. Leung K.N., New Compact Neutron Generator System for Multiple Applications, Nuclear Technology, 206(10), 1607-1614 (2020).
9. Mausolf E.J. et al., Fusion-Based Neutron Generator Production of Tc-99m and Tc-101: A Prospective Avenue to Technetium Theranostics, Pharmaceuticals, 14(9), 875. 19 p. (2021).
10. Pudjorahardjo D.S., Wahyono P.I., Syarif, Compact neutron generator as external neutron source of subcritical assembly for Mo-99 production (SAMOP), AIP Conference Proceedings, 2296, 020115 (2020).
11. Brown I.J., Physics and Technology of Ion Sources, 2nd. Revised and Extended Edition, 2004.
12. Mesyats Gennady A, Pulsed power. Springer, 2005.
13. Forrester A.T., Large Ion Beams: Fundamentals of Generation and Propagation, Physics Today, 42(6), 7 (1989).
14. Radenko V.V., Dolgoplov M.V., Chepurnov V.I. et al., Betavoltaic device in por-SiC/Si C-Nuclear Energy Converter, EPJ Web of Conferences, 158, 06004 (2017).
15. Dolgoplov M.V., Zanin G.G., Radenko A.V. et al. Mathematical modeling of an ion multiphase flow in a plasma electric synthesis generator. Mathematical modeling and boundary value problems. In: Materials of the XI All-Russian Scientific Conference with international participation. In 2 vols. Vol. 1. Samara: Samara State Technical University, 2019. Pp. 258–263.
16. Chepurnov V.I., Dolgoplov M.V., Radenko V.V. et al. C-betavoltaic energy converter in por-SiC/Si Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations. V.3. № 3. P. 119-120. (2017).
17. Radenko A.V., Radenko V.V., Dolgoplov M.V. Modelling of magnetodynamic plasma flows. In: Nonequilibrium phase transformations: Materials science of III International Scientific Conference. 2017. No. 1 (1). Pp. 107–108. (In Rus.).
18. Dolgoplov M.V., Zanin G.G., Ovchinnikov D.E. et al. Electronically controlled plasma electric generator. Patent for invention 2757666 C1, 10/20/2021. Application No. 2021105186 dated 01.03.2021. Byul. No. 29. 20.10.2021.
19. Chepurnov V.I., Dolgoplov M.V., Gurskaya A.V. et al. Radiation-doped SiC*/Si heterostructure formation and defects evolution, Journal of Physics: Conference Series. V. 2155., 012012 P. (2022).
20. Dolgoplov M., Radenko V., Svirkov V. et al. Electronically driven neutrons synthesis-generator with the magneto-optical flow seal. EPJ Web of Conferences. Volume 222, The XXIV International Workshop “High Energy Physics and Quantum Field Theory” (QFTHEP 2019). EDP sciences, P.02014. (2019).

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (ДОПАНТОВ) НА ЭЛЕКТРОННЫЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР ОКСИДА ЦИНКА

А. С. Есбергенова^{1,2}, У.А. Шаисламов^{1,2*}

¹ Центр развития Нанотехнологии при Национальном университете Узбекистана имени М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан 100174 ул. Университетская 4.

² Факультет физики, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо-Улугбека, Ташкент, Узбекистан 100174 ул. Университетская 4. *E-mail: sulugbek@gmail.com

Abstract

В этой работе описаны особенности допирования наноструктур ZnO переходными металлами для эффективного поглощения видимой части солнечного излучения. Представлены результаты влияния примесей (допантов) переходных металлов на структуры и электронных свойств наноструктур ZnO для повышения эффективности фотокаталитической активности. Установлено, что ZnO допированный с Cu и Fe показали наилучшую фотокаталитическую активность.

Key words: фотокатализатор, оксид цинка, зонная структура, допирования

Тенденция сокращения запасов ископаемого топлива создает потребность к необходимости разработки новых инновационных технологий, использующие возобновляемых источники энергии для решения энергетических и экологических проблем. Основным возобновляемым источником энергии, среди всех существующих, является энергия Солнца, так как солнечная энергия излучающая поверхность Земли ($1,3 \times 10^{15}$ TW) превышает текущее глобальное душевое потребление энергии ($1,6 \times 10^{11}$ TW) примерно на четыре порядка. Солнечная энергия может быть эффективно использована с помощью фотокаталитических реакций («зеленых технологий») для получения водорода, восстановления углекислого газа до углеводородов и очистки воды и воздуха [1].

Эффективность фотокаталитической реакции (окислительно-восстановительный процесс) определяется особенностями опто-электронной и зонной структуры материала, и предъявляются им следующие требования: энергия падающего света должна быть больше или равной энергии ширины запрещенной зоны материала $E_{hv} \geq E_g$; ширина запрещенной зоны должна удовлетворять минимальной разнице между потенциалами окисления (-0,82) и восстановления (0,41) воды, а значит, величина в идеале должна быть в пределах 2,5эВ; оптимальное расположение зон: зона проводимости (CB) должна быть расположена выше, чем потенциал восстановления воды, а потолок валентной зоны (VB) должен быть расположен ниже, чем потенциал окисления воды; высокая подвижность и сравнительно большое время жизни свободных носителей зарядов, стабильность физико-химических свойств и структуры материала при его длительном нахождении в фотокаталитическом растворе, доступным и экологически безопасным [1-4].

Но ни один из известных немодифицированных материалов не удовлетворяет вышеперечисленным требованиям. Так, например, наноструктуры ZnO наиболее доступный и изученный фотокатализатор, может быть активирован только УФ-светом, составляющую небольшую часть (4-5%) солнечного спектра [3]. Всесторонние исследования были направлены на модификацию фотокатализаторов ZnO с помощью различных методов и подходов для эффективного поглощения видимой части солнечного излучения [1-4]. И по сравнению с другими модификациями, считается целесообразным допирование т.е. введение примесей для улучшения характеристик ZnO в условиях видимого света.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, представляется, что проведение дополнительных исследований допирования наноструктур ZnO переходными металлами будет весьма актуальным для решения задач фотокаталитической систем.

В этом исследовании представлены результаты влияния характеристик атомов примеси переходных металлов, как их радиус, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность и степень окисления на свойства допированных наноструктур ZnO, полученных гидротермальным методом синтеза.

Наноструктуры оксида цинка (ZnO) были синтезированы гидротермальным методом при низкой температуре. Наноструктуры ZnO были получены в виде осадков на основе реакции химического осаждения между растворами нитрата цинка ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и раствора щелочи KOH при 70 °C. Образовавшийся осадок отфильтровывали и сушили. Для синтеза легированных образцов в гидротермальный раствор вводили соответствующие количества FeSO_4 и $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Концентрация легирующих добавок как для Fe, так и для Cu была установлена на уровне 1%, 3%, 5%, 10%. Кристаллическую фазу анализировали методом рентгеновской дифракции (XRD, RIGAKU/Miniflex). Микроструктуру исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM, JSM-IT200). Спектры поглощения УФ-ВИД регистрировали на двухлучевом спектрофотометре SPECORD 200 PLUS. Фотокаталитическая активность синтезированных наноструктур ZnO оценивалась путем наблюдения за фотокаталитической деградацией метиленового синего (МБ) в водном растворе под действием УФ-А-облучения. Спектр поглощения отфильтрованного раствора анализировали с помощью УФ-Вид спектрофотометра (UV-i1900, Shimadzu).

Допирование наноструктур ZnO переходными металлами является эффективной стратегией благодаря превосходным свойствам: ионы переходных металлов изоморфны Zn; они обладают переменными степенями окисления, которые необходимо для свойств переноса носителей заряда; они имеют разные донорно-акцепторные свойства в ZnO и, таким образом влияют на структуру электронных зон; примеси переходных металлов часто использовались из-за их неполных d- или f-орбиталей, которая может изменить морфологию, размер частиц и кристаллитов ZnO-хозяина, а также известно, что допирование переходными металлами ингибирует рост ZnO, что приводит к образованию наноструктур меньшего размера с большей площадью поверхности; spd-орбитали обмениваются взаимодействиями между локализованными d-электронами переходных металлов и электронами зоны ZnO, что вызывают сужение запрещенной зоны и увеличение скорости возбуждения электронов [2-3] как схематически показано в Рис.1.

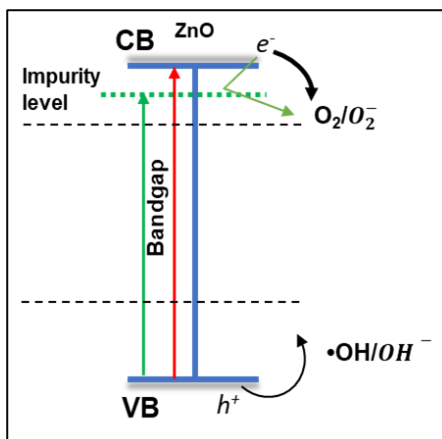


Рисунок 1. Схематическая иллюстрация, демонстрирующая фотокаталитический механизм полупроводника, легированного примесями.

Выбор допируемого элемента основывается исключительно на его атомном, ионном радиусе, валентного электрона, степени окисления и электронной конфигурации[1]. Например, Допируемые примеси замещают атомы Zn в узлах решетки ZnO, изменяя электронное окружение из-за разнообразия ионного радиуса. Ион переходного металла может изменять координационное окружение ZnO и локализованные энергетические состояния d-d-переход может изменить энергетическую структуру электронной зоны.

Способность полупроводника передавать фотовозбужденные электроны частицам, адсорбированным на его поверхности, определяется энергетическим положением зоны полупроводника и окислительно-восстановительным потенциалом адсорбата, который связан с электроотрицательностью [5].

Таблица 1. Расчетные данные физико-химических свойств

Примесь	Железо, Fe	Кобальт, Co	Никель, Ni	Медь, Cu	Серебро, Ag	Цинк, Zn	Zn O
Локальный уровень	донор	донор	акцептор / донор	акцептор	акцептор	-	-
Валентные электроны	8	9	10	11	11	12	-
Атомный номер	26	27	28	29	47	30	-
Электронная конфигурация	3d ⁶ 4s ²	3d ⁷ 4s ²	3d ⁸ 4s ²	3d ¹⁰ 4s ¹	4d ¹⁰ 5s ¹	3d ¹⁰ 4s ²	-
Атомный радиус, нм	0,124	0,125	0,125	0,128	0,145	0,133	-
Ионный радиус	0,078/0,064	0,074/0,061	0,069	0,077/0,073	0,115	0,074	-
Степень окисления	+2 / +3	+2 / +3	+2	+1 / +2	+1	+2	-
Энергия ионизации, эВ	7,90	7,88	7,64	7,73	7,58	9,39	-
Сродство к электрону, эВ	0,15	0,66	1,15	1,23	1,30	-0,6	-
Электроотрицательность	4,03	4,27	4,39	4,48	4,44	4,39	5,75
Скорость деградации, мин ⁻¹	0,015	0,09	0,025	0,021	0,017	-	0,015

Самое главное, чтобы убедиться в оптимальном расположении зон потенциалов, а именно влияния на них физических свойств примесей переходных металлов, мы рассчитали положения зоны проводимости CB и валентной зоны VB. Физические свойства примесей переходных металлов и их влияние на наноструктур ZnO, рассчитанная нами по формуле [5] представлены в Таблице 1.

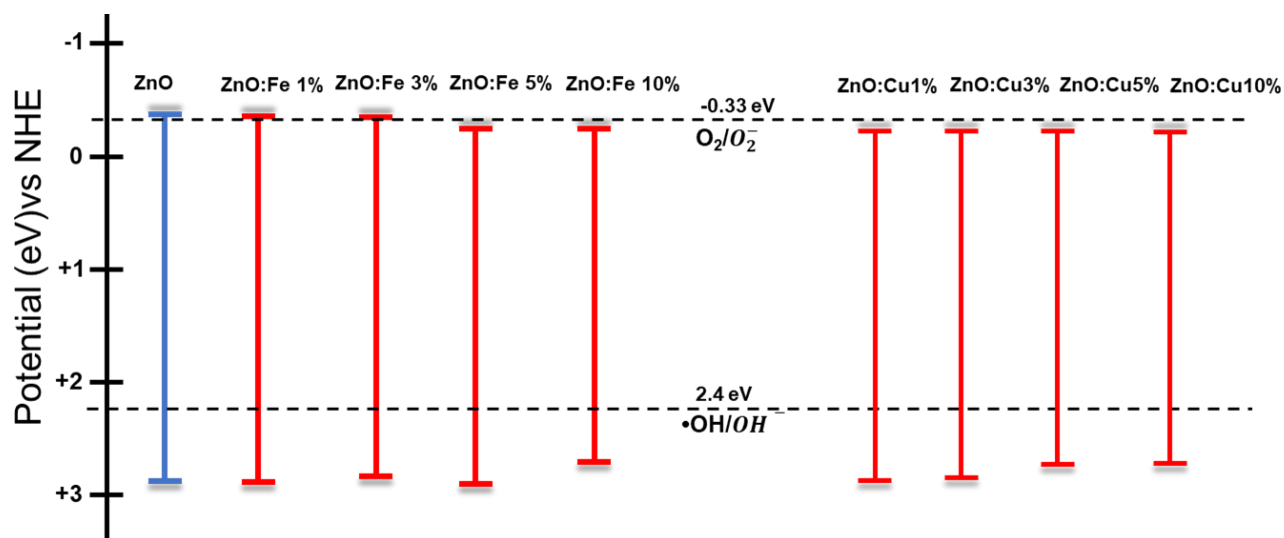


Рисунок 2. Влияние концентрации легирующей примеси на положение CB и VB в ZnO.

На основании расчетных данных расположение положений CB и VB ZnO после легирования ионами Fe и Cu можно схематически представить, как показано на рис. 2. Видно, что увеличение концентрации легирующей примеси приводит к изменению положений зон ZnO, что приводит к изменению его фотокаталитической активности.

Расположение потенциалов CB и VB материала влияет на способность материала окислять или восстанавливать рассматриваемое вещество (H₂O или молекулу красителя). Кроме того, поскольку фотогенерированные дырки и электроны, а также образующиеся впоследствии виды свободных радикалов способствуют разложению органического красителя. Следовательно, снижение

потенциала СВ/VB материала приведет к образованию меньшего количества радикальных частиц, что, в свою очередь, может снизить фотокаталитическую активность.

References

1. S.G. Kumar, K.S.R.K. Rao, Comparison of modification strategies towards enhanced charge carrier separation and photocatalytic degradation activity of metal oxide semiconductors (TiO₂, WO₃ and ZnO), Appl. Surf. Sci. 391 (2017) 124e148.
2. M. Samadi, M. Zirak, A. Naseri, E. Khorashadizade, A.Z. Moshfegh, Recent progress on doped ZnO nanostructures for visible-light photocatalysis. Thin Solid Films **605**, 2–19 (2016).
3. S. Girish Kumar, R. Kavitha, C. Sushma. Chapter 9 - Doped zinc oxide nanomaterials: structure electronic properties and photocatalytic applications. Surface Science of Photocatalysis. Interface Science and Technology. Vol.31., 2020, P.285-312
4. Зацепин Д.А., Чолах С.О., Вайнштейн. Ионная модификация функциональных материалов: Учебник / Д.А.Зацепин, С.О.Чолах, И.А. Вайнштейн. Екатеринбург: ГОУ ВПО УРФУ, - 2014. - 106 с.
5. D. G. Ayu, et.al., S Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Using N-Doped ZnO/Carbon Dot (N-ZnO/CD) Nanocomposites Derived from Organic Soybean ACS Omega 2023, 8, 14965–14984

СПОСОБ ДИФфуЗИОННОГО ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО БОРИРОВАНИЯ СТАЛИ

Л.Г. Сулюбаева, Ж.Б.Сагдолдина, Н.Е.Бердімуратов, Д.Р.Байжан

Научно-исследовательский центр «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова,
пр.Шакарима 148, 070000 Усть-Каменогорск, Казахстан, *E-mail: nurbol.ber@gmail.com

Абстракт

На сегодняшний день сталь является одними из распространенных материалов в машиностроительном производстве для использования в изготовлении деталей и оборудования. Проблема повышения срока службы стальных деталей до сих пор остается актуальной. Есть множество способов обработки сталей где преимущественно используют твердую, газовую и жидкую среду, которые имеют свои достоинства и недостатки. Одним из энергоэффективных и быстрых способов обработки является электролитно-плазменная химико-термическая обработка (ЭПХТО) с термоциклированием. В процессе ЭПХТО с термоциклированием насыщения реализуется циклично за счет энергии передаваемой от металлического анода к деталь-катоде через слой электролита [1]. При прохождении электрического тока через электролит в зависимости от соотношений площадей активного и пассивного электродов, состава, концентрации, объема, скорости потока электролита; глубины погружения электрода в электролит; расстояния между электродами температура электрода достигает температуры кипения электролита, с последующим образованием газа на месте контакта катода и электролита образуя парогазовую оболочку (ПГО) [1-2]. ПГО может обеспечить достижения температуры на поверхности детали до 1100 °С. В ходе нагрева парогазовой оболочки, элементы электролита распадаются и адсорбируются на поверхности стали. Из-за высокой температуры образец претерпевает фазовые превращения с изменением кристаллической решетки и путем внедрения в процессе диффузии активных элементов на поверхность стали. Процесс модификации образцов стали проводился на полупромышленной установке катодной термоциклической электролитно-плазменной обработки, которая была модернизирована в рамках научного проекта государственного финансирования на базе научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова (г. Усть-Каменогорск, РК). Установка ЭПХТО принципиально состоит из источника постоянного тока, электродов (катода и анода), ванны для электролита, крана для регулирования потока электролита и насоса для циркуляции электролита. Ранее установка электролитно-плазменной обработки показала свою эффективность при химико-термической обработки - цементации, азотировании, нитроцементации ряда сталей.

Как известно, чтобы добиться равномерного и глубокого насыщения, сталь подвергают изотермической термической обработке при высоких температурах, при которых она полностью превращается в аустенитную фазу [3]. Но общеизвестным фактом является зависимость скорости диффузий элементов от размера зерна. Чем меньше зерно, тем больше скорость диффузий. Поэтому, в настоящей работе в целях ускорения процесса насыщения поверхности активными ионами насыщающего элемента мы технологию электролитно-плазменной обработки комбинируем термоциклированием. Так в процессе электролитно-плазменного термоциклического борирования (ЭПТЦБ) с фазовыми превращениями снижается рост игл боридов, что приводит к образованию мелко игольчатых боридов, которые способствуют улучшению трибомеханических характеристик материала [4,5].

Из доступной литературы известно, что при ЭПТЦБ углеродистых сталей в окислительной атмосфере (воздух, азот) на поверхности обработанного слоя наблюдаются точечные вспучивания слоя, размеры которых зависят от температуры и количества циклов. Хотя бориды обладают высокой стойкостью к окислению, но кислород проникая межзеренным границам игл боридов, активно окисляет сталь, что в последующем образует оксиды железа FeO и Fe₂O₃. Оксиды выталкивая слой бора, тем самым приводят к повреждению модифицированного слоя [6]. Для избежания процесса окисления имеющейся полупромышленная установка электролитно-плазменной обработки сталей была модернизирована герметичным корпусом с функцией вытяжного шкафа.

Термоциклический процесс насыщения проводили следующим образом: среднеуглеродистую сталь марки 30ХГСА нагревали до температуры образования аустенита γ -фазы 950°C, с последующим охлаждением до температуры окончания превращения $\alpha \rightarrow \gamma$ 680°C. Для роста зерен, последний этап проводили до температуры заковки [4].

Обработка выполнялась в солевых растворах: водный раствор 10% Na₂CO₃ (карбонат натрия) и 10% Na₂B₄O₇·10H₂O (тетраборат натрия) [7].

Образцы были упрочнены при последовательностях напряжений 320V (U₁), 200V (U₂), 180V (U₃), 200V (U₄).

В начальный момент подавалось напряжения 320V 5 секунд для достижения температуры кипения электролита и образования плазмы в ПГО, а последующие значения напряжения подавались для поддержания температуры обработки.

При исследовании структурно-фазового состава модифицированного диффузионного слоя, было установлено что морфологический модифицированный слой состоит из боридов железа- FeB (на поверхности) и Fe₂B, мартенсита+цементита.

Как известно, бронированные слои обладают высокой твердостью, и износостойкостью, что было подтверждено и нашими результатами, так при исследовании образца стали после электролитно-плазменного термоциклического борирования микротвердость образцов стали 30ХГСА после обработки увеличилась в среднем 4 раза, в то время как износостойкость данного образца была увеличена в 3 раза по сравнению с исходными образцами.

Таким образом, результаты проделанных работ показывают, что способ ЭПТЦБ обладает высокими потенциальными возможностями при модифицировании поверхности, стали и насыщения продуктами бора для улучшения таких свойств, как твердость и износостойкость.

Ключевые слова: электролитно-плазменное термоциклическое борирование, обработка стали, парогазовая оболочка, бориды, микротвердость.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP19680473).

Литература

1. М.К. Скаков, Б.К. Рахадиллов, Э.Г. Батырбеков, А.Б. Манапбаева Повышение износостойкости быстрорежущих сталей электролитно-плазменным азотированием Вестник КазНУ. Серия физическая. №1 (48). (2014.)
2. Sagdoldina Z., Zhurerova L., Tyurin Y., Baizhan D., Kuykabaeva A., Abildinova S., Kozhanova R. Modification of the Surface of 40 Kh Steel by Electrolytic Plasma Hardening, Metals. Vol. 12. –P. 2071. DOI: <https://doi.org/10.3390/met2122071>. (2022.)
3. А.М. Гурьев, Л.Г. Ворошнин, Ю.П. Хараев, Б.Д. Лыгденов, С.А. Земляков, О.А. Гурьева, А.А. Колядин, О.В. Попова, Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №2 (ч. 2) (2005)
4. В.К. Федюкин, Термоциклическая обработка металлов и деталей машин ; Машиностроение (1989).
5. D. Baizhan, B. Rakhadilov, L. Zhurerova, Y. Tyurin, Zh. Sagdoldina, M. Adilkanova, R. Kozhanova Investigation of Changes in the Structural-Phase State and the Efficiency of Hardening of 30CrMnSiA Steel by the Method of Electrolytic Plasma Thermocyclic Surface Treatment Coatings, 12, 1696. <https://doi.org/10.3390/coatings12111696> (2022)
6. N. B. Pugacheva and T. M. Bykova, A study of boriding methods, an analysis of the structure and properties of the obtained coatings // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. Iss. 2. – P. 38–60. – DOI: 10.17804/2410-9908.2020.2.038-060 (2020).
7. М.К. Скаков, Э.Г. Батырбеков, Л.Г. Журерова, Технология Плазменно-Электролитического Борирования Поверхности Стали 30ХГСА Вестник КазНТУ Технические науки №3, 377-384 (2015.)

ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ С НЕПРЕРЫВНЫМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Б. Расходжаев^{1,2}, У. Ахмаджонов¹, А. Хамдамов¹, Ж. Шоимов¹, А. Мустакимов²

¹Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии, Узбекистан, 100084, Ташкент, ул. Чингиз Айтматова, д. 2б, корпус 2

²Ташкентский государственный технический институт имени Ислама Каримова, Узбекистан, 700095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2, E-mail: rashodjaev@mail.ru

Аннотация

В работе представлены расходы и экономия традиционных ресурсов при отоплении гелиотеплицы с общей площадью 100 м^2 с использованием установок на основе возобновляемых источников энергии. При проектировании и создании гелиотеплиц с использованием установок на основе возобновляемых источников энергии, согласно нормативным документам, при мощности газового котла 10 кВт , расход газа составляет $1,12 \text{ куб. м}$ в час, при мощности котла на твердом топливе с мощностью 10 кВт с КПД 90% , потребуется мощность 9 кВт/ч . При этом для получения 1 кВт энергии в час, угольный котел будет потреблять $0,2 \text{ кг}$ или $9 \times 0,2 = 1,8 \text{ кг}$ в час угля со средними свойствами топлива. Результаты расчетов показывают, что при отоплении гелиотеплицы с общей площадью 100 м^2 с использованием установок на основе возобновляемых источников энергии в течение сезона мы сможем сэкономить 5 тонн угля и 5644 м^3 природного газа за сезон.

Ключевые слова: гелиотеплица, традиционные ресурсы, возобновляемые источники энергии, газовый котел, котел, эффективность

1. Введение

За последние годы в Узбекистане было построено много промышленных теплиц для выращивания большого количества сельскохозяйственных культур. В этом аспекте земельные участки от 1 до 20 сотых фермеров и индивидуальных потребителей остаются безвнимания или заброшены из-за отсутствия энергии [1-3].

Согласно нормативным документам, чем больше площади теплицы, тем больше требуется расход энергоресурсов [4].

Основываясь на опыте зарубежных стран Китая, Нидерландов, Кореи, Испании, Венгрии, Франции и стран других мира, которые эффективно используют теплицы, необходимо обратить внимание на рациональное использование земельных площадей и ресурсов возобновляемых источников энергии [5,6].

Разработка и внедрение эффективной тепловой системы с использованием технологий возобновляемых источников энергии для экономии энергии и водных ресурсов в сельскохозяйственных теплицах на территории нашей республики является сегодня одной из актуальных задач.

Целью наших исследований является обоснование возможности использования и внедрения установок на основе возобновляемых источниках энергии для бесперебойного энергоснабжения гелиотеплиц в засушливых, в том числе горных и сельских регионах.

2. Оформление рукописи

В рамках международного проекта «Узбекистан-Китай» по теме «Исследование и внедрение основных технологий системы экологически чистого энергоснабжения для экономии энергии и воды в сельскохозяйственных теплицах в засушливых регионах» на полигоне, сотрудниками Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики ведется строительство энергоэффективных гелиотеплиц.

Для обеспечения непрерывной энергией сельскохозяйственной теплицы площадью 100 м^2 в засушливых регионах с использованием ключевых технологий возобновляемых источников энергии мы проектируем фотоэлектростанцию с номинальной мощностью 5 кВт и биогазовую установку с объемом загрузки отходов животноводства (навоз, помет и др.) в объеме 3 тонн .

Расход газа. В таблице 1 приведен расход газа для сравнения с энергией получаемой от установок на основе традиционных источников энергии, согласно СНиП для получения 1 кВт энергии приводится расход газа [7].

№	Наименование топлива и стандартные расходы			
1.	Газ	Теплота сгорания 1 м ³ природного газа	Стандартный параметр, заявленный в документах	Справочный параметр
		33,08 МДж	1 кВт/ч = 3,6 МДж	33,08 / 3,6 = 9,1 (кВт)

Расход угля, теплота сгорания 1 кг твердого условного топлива равен 7000 ккал, соответствует 29307,6 кДж. Это значение приближенно эквивалентно теплоте сгорания в 1 кг каменного угля. В зависимости от вида 1,0 кг каменного угля содержится 7-8 кВт энергии [8].

В результате наших исследований, при проектировании и создании гелиотеплиц с общей площадью 100 м², согласно нормативным документам, при мощности газового котла 10 кВт расход газа составляет 1,12 куб. м газа в час. Мощность котла на твердом топливе с 10 кВт с КПД 90%, что требует 9 кВт/ч. При этом для получения 1 кВт энергии в час, угольный котел будет потреблять 0,2 кг или $9 \times 0,2 = 1,8$ кг в час угля со средними свойствами топлива в течение сезона. Результаты расчетов показывают, что мы можем сэкономить 5 тонн угля и 5644 м³ природного газа за сезон.

3. Заключение

Таким образом, гелиотеплицы с непрерывным энергоснабжением на основе технологий возобновляемых источников энергии могут найти широкое применение среди фермерских хозяйств и потребителей, проживающих в засушливых регионах нашей республики вдали от электричества, а также среди потребителей сельских горных регионов.

Литература

- Захидов Р.А., Лутпуллаев С.Л. Мировые тенденции в развитии альтернативной энергетики и задачи Узбекистана в освоении возобновляемых источников энергии // Гелиотехника. №1. 2015. - С.55-69.
- Исаев С.М., Садыков Ж.Д. Математическая модель регулирования процесса теплообмена в гелиотеплицах // Гелиотехника. №2. 2014. – С. 43-51.
- Rasakhodzhaev, B., Makhmudov, S., Muminov, F. Selection of a heating system based on climatic conditions of Uzbekistan and on calculations of the technical and economic indicators of alternative systems: A case study of the solar greenhouse with a transformable building IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 939(1), 012003.
- КМК 2.09.08-97 «Теплицы и парники» / ЎзР Курилиш вазирлиги – Тошкент, 1997й.
- Аллаев К.Р. Энергетика нуждается в стратегии // Экономическое обозрение. – Ташкент, 2018. – №6(222). – с. 40-47.
- Исманжанов А.И., Клычев Ш.И., Расаходжаев Б.С. Солнечные установки для индивидуального пользования в сельской местности и в горных регионах. Российская Федерация. Изд. НОО «Профессиональная наука». 2020г. 131с.
- <https://cosmo-frost.ru>
- <https://www.urm-company.ru>
- Расаходжаев Б.С., Адылов Ч.А., Токонова Т.С., Райымбаев Ж.Ч. Оценка энергоэффективности гелиотеплиц с трансформируемым (регулируемым) корпусом. Наука. Образование. Техника. №3 (69). Ош.2020. - С.36-45.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ИХ ВНЕДРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА УЗБЕКИСТАНА

Ю. К. Рашидов

*Ташкентский архитектурно-строительный университет,
Ташкент, Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru*

Аннотация

Выполнен анализ современного состояния и намечены пути дальнейшего совершенствования систем солнечного теплоснабжения с целью обеспечения их широкомасштабного внедрения в условиях резкоконтинентального климата Узбекистана.

Ключевые слова: солнечное теплоснабжение, плоский коллектор, вакуумированный коллектор, аккумулятор, эффективность, внедрение.

Введение. В Указе Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года № УП-220 [1] предусмотрено: «...начиная с 1 января 2023 года при проектировании и введении в эксплуатацию всех строящихся новых и реконструируемых учреждений образования, здравоохранения, культуры и туризма, общественного питания, объектов оказания услуг, спортивных комплексов, многоквартирных жилых домов, подключаемых к локальным системам теплоснабжения, общая площадь которых превышает одну тысячу квадратных метров, вводится требование обеспечения покрытия не менее 25 процентов объема потребления горячей воды путем установки солнечных водонагревательных устройств...».

Широкомасштабное внедрения систем систем солнечного теплоснабжения (ССТ) в условиях резкоконтинентального климата Узбекистана требует решения ряда специфических задач, связанных с обеспечением надёжной, безаварийной и высокоэффективной работой гелиотехнического оборудования и в первую очередь солнечных водонагревательных коллекторов (СВК) и водяных стратификационных тепловых аккумуляторов [2-4]. К этим задачам, в частности, относятся такие как защита СВК от замораживания в них теплоносителя в зимний и от его закипания летний период года, удаления пыли с поверхности СВК, обеспечение хорошей и устойчивой температурной стратификации горячей воды в аккумуляторных баках и другие.

Рекомендации по практическому решению данных задач при проектировании и строительстве ССТ в климатических условиях Узбекистана, в частности, установок солнечного горячего водоснабжения, приведены в КМК 2.04.16-18 [2-4], а также в "Пособии по проектированию новых энергосберегающих решений установок солнечного горячего водоснабжения" [5]. Однако, многие организации, занимающиеся в настоящее время в республике внедрением ССТ в практику, такие как ООО «TEXNOPARK», ООО «MIR SOLAR», ООО «All Solar», ООО «Solar Nature», ООО «SUN-HIGHTECH» и др., осуществляют монтаж данных установок без предварительной разработки и утверждения соответствующей проектной документации на основе КМК 2.04.16-18 [2-4]. Объясняется это в основном стремлением многих учреждений, упомянутых в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-220 [1], в быстром, но к сожалению, в большинстве случаев, формальному исполнению его требований.

При этом на объектах без проведения соответствующих расчётных и проектных работ устанавливаются, как правило, готовые дорогостоящие многоконтурные модули гелиоустановок с самостоятельными баками-аккумуляторами с термосифонной или насосной циркуляцией. Тепловая мощность таких систем обычно не соответствует необходимой требуемой мощности для потребителя и покрывается дополнительным электрическим или газовым дублирующим тепловым генератором. Не осуществляется поиск простых, надёжных, оригинальных, дешёвых и высокоэффективных технических решений ССТ, приемлемых для климатических условий республики. Не организован мониторинг возводимых в республике ССТ и обобщение опыта их строительства и эксплуатации.

Целью работы является анализ современного состояния строительства и монтажа ССТ и установок солнечного горячего водоснабжения, а также определение перспективных путей дальнейшего их совершенствования и внедрения в условиях резкоконтинентального климата Узбекистана.

Методика проведения исследований. Анализ современного состояния и определение путей дальнейшего совершенствования систем солнечного теплоснабжения и их внедрения в условиях резкоконтинентального климата Узбекистана было осуществлено на основе изучения результатов, законченных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, анализа и обобщения многолетнего отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации ССТ и установок солнечного горячего водоснабжения. При этом были также учтены последние научные достижения, опубликованные в научно-технической литературе, посвященные вопросам повышения эффективности работы солнечных коллекторов в реальных условиях их эксплуатации и совершенствования режимных параметров гелиоустановок в различные периоды года.

Результаты. Солнечное теплоснабжение в мире является вторым по объемам использования видом возобновляемых источников энергии [6].

В 2022 г. по данным австрийского Института прикладных исследований AEE INTEC установленная мощность солнечных коллекторов в мире составила 542 ГВт (774 млн. м²) с годовой выработкой тепловой энергии 442 ТВт·ч [6] (рис.1.).

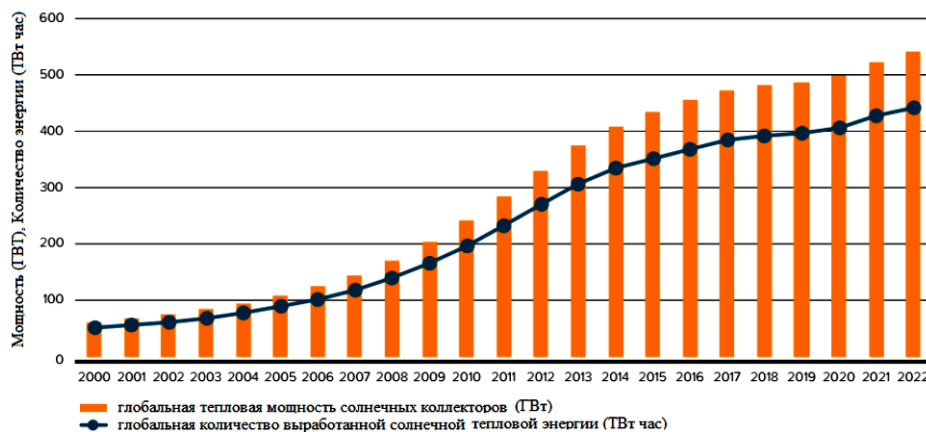


Рисунок 1. Общая установочная тепловая мощность (ГВт) эксплуатируемых солнечных коллекторов в мире и количество годовой выработки тепловой энергии (ТВт час) в 2000-2022 годах [6]

Следует отметить, что данным Институтом по заданию Международного энергетического агентства (МЭА), начиная с 2005 года [6], ежегодно публикуется статистика по различным солнечным системам стран мира. К сожалению, по Узбекистану такая статистика вообще отсутствует, хотя в последние годы в республике осуществлено строительство нескольких крупных солнечных электростанций (мощностью по 100 МВт), которые могли бы занять достойное место среди других солнечных объектов.

При строительстве ССТ применяются жидкостные и воздушные солнечные коллекторы (СК) [6]. В странах с резкоконтинентальным климатом, к которым относится Узбекистан, недостатком жидкостных СК считается их подверженность механическому повреждению и выходу из строя вследствие замерзания в них теплоносителя зимой или его закипания летом в режиме стагнации (при остановке циркуляционного насоса во время аварийного отключения подачи электричества), когда происходит чрезмерное повышение давления в гелиоконтуре как за счёт кипения теплоносителя, так и за счёт гидравлических ударов [7, 8].

В мировой практике наибольшее применение получили плоские (ПСК) и трубчатые вакуумированные солнечные коллекторы (рис.2.) [9-12].

В 2017 г. в мире было установлено 71,8% солнечных коллекторов – трубчатого вакуумированного типа (рис.2, а) [9, 10]. При этом ПСК в 2017 г занимали второе место по применению в мире – 23,7%.

В 2021 году вакуумные трубчатые коллекторы в мире составляли 59% от вновь установленной мощности, за которой следует ПСК с долей 34%.[6].

Таким образом, следует отметить, что доля вакуумных трубчатых коллекторов во всем мире за 10 лет сократилось примерно с 82% в 2011 г. до 59% в 2021 г., и в то же время ПСК увеличили свою долю почти с 15% до 34% [6].

а)

б)



Рисунок 2. Распределение установленных солнечных коллекторов по их типам в мире (а) и в Европе (б) [9-12]

В Европе ситуация почти обратная: доля ПСК сократилось с 81% в 2011 году до 72% в 2021 году. Напротив, доля вакуумных трубчатых коллекторов в Европе увеличились в период с 2011 по 2021 год с 16% до 28% [6]. Таким образом в будущем можно ожидать равную степень практического применения как плоских, так и трубчатых вакуумных СК.

По принципу действия жидкостные гелиоустановки подразделяют на термосифонные, работающие без насоса за счет разности плотностей воды в СК и в баке-аккумуляторе, а также на насосные. На насосные системы установленные в мире в 2021 году приходится 62%, а на термосифонные гелиоустановки только 38 % [6]. Следует заметить, что 10 лет назад, т.е. 2011 году во всем мире более трех четвертей (75%) всех установленных гелиоустановок являлись термосифонными системами, а остальные (25%) насосными [13]. Таким образом в будущем можно ожидать равную степень применения как насосных и термосифонных гелиоустановок.

Необходимо отметить, что в настоящее время в мире обнаружилась тенденция к росту количества крупных систем централизованного солнечного теплоснабжения [14]. Если раньше основную массу солнечных водонагревателей составляли установки горячего водоснабжения индивидуальных домов, то в 2017 году в мире насчитывалось 300 установок с площадью солнечных коллекторов более 500 м² (мощностью >350 кВт) общая площадь коллекторов в них – 1648 тыс. м². В 2022 году было построено 41 новая крупномасштабная система солнечного отопления с общей мощностью 178 МВт. К концу 2022 года 571 крупномасштабная солнечная тепловые системы работали по всему миру. Общая установленная мощность этих систем составила 2 148 МВт, что соответствует площади коллектора 3,1 млн м² [6].

В крупных системах централизованного солнечного теплоснабжения при наличии обслуживающего персонала значительно проще и эффективнее, по сравнению с многочисленными мелкими индивидуальными установками, решаются вопросы эксплуатации, в частности защита СК от замерзания теплоносителя зимой и закипания летом, удаление пыли и т.д.

Положительный опыт проектирования и строительства крупномасштабных систем централизованного солнечного теплоснабжения в республике имеется давно [15, 16]. В апреле 1986 г. на массиве Водник (г. Ташкент) была запущена в эксплуатацию солнечно-топливная котельная, разработанная институтом ТашЗНИИЭП, с общей площадью солнечных коллекторы 902,7 м², которая после реконструкции и замены СК в 2002 г. рамках проекта TaciS находится в эксплуатации до настоящего времени. Эта установка предназначена для обслуживания жилого микрорайона с населением около 5 тыс. человек. Однако в дальнейшем этот опыт не получил должного развития и распространения вследствие своей не востребованности и определенных экономических трудностей, которые имели место в республике в конце прошлого века. Возводимые в настоящее время в республике ССТ имеют небольшие (менее 500 м²) общие площади устанавливаемых СК.

Заключение. Для дальнейшего совершенствования ССТ и их внедрения в условиях резкоконтинентального климата Узбекистана можно наметить следующие пути:

1. Организовать статистический мониторинг возводимых в республике объектов ССТ с составлением их энергетического паспорта (единого образца), включающего его проектные, а также реальные эксплуатационных характеристики, определяемые инструментальными замерами.
2. Обязать все организации, занимающиеся внедрением ССТ в практику приступать к строительно-монтажным работам только при наличии проектной документации, разработанной в соответствии с требованиями КМК 2.04.16-18, а также энергетического паспорта ССТ.

3. Для обеспечения широкомасштабного внедрения крупных систем централизованного солнечного теплоснабжения с площадью солнечных коллекторов более 500 м² (мощностью >350 кВт) следует разработать и внести соответствующие изменения и дополнения в КМК 2.04.16-18.

4. Необходимо организовать изучение и обобщение опыта проектирования, строительства и эксплуатации ССТ в климатических условиях Узбекистана.

Литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года № УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности». <https://lex.uz/ru/pdfs/6189043>.
2. Рашидов Ю.К., Асанова С.К. Пути совершенствования строительных норм и правил «Установки солнечного горячего водоснабжения» Республики Узбекистан. The scientific heritage. 2022, №98, pp. 75-85.
3. Рашидов Ю.К., Суръатов Х.Т. Основные пути дальнейшего совершенствования КМК «Установки солнечного горячего водоснабжения» Архитектура, строительство. Дизайн. ТАСИ, 2022, №3. С.167-177.
4. Рашидов Ю.К. Основные пути дальнейшего совершенствования строительных норм и правил «Установки солнечного горячего водоснабжения» с целью широкомасштабного внедрения инновационных решений для повышения энергоэффективности проектируемых гелиоустановок в климатических условиях Узбекистана. Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. Махсус сон. 2022 й. №82, 86-103 бет.
5. Рашидов Ю.К. «Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений установок солнечного горячего водоснабжения». Международная конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» 22–23 сентября 2020 г. Ташкент, ФТИ НПО «Физика-Солнце», Секция III. стр.124–129, 2020.
6. Weiss W., Spörk – Dür M. “Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2022. Detailed Market Figures 2021. 2023 edition”. Available: <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2023.pdf>.
7. Rashidov Yu.K., Sultanova Sh. Yu., Sur'atov Kh.T. Increase in Dependability and Efficiency of Self-Draining Water Systems of Solar Heat Supply// Applied solar energy (Geliotekhnika). – Allerton Press. Inc. – New York (USA), 2017. – vol. 53, No. 1, pp. 16–22.
8. Рашидов Ю.К. Самодренируемые гелиоустановки атмосферного типа: способы защиты от гидравлических ударов// Гелиотехника.- 2017, Том 56, №12, с.128-140.
9. Rashidov Y. K., Volkova K.V. Energy-Efficient Solar Heat Supply Systems Buildings Based on Vacuum Collectors. Cite as: AIP Conference Proceedings 2762, 020009 (2022).
10. Рашидов Ю.К., Волкова К.В. Энергоэффективные системы солнечного теплоснабжения жилых и общественных зданий на основе вакуумных коллекторов/ Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции 14 – 17 сентября 2020 г. – Севастополь: СевГУ, 2020. с.485-490.
11. Рашидов Ю.К., Волкова К.В. Энергоэффективные системы солнечного теплоснабжения на основе вакуумных коллекторов. Me'morchilik va qurilishmuammolari (ilmiy-texnik jurnal). СамДАКИ, 2020, №3, с.51-54.
12. Rashidov Y. K., Volkova K.V. Energy-efficient solar heat supply systems buildings based on vacuum collectors. Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal)”. Самарканд, СамГАСИ 2022 год, 24 мая.- с.69-71.
13. Franz Mauthner and Werner Weiss. Solar Heat Worldwide Markets and Contribution to the Energy Supply 2011. EDITION 2013. <https://www.aee-intec.at/0uploads/dateien932.pdf>.
14. Фрид С.Е. Современные солнечные коллекторы: типичные параметры и тенденции их изменения/ С.Е. Фрид, Н.В. Лисицкая// Гелиотехника. – 2018. – №2. – С.27-37.
15. Насонов Е.А., Крюкова Т.И., Авезов Р.Р., Рузимурадов Б. Результаты испытаний солнечно-топливной котельной// Гелиотехника.- 1988, №3, с.69-75.
16. Zakhidov R.A., Rashidov Yu.K. and Tadzhiev U.A. “Design Practice and Utilization of Solar Heat Supply Systems in Uzbekistan,” Applied Solar Energy, vol. 30, no. 5, pp. 46–52, 1994.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Ж. Ахадов¹, К. Самиев², М. Zhao³, Y. Liu³, Б. Расаходжаев¹

¹Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии 100084, ул. Чингиз Айтматова 2Б, корпус-2. г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: ahadovj@mail.ru;

²Физико-технический институт, 100084, ул. Чингиз Айтматова 2Б, корпус-2. г. Ташкент, Узбекистан.;

³Inner Mongolia University of Technology of the Ministry of Science and Technology of the People's Republic China;

Аннотация

В данной работе приведены результаты исследования по использованию солнечных параболических концентрирующих систем для отопления типовых жилых домов в натуральных условиях. Для исследования выбраны типовые коттеджи расположенные на полигоне Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии (ННИИ ВИЭ). Результаты исследований показывают, что при применении систем на основе солнечных параболических концентрирующих устройств для отопления типовых жилых домов с тепловой защитой первого уровня можно уменьшить теплопотребление в зависимости от климатических условий до 150 кВт час/м² в год.

Ключевые слова: солнечный параболический концентратор, тепловая энергия, типовой дом, теплый пол, производительность тепло, удельная теплопотребления здания.

Для применения автономных солнечных концентрирующих систем в отрасли экономики имеются ряд эффективных технических решений, для разной производственной линии подачи горячего пара, в кухнях для приготовления пищи на основе высокотемпературного пара или высокотемпературного теплоносителя в домохозяйстве отопление помещения и домов [1,2].

В Узбекистане рассмотрены ряд задач по использованию солнечных концентрирующих систем [3-5].

В зарубежных странах изучены некоторые модели систем отопления и охлаждения через полы и радиаторы на основе использования солнечных концентрирующих систем [6-9].

Учитывая проведенный анализ, исследованы тепловые системы на основе солнечных параболических концентраторов для отопления типовых жилых домов в натуральных условиях. Для исследования были выбраны типовые коттеджи, расположенные на полигоне Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетике Республики Узбекистан.

На основе солнечных концентрирующих установок нами разработана принципиальная схема системы отопления типовых жилых домов.

На рисунке 1 представлены системы отопления по принципиальной схеме «теплый пол» и радиатор.

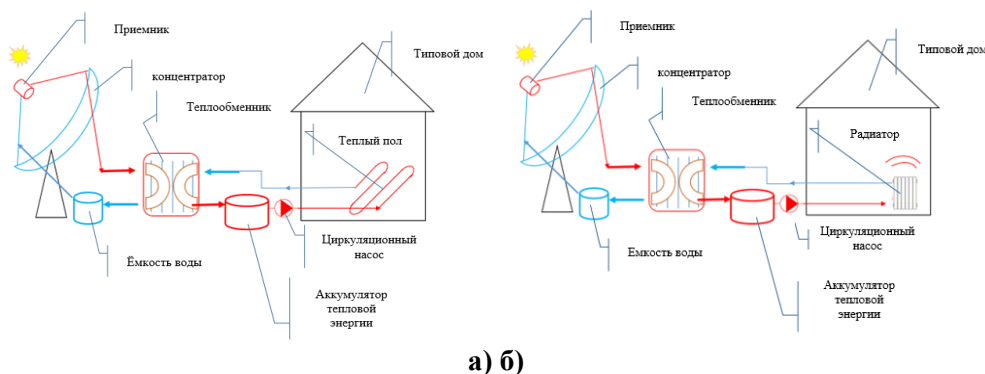


Рис.1. Принципиальная схема системы отопления «теплый пол» (а) и через радиатор (б).

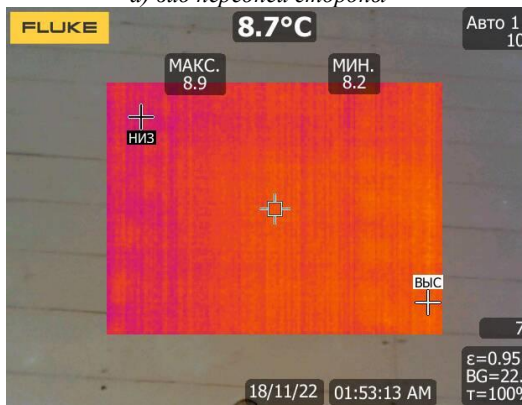
На полигоне ННИИ ВИЭ, имеются три типовых коттеджа с разными параметрами систем отопления. Для исследования нами были выбраны два типа коттеджей с одинаковыми размерами, но с разными системами отопления. В выбранных двух коттеджах имеются тепловые системы с угольными котлами. Нами проведены расчеты для определения удельных теплотреблений зданий. Для проведения экспериментов нами определены оптимальные размеры параболического концентратора для системы отопления. При этом в первом коттедже используется система отопления с радиаторами и деревянными полами, а во втором коттедже - система отопления без радиатора и с тёплым полом. Общий вид коттеджей и результаты измерений тепловой нагрузки на полах типовых жилых домов в натуральных условиях представлены на рисунке 2.



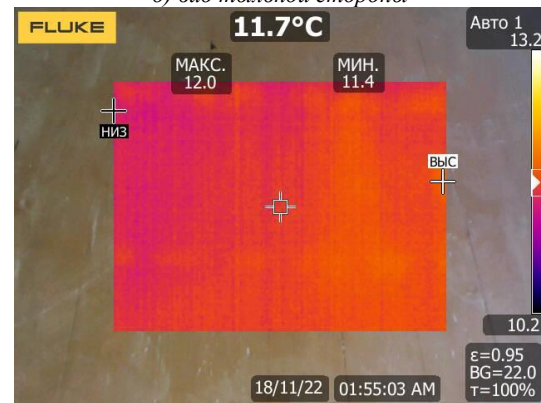
а) вид передней стороны



б) вид тыльной стороны



а) коттедж с деревянным полом



б) коттедж с теплым полом (ламинат)

Рис.3. Результаты измерений тепловых нагрузок на полах в типовых жилых домах в натуральных условиях.

Как видно из рисунка 3, результаты исследований показывают, что температуры на поверхности полов в комнате коттеджа с радиаторной системой теплоснабжения на солнечной стороне с деревянным полом, и температуры полов в комнате коттеджа без радиатора на солнечной стороне с системой теплоснабжения с теплым полом отличаются. При этом средняя температура системы теплоснабжения теплого пола намного выше, чем средняя температура системы теплоснабжения от деревянного пола. Это обусловлено большими тепловыми потерями в тепловых системах в комнатах коттеджа с деревянным полом.

Для исследования применения системы отопления на основе солнечных концентрирующих устройств для отопления типового жилого дома мы определили тепловые характеристики расчётным путем с помощью теплового баланса [10] для зданий. Тепловыделение (теплопоступления от внутренних источников тепла) определено уравнением [11]. Теплопоступление от теплых полов определено уравнением [12], а коэффициент теплопередачи от воды теплого пола к внутрикомнатному воздуху – уравнением [13].

Зависимости удельного теплотребления здания от диаметра солнечного концентратора показана на рисунке 4.

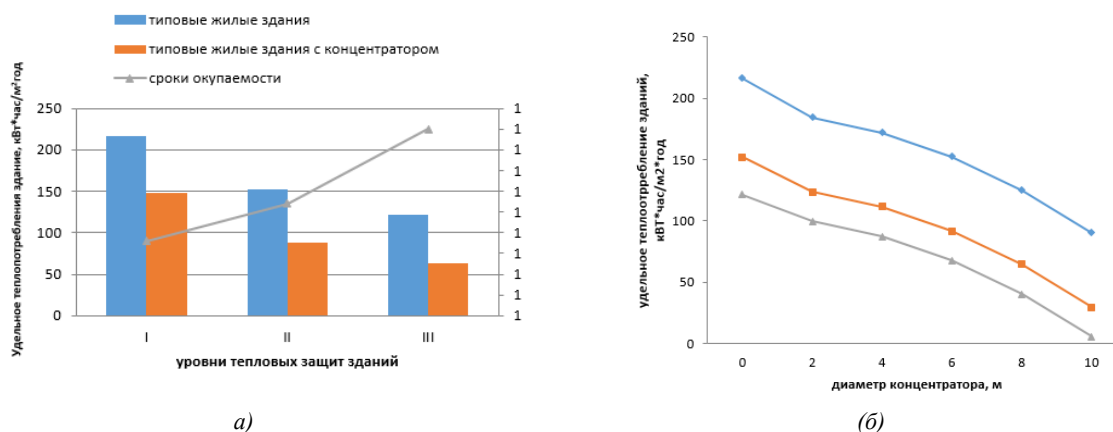


Рис.4. Зависимости удельного теплопотребления здания (а) от диаметра солнечного концентратора (б).

Полученные результаты исследований показывают, что при применении систем на основе солнечных параболических концентрирующих устройств для отопления типовых жилых домов с тепловой защитой первого уровня можно уменьшить теплопотребление в зависимости от климатических условий до 150 кВт час/м² в год. Это достаточно большое количество энергии, которое расходуется для отопления типовых жилых домов.

Литература

1. Rafae Figaj, Maciej Zoeadek. Experimental and numerical analysis of hybrid solar heating and cooling system for a residential user // Elsevier, Renewable Energy 172 (2021) 955967 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.091>
2. Qingqing Li, Ye Zhang, Tieming Guo, Jianhua Fan, Development of a new method to estimate thermal performance of multilayer radiant floor // Journal of Building Engineering 33 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101562>
3. Абдурахманов А.А., Ахадов Ж.З. и другие Концентрирующие системы и выбор оптимальных параметров лучевоспринимающей поверхности //Гелиотехника, 2004. - № 3. –С.62.
4. Ш.И.Клычев Концентрирующие характеристики системы эллипсоидный концентратор – источник излучения в оптической среде// Гелиотехника. 2016. №2 С.54-58.
5. А.А. Абдурахманов, А.А.Кучкаров, Ж.З.Ахадов, М.А.Маматкосимов. Оптимизация оптико-геометрических характеристик зеркально-концентрирующих систем. Гелиотехника 2014. №.4. ст.67
6. Lun Zhang, Xiao-Hua Liu, Yi Jiang. Simplified calculation for cooling/heating capacity, surface temperature distribution of radiant floor // Energy and Buildings. © 2012 Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.026>
7. Guobing Zhou, Jing He. Thermal performance of a radiant floor heating system with different heat storage materials and heating pipes // Elsevier Applied Energy (2014) 0306-2619/ 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.058>
8. Markus Koschenz, Viktor Dorer. Interaction of an air system with concrete core conditioning // Elsevier Science Energy and Buildings 30 1999 139–145.
9. Qing-qing Li, Chao Chen, Ye Zhang, Jie Lin, Hao-shu Ling. Simplified thermal calculation method for floor structure in radiant floor cooling system // Elsevier, Energy and Buildings 74 (2014) 182–190
10. Jan f. Kreider, Peter S. Curtiss, Ari Rabl. Heating and cooling of buildings 2010 by Taylor & Francis Group, LLC.
11. Li Q., Zhang Y., Guo T., Fan J. Development of a new method to estimate thermal performance of multilayer radiant floor // Journal of Building Engineering 33 (2021) 101562.
12. Малявина Е. Г. Теплопотери здания // Москва «АВОК-ПИРЕСС» 2007г.
13. КМК 2.01.04-2018 “Строительная теплотехника”, Ташкент, 2018.

STUDY ON THE MICROCLIMATE EFFECTS OF PHASE CHANGE RADIATION ARRAY TUBES ON THE HEAT OF ARCHED GREENHOUSES

M. Zhao ¹, Y. Liu ^{1*}, R. Yu ¹, Z. Han ², B. Rasakhodzhaev³, J. Akhadou³

¹ School of Energy and Power Engineering, Inner Mongolia University of Technology, 01000 Hohhot, China,
*E-mail: LYJ199709293012@163.com

² School of Physics and Intelligent Manufacturing Engineering, Chifeng University

³ National Scientific Institute of Renewable Energy Source Under Ministry of Energy of the Republic of
Uzbekistan, Bodomzor yoli Str., 2-B, 100084 - Tashkent, Uzbekistan.

Abstract

The crop yield in arched greenhouses is influenced by the stratum and ambient temperature. In order to address the issue of temperature imbalance caused by solar radiation, the application of phase change radiation array tubes in greenhouses is proposed. The study focused on the addition of phase change materials to the array tubes and analyzed their impact on the formation and changes in microclimate temperature. A 10-day experiment was conducted, with a test group and a control group. To monitor the results, the ground was divided into 6 areas at depths of 10cm, 30cm, and 50cm, while the height of the greenhouse center was at 0cm, 30cm, 60cm, 90cm, 120cm, 150cm, and 180cm. By combining experiments and simulations, it was confirmed that the heat exchanger device can actively regulate the thermal environment in the greenhouse. The findings indicate that heat exchangers using working fluids can effectively enhance the stability of soil temperature and play a role in regulating indoor air temperature by "shifting the peak and filling the valley."

Key words: Arched greenhouse; Solar radiation array tube; thermal storage medium; Phase change materials

1. Introduction

Creating an ideal growth environment for plants is the main purpose of a greenhouse, which is a specialized facility [1,2]. Extending the crop growing season and improving yield and quality are some of the benefits of using greenhouses [3]. By manipulating factors such as temperature, humidity, and light, greenhouses can regulate the environment to optimize crop growth [4,5]. With their role in modern agriculture, energy-efficient and smart greenhouses are of great significance in improving agricultural production efficiency and quality, contributing to economic and social progress [6,7].

This study proposes the application of a solar radiation array tube assembly in an arched greenhouse to solve the issues of large day-night temperature difference and low formation temperature in the greenhouse microclimate [8]. The main principle is to convert daytime shortwave radiation energy into heat storage using phase change materials (PCM) within the array tubes, while at night, the high-temperature PCM releases heat to the indoor air through the array tube walls, thereby raising the minimum temperature and ensuring a constant temperature effect in the arched greenhouse [9]. This passive heating technology effectively reduces the reliance on external energy and achieves energy savings. To enhance the absorption of solar radiation, a heat-absorbing coating made of black nitro resin paint (NC) was applied to the surface of the array tubes. Experimental results demonstrate that the use of PCM can increase the minimum temperature at night. Several countries have adopted solar heat storage technology in arched greenhouses to maintain a constant indoor temperature. For instance, M Kumar [10] conducted an investigation and evaluation that showed the use of solar heat storage technology in greenhouses can enhance crop yields and ensure sustainable and environmentally-friendly energy production. W Lu [11] developed a water-tank model as a heat storage medium, converting solar radiation into heat and storing it in the tank to supplement nighttime greenhouse heating in winter, thus raising the night temperature. L Gourdo et al. [12] designed a black plastic sleeve solar heating system for nighttime greenhouse heating, which increased the average night temperature by 3.1°C compared to the control group. H Ling [13] proposed a heating system that combines PCM and a solar concentrator to provide constant temperature heating for greenhouses. Experimental results demonstrated the significant role of PCM in the constant temperature heating process of greenhouses. The application of heat storage heating technology to greenhouses in this experiment is of great significance for the cross-seasonal development of greenhouse agricultural planting.

The process of heat storage and warming in a greenhouse using phase change radiation array tubes can be described as follows: The heat exchange tubes are divided into an aboveground segment and an underground segment. In the daytime, the aboveground section of the phase change radiation array tubes absorbs solar radiation and the warm air present in the greenhouse. The working medium inside the tubes absorbs this heat, causing the temperature to rise. Through the vertical heat transfer mechanism of the array tubes, the underground section of the tubes absorbs a greater amount of heat, attaining higher temperatures and transferring the energy to the soil beneath. During the night, the accumulated heat in the array tubes and soil layer is released to the greenhouse air through the walls of the tubes. This phase change radiation array tubes system effectively harnesses solar energy resources and regulates the thermal environment of the greenhouse, smoothing out temperature fluctuations.

2. Materials and Methods

2.1. Description of the experimental process

The experimental process primarily consists of four stages: 1. Construction of the experimental model, 2. Preliminary test arrangements, 3. Fundamentals of the experimental procedure, 4. Processing and analysis of the collected data.

The initial stage involves determining the dimensions and orientation of the test arched greenhouse. To mitigate potential experimental errors caused by shadowing from solar radiation and differing initial environmental conditions among the test groups, the spacing between the arched greenhouses in the experimental group was simulated. A suitable greenhouse spacing was set to address this interference during the testing process. Additionally, the selection of materials, optimization of tube sections, dimension design, and layout of the greenhouse film and array tubes were conducted. For this experiment, a PE material with a 2mm wall thickness, a heat transfer coefficient of $7.35\text{--}7.5\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$, and a light transmittance of 80%–90% was chosen for the greenhouse film. The selection of the array tube took into account factors such as thermal conductivity, corrosivity, and cost-effectiveness, resulting in the use of aluminum as the material.

The second stage focuses on the arrangement of measurement points. Firstly, the measuring points in both the test and control groups were divided into 6 regions. Each region was equipped with temperature measurement points at depths of 10cm, 30cm, and 50cm. This resulted in a total of 18 measuring points, providing temperature readings at different depths within each region. Secondly, seven measuring points were placed at distances of 0cm, 30cm, 60cm, 90cm, 120cm, 150cm, and 180cm from the ground to monitor temperature changes in the greenhouse microclimate. Prior to the installation of the array tube in the test group, a conformity test was conducted to ensure that the initial conditions between the test and control groups were well-matched. Following the arrangement of the array tubes, data acquisition for a period of 5 days was initiated.

During the third stage, the test data results were analyzed to compare and examine the differences in stratum temperature between the test group with array tubes and the control group without array tubes. This analysis aimed to investigate the impact of the array tubes on stratum temperature. The array tube utilized a phase change material (PCM) as a heat storage medium, and the test was conducted over a 5-day period. By analyzing and comparing the temperature measurements taken at different heights in the microclimate of the test group and the control group, the influence of the array tubes on the microclimate temperature inside the arched greenhouse was explored. The findings were then summarized to identify the patterns and changes in both the stratum temperature and microclimate temperature.

2.2. Test model establishment

The test model consists of an arch greenhouse with dimensions as follows: 3 meters in length on the east and west sides, 2 meters in width on the north and south sides, and a 1-meter radius for the arch section, as depicted in Figure 1. To simulate the shadows cast by the arch greenhouse at various times during the test period, input parameters such as the model values, latitude and longitude of the site (40.48°N , 111.41°E), and the time zone (+8) were entered into the Comsol software. This allowed for the simulation of shadow changes over the course of one day. The simulated shadows are presented in Figure 2. Shadow change maps were exported every 2 hours, ranging from 6:00 to 18:00 (sunset time). The figure illustrates that the longest interference shadow cast by the arch greenhouse in the north-south direction occurs at 14:00, with a shadow size of $0.68\text{ m} < 2\text{ m}$. Consequently, the interference of shadows on the test can be effectively avoided.

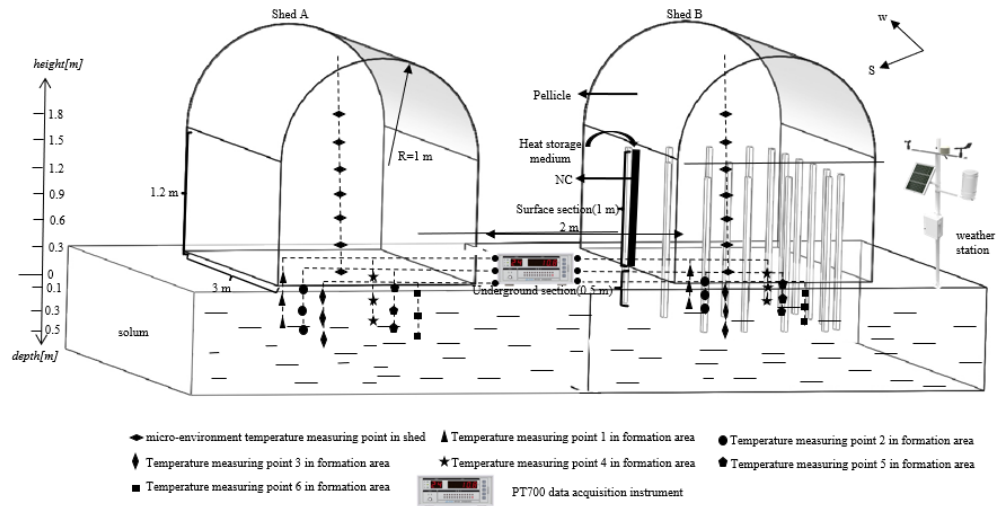


Figure 1. Model layout diagram

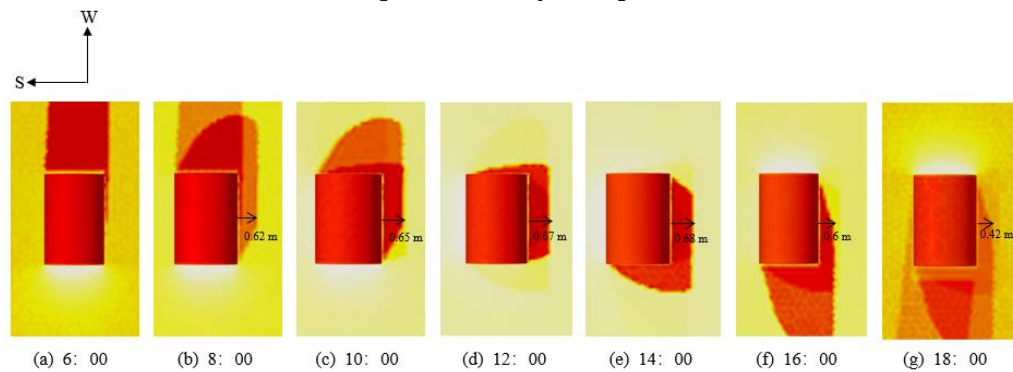


Figure 2. Arch greenhouse shadow interferogram

2.2. Test model establishment

To ensure accurate test results and avoid errors caused by variations in soil properties, the soil in both the test and control greenhouses underwent processes of loosening and drying. Additionally, measures were taken to protect the measuring point probes from radiation interference to minimize testing errors. Subsequently, the steel skeleton was constructed and assembled, and it was placed in a pit slot. The main structure was completed by building a greenhouse around the outer surface of the skeleton. The arrangement of sixteen array tubes, as depicted in Figure 5 (b), was designed. Each array tube contained a heat storage medium with a volume of 0.0048 m³, resulting in a total volume of 0.0768 m³. The greenhouse had a volume of 11.91 m³, giving a ratio of heat storage medium volume to greenhouse volume of 0.0064. The pipe walls were coated, and the heat storage medium, which consisted of organic paraffin PCM, was carefully packaged. The construction drawing is illustrated in Figure 3. The physical parameters of the PCM are provided in Table 1, and its performance test results are presented in Figure 4.

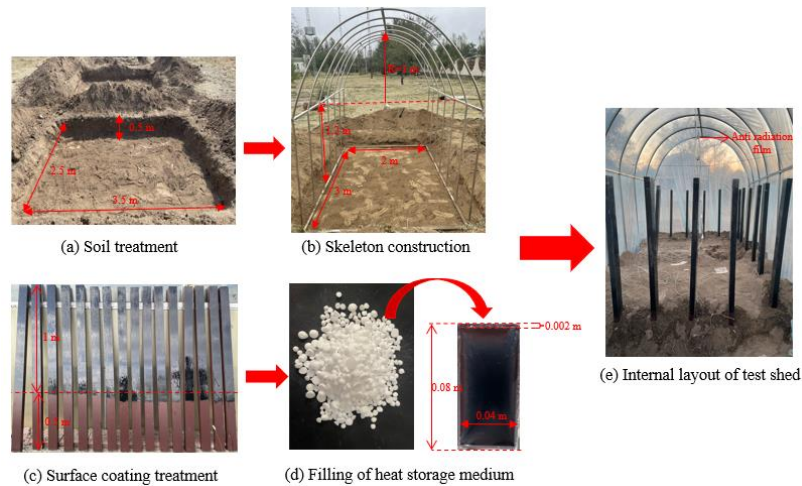


Figure 3. Test site layout diagram.

Table 1. PCM physical parameters.

Test items	index	unit
Phase transition temperature	24	°C
Operating temperature range	<100	°C
Latent heat	165.00	kJ/kg
Heat storage capacity (19 - 30 °C)	189.00	kJ/kg
Density (solid/liquid)	0.92/0.85	kg/L
Specific heat (solid/liquid)	2.20/2.67	kJ/kg·K
Thermal conductivity (solid/liquid)	0.25/0.20	W/m·K
Coefficient of volume expansion	7.82	%

A PCM is provided and tested by Heatmate New Energy Technology (Shanghai) Co, Ltd.

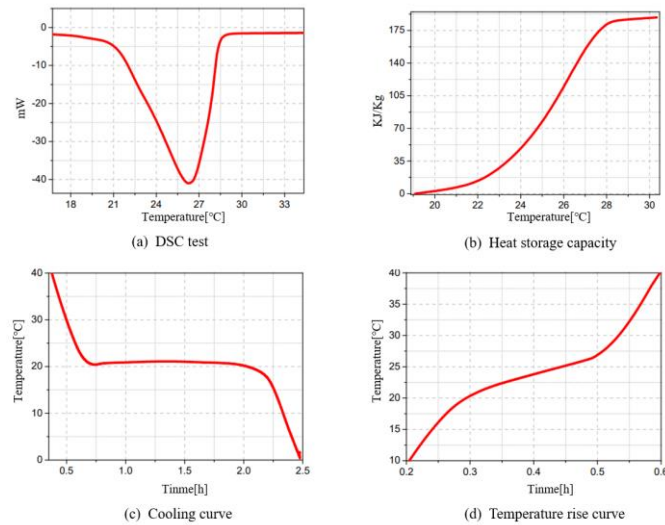


Figure 4. Performance test curve

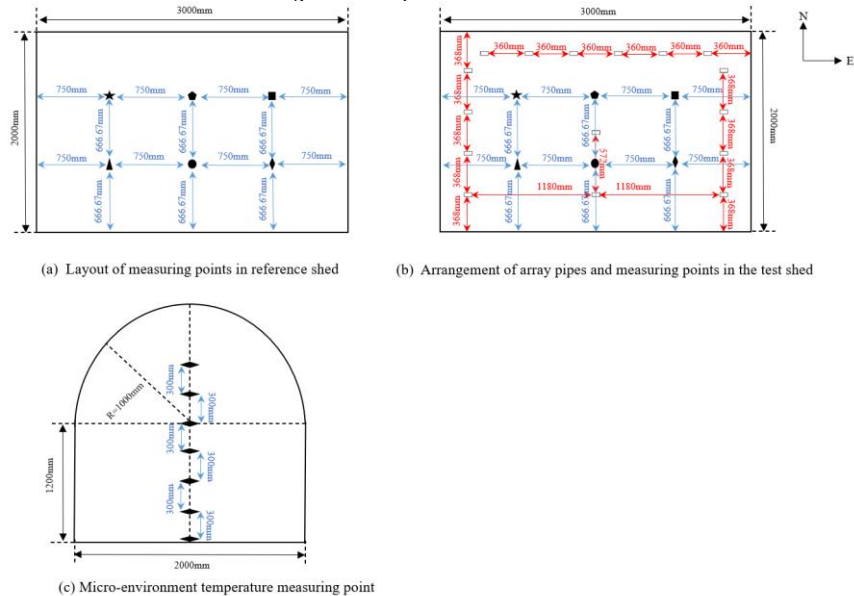


Figure 5. Measuring point position

3. Results

3.1. Test and control group regional strata temperature contrast analysis

The analysis focused on the test data collected from 8:00 a.m. on October 3 to 8:00 a.m. on October 8. In this particular stage, a phase change material (PCM) was used as the heat storage medium in the array tube, and its physical parameters are outlined in Table 1. Figure 10 illustrates that within the control group,

at a depth of 10 cm, the maximum daytime temperatures varied between 21.5°C and 28°C across different regions. However, in the experimental group, the addition of a PCM heat storage medium to the array tube resulted in a reduction of 0.8°C to 4°C in peak daytime temperatures. During the colder nighttime period, the minimum temperatures recorded ranged from 3°C to 15°C in the control group, while in the experimental group, the minimum temperature rose to an approximate range of 11°C to 17°C. This improvement indicated an enhanced ability to regulate temperature fluctuations and increased the minimum temperature at night to a certain extent. Consequently, these findings demonstrate the potential effectiveness of peak clipping and valley filling in moderating the temperature at a depth of 10 cm.

Over the course of five days, at a depth of 30 cm within the stratum, the control group displayed a temperature fluctuation range of 15°C to 20°C across different regions. In contrast, the experimental group exhibited a slightly wider temperature fluctuation range of 18.5°C to 22°C. At a depth of 50 cm, the control group experienced a temperature fluctuation range of 15.5°C to 19.8°C over the same five-day period. This range was deemed unfavorable for the growth of vegetation roots in cross-seasonal planting. However, the experimental group recorded a temperature fluctuation range of 18°C to 21°C, which increased the temperature fluctuation range to a certain extent.

To summarize, the placement of array tubes in the control greenhouse can effectively regulate temperature fluctuations and maintain a relatively stable temperature at a 10 cm depth. Furthermore, at depths of 30 cm and 50 cm within the stratum, the array tubes can increase temperature levels in various areas of the CSG. This solution addresses the issue of low temperatures in the growth area of vegetation roots during cross-seasonal planting to some extent.

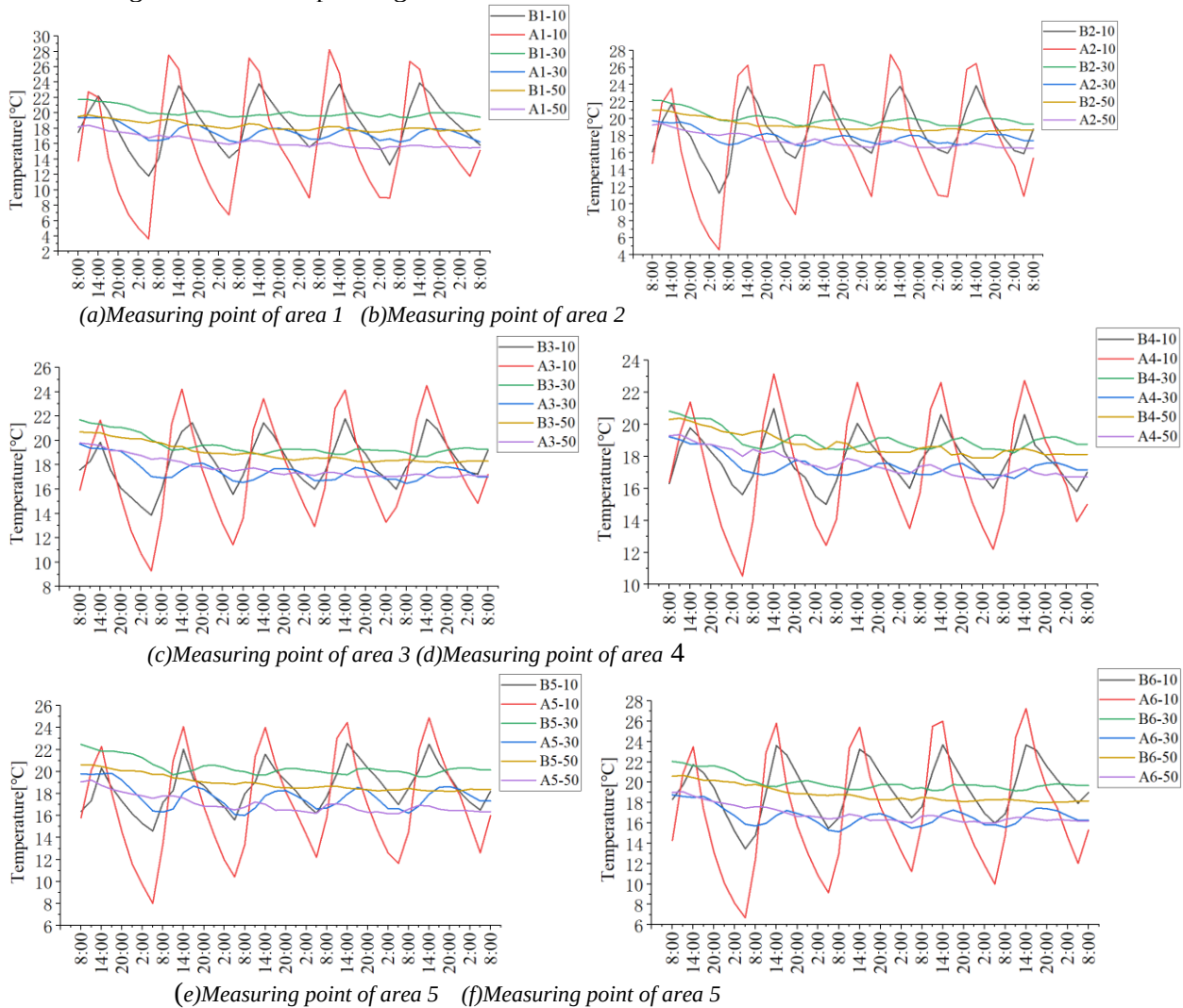


Figure 5. Measuring point position

3.2. Test and control group micro environment temperature contrast analysis

Figure 5 illustrates the temperature curves at different heights of the measuring points in the microenvironment of the test group and control group when the heat storage medium is PCM. It shows that the peak shaving effect is most significant at the surface, while the degree of peak attenuation is weaker at

heights ranging from 30 cm to 90 cm. During the lowest nighttime temperatures, the effect of valley filling becomes noticeably enhanced, and at a height of 60 cm, the highest temperature can reach 10.3°C, while the minimum temperature at ground level is 8.3°C. In summary, PCM exhibits a favorable effect in filling the valley during nighttime.

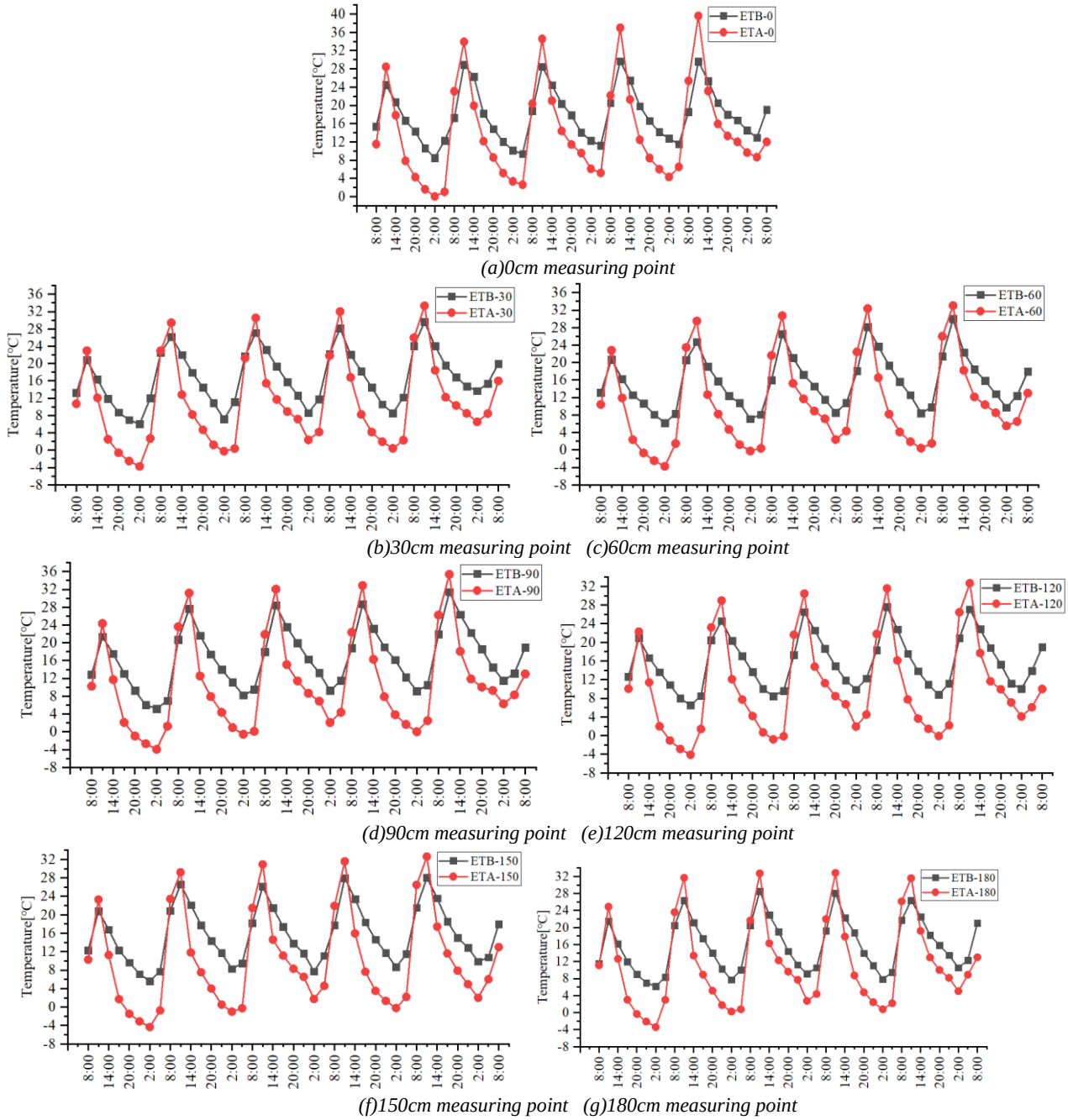


Figure 6. Temperature of measuring points at different heights of microenvironment.

3. Conclusions

This study investigates the impact of array tube arrangement on the formation temperature of the control and test groups by dividing measuring points at different depths in each area. Additionally, it examines the influence of array tubes on the microenvironment of the CSG by placing temperature measuring points at various heights. Finally, through data post-processing analysis, it is demonstrated that the arrangement of array tubes in the CSG can effectively regulate temperature at both the formation depth and microenvironment.

Incorporating PCM as a heat storage medium in the array tube has the ability to both peak-shave and valley-fill the temperature at a depth of 10 cm, while also increasing the temperature range to some extent at depths of 30 cm or 50 cm.

To a certain extent, the placement of array tubes in the CSG can regulate temperatures at various heights within the microenvironment and reduce the fluctuation range. When PCM is used as the heat storage

medium, it can weaken temperatures by a maximum of 9.7 °C and increase temperatures by a maximum of 10.3 °C.

References

1. Liu, X.; Wu, X.; Xia, T.; Fan, Z.; Shi, W.; Li, Y.; Li, T. New insights of designing thermal insulation and heat storage of Chinese solar greenhouse in high latitudes and cold regions. *Energy*, 2022, 242. DOI:10.1016/j.energy.2021.122953
2. Misbaudeen, A.A.; Wook-Ho, N.; Anis, R.; Qazeem, O.O.; Timothy, D.A.; Adnan, R.; Yong-Cheol, Y.; Hyun-Woo, L. TRN-SYS Simulation and Experimental Validation of Internal Temperature and Heating Demand in a Glass Greenhouse. *sus-tainability*, 2022, 14(14),8283. DOI: 10.3390/su14148283
3. Kang, M.Z.; Fan, X.R.; Hua, J.; Wang, H.Y.; Wang, F.Y. Managing Traditional Solar Greenhouse With CPSS: A Just-for-Fit Philosophy. *IEEE transactions on cybernetics*, 2018. DOI:10.1109/TCYB.2018.2858264
4. An, C.H.; Ri, H.J.; Han, T.U.; Kim, S.I.; Ju, U.S. Feasibility of winter cultivation of fruit vegetables in a solar greenhouse in temperate zone; experimental and numerical study. *Solar Energy*, 2022(Feb.):233. DOI:10.1016/j.solener.2022.01.024
5. Altieri, M.A.; Nicholls, C.I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climat-ic Change*, 2013, 140:1-13. -DOI:10.1007/s10584-013-0909-y
6. Gao, J.; Wang, R.; Huang, J. Ecological engineering for traditional Chinese agriculture—A case study of Beitang. *Ecological Engineering*, 2015, 76(1):7-13. DOI:10.1016/j.ecoleng.2014.06.035
7. Chi, F.; Wang, R.; Wang, Y. Integration of passive double-heating and double-cooling system into residential buildings (China) for energy saving. *Solar Energy*, 2021, 225(3):1026-1047. DOI:10.1016/j.solener.2021.08.020
8. Zhang, X.; Lv, J.; Dawuda, M.M.; Xie, J.; Yu, J.; Gan, Y.; Zhang, J.; Tang, Z.; Li, J. Innovative passive heat-storage walls improve thermal performance and energy efficiency in chinese solar greenhouses for non-arable lands. *Sol. Energy* 2019, 190, 561–575.
9. Chen, C.; Ling, H.; Zhai, Z.J.; Li, Y.; Yang, F.; Han, F.; Wei, S. Thermal performance of an active-passive ventilation wall with phase change material in solar greenhouses. *Appl. Energy* 2018, 216, 602–612.
10. Xia, T.; Li, Y.; Sun, Z.; Wan, X.; Sun, D.; Wang, L.; Liu, X.; Li, T. Performance study of an active solar water curtain heating system for Chinese solar greenhouse heating in high latitudes regions. *Appl. Energy* 2023, 332, 120548.
11. Zhou, S.; Zhang, Y.; Yang, Q.; Cheng, R.; Fang, H.; Ke, X.; Lu, W.; Zhou, B. Performance of active heat storage-release unit assisted with a heat pump in a new type of Chinese solar greenhouse. *Appl. Eng. Agric.* 2016, 32, 641–650.
12. Zong, C.; Xiao, Z.; Song, W.; Wang, P.; Zhang, G.; Li, M. Performances of an air thermal energy utilization system developed with fan-coil units in large-scale plastic tunnels covered with external blanket. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2022, 15, 56–62.
13. Bansal, N.K.; Goyal, I.C. An experimental and theoretical study of a plastic film solar greenhouse. *Energy Conv. Manag.* 1987, 27,395–400.

ПАРАБОЛИК ҚУЁШ КОНЦЕНТРАТОРЛИ ГЕЛИОПИРОЛИЗ ҚУРИЛМАСИНИНГ ИССИҚЛИК-ТЕХНОЛОГИК РЕЖИМИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

Ғ.Н. Узаков, Ҳ.А. Алмарданов

Қариш муҳандислик-иқтисодиёт институти,
Қариш шаҳри, Мустақиллик шоҳ кўчаси, 225-уй, Ўзбекистон e-mail: uzoqov66@mail.ru

Аннотация

Мақолада параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмасининг технологик схемаси таклиф этилган ва кунгабоқар ўсимлиги чиқиндиларини пиролизи жараёнини иссиқлик-технологик режими тадқиқоти натижалари келтирилган. Гелиопиролиз жараёнини тадқиқот қилиш учун тажриба параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмаси яратилган. Кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисини термик қайта ишлаш жараёнида чиқувчи маҳсулотларни ҳароратга боғлиқлиги ва материал баланси тажрибаларда ўрганилган. Қурилмада ўтказилган тажрибаларда гелиопиролиз реакторига юкланган 1 кг кунгабоқар ўсимлиги чиқиндиси пиролизи натижасида 63 % биокўмир, 10 % суюқ ва 27 % газсимон ёқилгилар олишга эришилган.

Калит сўзлар: гелиопиролиз қурилмаси, параболик концентратор, гелиопиролиз реактори, биомасса энергияси, муқобил ёқилғи, ҳарорат режими, қуёш радиацияси, қуёш энергияси.

Кириш

Ҳозирги вақтда қуёш энергиясидан юқори ҳарорат талаб этадиган технологик жараёнларда фойдаланиш учун қуёш концентраторларини қўлланиши муҳим аҳамиятга эга. Жаҳонда ва Ўзбекистонда ҳам кейинги йилларда қуёш энергиясидан турли технологик жараёнларда фойдаланиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилган ва амалий натижаларга эришилган [1-7].

Юқори ҳароратли биомасса пиролизи технологиясида ҳам қуёш энергиясидан фойдаланиш истиқболли йўналишлардан ҳисобланади. Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда биомасса ва органик чиқиндилардан пиролиз усулида ёқилғи ва энергия (иссиқлик ва электр энергияси) ишлаб чиқариш, биринчи навбатда қишлоқ аҳолиси турар жойлари, фермер хўжаликлари ва яқка тартибдаги уйлар каби марказлаштирилган энергия таъминоти тизимларидан узоқда жойлашган энергия истеъмолчилари учун муҳим аҳамиятга эга. Шу сабабли ёқилғи, иссиқлик ва электр энергиясини ишлаб чиқариш учун ўсимлик биомассасини қайта ишлаш асосан қишлоқ аҳолисини, айниқса, энергия етишмайдиган ҳудудларни энергия билан таъминлаш муҳим вазифа ҳисобланади.

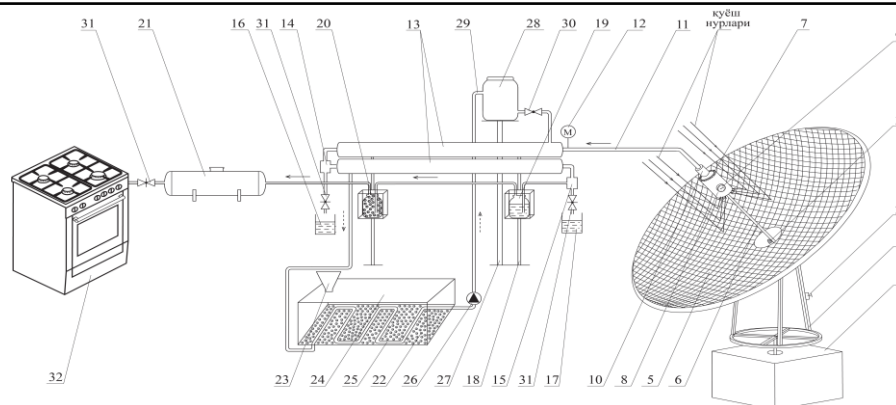
Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики бир туп кунгабоқар ўсимлигидан ўртача $0,8 \div 1,5$ кг гача биомасса чиқиндиси юзага келади ва уни пиролиз усулида тўлиқ қайта ишлаш натижасида муқобил ёқилгилар олиш имконияти мавжуд.

Тадқиқотнинг мақсади параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмасини табиий ийлим шароитларида синаш ва кунгабоқар ўсимлиги чиқиндиларини пиролизи жараёнини иссиқлик-технологик режими тадқиқ қилишдан иборат.

Услуб ва материаллар

Пиролиз қурилмаси реакторида ҳарорат режими таъминлаш асосий муаммолардан ҳисобланади. Чунки реакторда керакли ($350 \div 500$ °C) ҳарорат режими таъминлаш учун дастлаб энергия (иссиқлик) берилиши керак бўлади. Одатда ананавий пиролиз қурилмасида амалга ошириладиган жараёнлар учун энергия манбаси сифатида кўмир, табиий газ ёки электр энергиясини сарфлаш ҳисобига амалга оширилади. Натижада, қурилманинг хусусий эҳтиёжи учун энергия талаб этади [8].

Ушбу тадқиқот ишида биомасса (кунгабоқар ўсимлиги) гелиопиролизи учун реактордаги ҳароратни маҳсулот чиқишига боғлиқлиги ўрганилган [9-11]. Пиролиз жараёнини тадқиқот қилиш учун параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмасининг технологик схемаси яратилди (1-расм).



1-расм. Параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмасининг технологик схемаси.

1-нур тушиш бурчагини бошқариш тизими; 2-бурчакни созлаш мосламаси; 3-ёруғлик интенсивлиги сенсори; 4-метал таянч; 5-параболик қуёш концентратори; 6-метал асос; 7-иссиқлик аккумулятори (парафин); 8-гелиопиролиз реактори; 9-ҳарорат ўлчаш асбоби (термометр); 10-биомассани юклаш қопқоғи; 11-буғ-газ аралашмаси ҳаракатланиш қувири; 12-босим ўлчаш асбоби (манометр); 13-совутиш камераси (конденсатор); 14- 1-конденсацион блок; 15- 2-конденсацион блок; 16,17- суюқ биоёқилги тўплаш идишлари; 18-метал таянч; 19-сувли филтр; 20- актив қўмирли филтр; 21-газголдер (газ тўплаш балони); 22-биомасса; 23-юклаш бункери; 24-биомассани қуришиш камераси; 25-иссиқлик алмашинув аппарати; 26-циркуляцион сув насоси; 27-метал таянч; 28-сув баки; 29-сув ҳаракатланиш қувири; 30-сув вентили; 31-газ вентили; 32-истеъмолчи (газ плитаси).

Таклиф этилган параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмаси қуйидаги принцип асосида ишлайди. Дастлаб реакторга (8) намлиги 20...30 % бўлган биомасса юклаш қопқоғи (10) орқали юкланади, гелиопиролиз реакторида (8) ҳарорат режими 350...500 °C ни ҳосил қилиш учун нур тушиш бурчагини бошқариш тизими (1), бурчакни созлаш мосламаси (2), ёруғлик интенсивлиги сенсори (3), метал таянч асосга (4) бириктирилган ўлчами 2,5x2,5 смли шиша бўлакчаларидан ясалган параболик қуёш концентратори (5) ёрдамида амалга оширилади, реактор (8) ичидаги меъёрий ҳароратни таъминлаш учун ўлчов асбоби ёрдамида (термометр) (9) ҳар соатда ўлчанади, гелиопиролиз реакторида (8) биомассани қиздириш натижасида ҳосил бўлган буғ-газ аралашмаси ўз ўқи атрофида айланувчи қувур (11) орқали совутиш камерасига (конденсатор) (13) узатилади, совутиш камерасида (13) буғ-газ аралашмаси конденсацияланади ва суюқ ёқилғилар конденсацион блокларда (14, 15) йиғилади, пирогаз таркиби дастлаб сувли филтрада (19) сўнгра актив қўмирли филтрада (20) тозаланади, газголдерда (газ тўплаш балони) (21) йиғилади, намлиги юқори бўлган биомасса (22) юклаш бункери (23) орқали қуришиш камерасига (24) юкланади, конденсатордан (13) чиққан 50...60 °C ҳароратли сув иссиқлик алмашинув аппарати (25) орқали биомасса 20...30 % намликка қадар қуриштилади, иссиқлик алмашинув аппаратидан (25) чиққан 20...25 °C ҳароратли сув циркуляцион сув насоси (26) ёрдамида метал таянчга (27) ўрнатилган сув бакига (28) сув қувири (29) орқали узатилади ва тўпланади, ундан сув қувири орқали 20...25 °C ҳароратли сув совутиш камерасига (13) узатилади. Жараён шу кетма-кетликда давом этади натижада, конденсацион блокларда (14, 15) тўпланган суюқ биоёқилғилар идишларга (16, 17) қуйиб олинади, газголдердаги (газ тўплаш балони) (21) тозаланган пирогаз автоном истеъмолчиларнинг (32) маиший эҳтиёжлари учун фойдаланилади.

Параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмаси реакторига юкланган биомассадан (кунгабоқар ўсимлиги) ажралиб чиққан биоёқилғиларнинг материал баланси лаборатория шароитида қуйидаги методика бўйича олиб борилди. Тажриба бошланишидан аввал бошланғич намлиги 5÷20% ва ўлчами 4÷6 мм бўлган маҳсулотлардан намуналар тайёрланди (1-расм). Юкланадиган маҳсулотларнинг массаси электрон тарозида (Electronic Sf-400), намлиги эса рақамли универсал AR971 русумли намлик ўлчаш асбоби ёрдамида ±2% аниқликда, реактордаги ҳарорат режими Mobile-CASSY 2 термометри (ўлчаш аниқлиги: ±3 °C, ±2 %; ўлчаш оралиғи: -200 ...+200 °C/-200...+1200 °C), биметаллик термометр Паккенс (ўлчаш аниқлиги: СЛ 2.0; ўлчаш диапазони 0...+500 °C) ва тепловизор Снегир-700MT (ўлчаш аниқлиги: ±2 °C; ўлчаш диапазони -20...+700 °C) орқали назорат қилинди. Қуёш нурланиш радиацияси Photovoltaic Data Logger MacSolar (ёруғлик ўлчаш оралиғи: 0...1500 Вт/м² гача; ҳарорат ўлчаш оралиғи: -40 дан 85 °C гача; ҳарорат ўлчаш аниқлиги: ±0,1°C) актинометр орқали ўлчанди.

Гелиопиролиз жараёнини тадқиқот қилиш учун Қарши муҳандислик – иқтисодий институтининг “Муқобил энергия манбалари” кафедрасида тажриба гелиопиролиз қурилмаси яратилди (2-расм).



2-расм. Тажрибавий гелиопиролиз қурилмаси.

Биомасса пиролизи учун кунгабоқар ўсимлиги чиқиндиси танлаб олинди ҳамда 6-8 мм катталикда майдаланди. Кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисини пиролизга тайёрлаш жараёни 3-расмда келтирилди.



2-расм. Кунгабоқар ўсимлигини пиролиз қилиш жараёни.

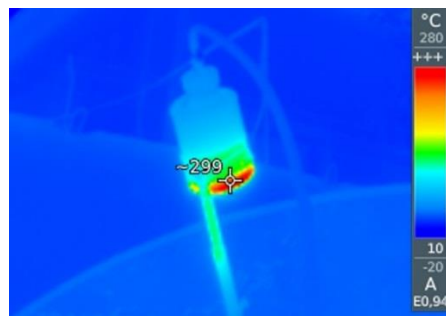
Кунгабоқар ўсимлиги пиролизи бўйича тадқиқотлар лаборатория шароитида қуйидаги табиий шароитларда олиб борилди. Тажрибалар диаметри 1,8 м, апертураси 2,54 м², фокусланиш масофаси 0,7 м, концентрация коэффиценти 126 бўлган параболик концентраторда амалга оширилди. Бунда ҳажми 0,003 м³ ва иссиқлик алмашилиш юзаси 0,02 м² бўлган реактор намунаси тайёрланди. Тажрибалар Қарши (Ўзбекистон) шаҳри шароитида 2023 йил 26 август 12⁰⁰ дан 14⁰⁰ гача бўлган вақт оралиғида, ташқи муҳитнинг ўртача ҳарорати 36,4 °С, қуёш радиациясининг ўртача қиймати 910-960 Вт/м² бўлганда ўтказилди. Ишлаб чиқилган қурилма ёрдамида 1 кг биомассани пиролиз қилиш мумкин.

Муҳокама ва натижалар

Ушбу тадқиқотда параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмаси реакторига юкланган Кунгабоқар ўсимлигидан ажралиб чиққан ёнувчи маҳсулотларнинг материал баланси таҳлил қилинди. Параболик қуёш концентратори ёрдамида ўтказилган тажрибаларда Қарши шаҳри шароитида қурилма реакторида ўртача 350÷500 °С ҳарорат ҳосил қилиш мумкинлиги тажрибаларда аниқланди (4, 5-расмлар).



4-расм. Реактор ичида ҳосил бўлган ҳарорат
(26.08.2023 йил)



5-расм. Реактор тубидаги ҳарорат.

Пиролиз жараёни давомийлиги ўртача 110÷120 минутни ташкил этди. Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, Қарши шаҳри шароитида кундузги қуёшли кунларда таклиф этилган қурилмада 3 - 4 та циклни амалга ошириш мумкин. Натижада, қурилманинг хусусий эҳтиёжи учун сарфланадиган иссиқлик энергиясини қуёш энергиясидан қоплаш имконияти яратилган.

Гелиопиролиз реакторига кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисини термик қайта ишлаш жараёнида ҳарорат режимини тажриба натижалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал. Гелиопиролиз реакторининг ҳарорат режими тадқиқоти натижалари

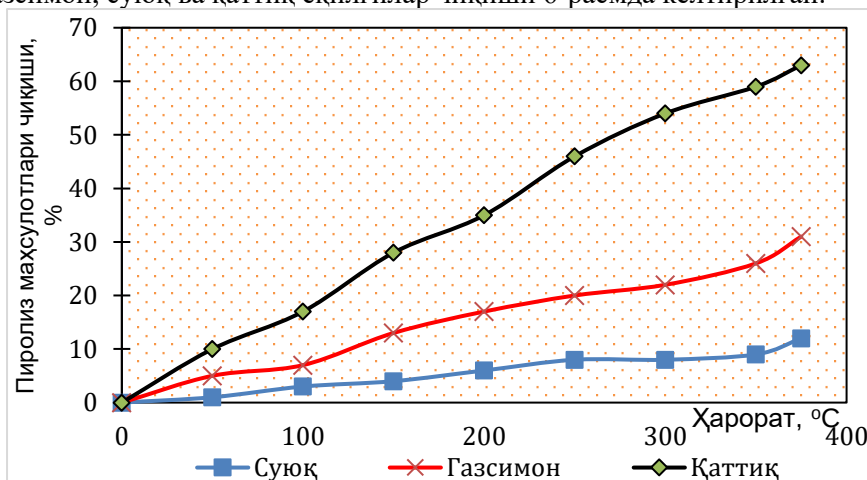
Т/р	Вақт	Тушадиган қуёш радиацияси, $q_r, \text{Wt/m}^2$	Ташқи ҳаво ҳарорати $t_{t,x}, ^\circ\text{C}$	Реакторнинг турли нукталаридаги ҳароратлар, $t_r, ^\circ\text{C}$				Реактордаги ўртача ҳарорат, $t_{орт}, ^\circ\text{C}$
				1	2	3	4	
1	12 ⁰⁰	910	35,4	656	237	151	115	289
2	12 ³⁰	925	35,9	801	258	165	131	338
3	13 ⁰⁰	950	36,1	817	285	178	145	356
4	13 ³⁰	960	36,6	820	301	227	152	375
5	14 ⁰⁰	950	36,9	807	290	217	140	363

Гелиопиролиз қурилмаси реакторига юкланган кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисидан олинган муқобил ёқилгиларнинг материал баланси бўйича олинган натижалар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал. Кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисидан муқобил ёқилги олиш учун ўтказилган тажриба натижалари

Юкланган хом ашё тури	Юкланган хом ашё массаси, m, kg	Юкланган хом ашё бошланғич намлиги, %	Юкланган хом ашё бошланғич ҳарорати, $t, ^\circ\text{C}$	Тушадиган ўртача қуёш радиацияси $q_r, \text{Wt/m}^2$	Реактордаги ўртача ҳарорат, $t_r, ^\circ\text{C}$	Жараён вақти, τ, min	Пиролиз маҳсулотлари		
							суюқ, kg	газ, kg	қаттиқ, kg
Кунгаб оқар ўсимлиги чиқиндисидан	1,0	20	27	940	430,25	20	0,10 (10 %)	0,27 (27 %)	0,63 (63 %)

Тажрибада жараён ҳароратига қараб гелиопиролиз реакторига юкланган кунгабоқар ўсимлигидан газсимон, суюқ ва қаттиқ ёқилгилар чиқиши 6-расмда келтирилган.



6-расм. Гелиопиролиз қурилмасида муқобил ёқилгилар чиқишини ҳароратга боғлиқлик графиги.

Олиб борилган тажрибаларга кўра кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисидан пиролизи 150-400 °C ҳарорат интервалида юқори интенсивликка эга бўлади, пиролиз жараёнида чиқадиған суюқ ва газсимон ёқилгиларнинг миқдори ҳарорат ортиши билан ортиб бориши қайд қилинди. Тажриба натижалари таҳлиliga кўра, пиролиз маҳсулотларининг умумий чиқиш миқдори 350-400 °C ҳарорат интервалида ўзгаришига кам боғлиқ бўлиши аниқланди. Шундай қилиб, тажрибада юкланган 1 кг кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисидан пиролизи натижасида 63 % биокўмир, 10 % суюқ ва 27 % газсимон ёқилгилар олишига эришилди.

Хулоса

Бажарилган тажриба тадқиқотлари шуни кўрсатадики, ишлаб чиқилган параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмаси кундузги режимда цикли амалга ошириш учун хусусий эҳтиёжга сарфланадиган энергияни қуёш иссиқлигидан қоплаш имконини беради. Параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмасида олиб борилган экспериментал тадқиқотлар натижасида кунгабоқар ўсимлиги чиқиндиси пиролизидан қаттиқ, суюқ ва газсимон ёқилғи намуналари олинди. Таклиф этилган параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмасида йилига 1 тоннагача кунгабоқар ўсимлиги чиқиндисини қайта ишлашда 270÷300 м³ гача газсимон, 100÷150 кг гача суюқ ва 550÷600 кг гача қаттиқ муқобил ёқилғилар олинди. Ушбу параболик қуёш концентраторли гелиопиролиз қурилмаси кунгабоқар ўсимлиги етиштирувчи ва қайта ишловчи кластерлар, фермер хўжаликлари ва корхоналар учун мўлжалланган.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Аvezов Р.Р., Вохидов А.У., Куралов М.А. Қуёш энергетикасининг Ўзбекистон Республикасида ривожлантириш тамойиллари.//Қайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари. Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Қарши. 18 март 2018й., 11-13 б.
2. Abdurakhmanov A., Kuchkarov A.A., Holov Sh. R., Abdumuminov A. Calculation of optical-geometrical characteristics of parabolic-cylindrical mirror concentrating systems // European science review. 2017. Vol. 2. P. 201-204.
3. Klychev Sh.I., Zakhidov R.A., Bakhramov S.A., Dudko Yu.A., Khudoikulov A.Ya., Klychev Z.Sh., and Khudoiberdiev I.A. Parameter optimization for paraboloid-cylinder-receiver system of thermal power plants // Applied Solar Energy. Applied Solar Energy. 2009. Vol. 45. No. 4. P. 281–284.
4. R.R. Avezov, N.R. Avezova, N.A. Matchanov, Sh.I. Suleimanov, R.D. Abdukadirova. History and State of Solar Engineering in Uzbekistan. Applied Solar Energy, 2012, Vol. 48, No. 1, pp. 14–19
5. K. Zeng, D.P. Minh, D. Gauthier, E. Weiss-Hortala, A. Nzihou, G. Flamant, The effect of temperature and heating rate on char properties obtained from solar pyrolysis of beech wood, Bioresour. Technol. 182 (2015) 114-119.
6. Szymon Sobek, Sebastian Werle. Solar pyrolysis of waste biomass: Part 1 reactor design. Renewable Energy. Volume 143, December 2019, Pages 1939-1948.
7. Kuo Zeng, Rui Li, Doan Pham Minh, Elsa Weiss-Hortala, Ange Nzihou, Xiao He. Solar pyrolysis of heavy metal contaminated biomass for gas fuel production. Energy 187 (2019) 116016.
8. Uzakov, G.N., Davlonov, H.A., Holikov, K.N. Study of the Influence of the Source Biomass Moisture Content on Pyrolysis Parameters. Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika), 2018, Tom 54, Vipusk 6, Pages 481 – 484.
9. G.N. Uzakov, A.V. Novik, X.A. Davlonov, X.A. Almardanov, S.E. Chuliev, Heat and Material Balance of Heliopyrolysis Device. Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations, 66, 1, 57-65 (2023) <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2023-66-1-57-65>
10. Xayrulla Davlonov, Xamidulla Almardanov, Inomjon Khatamov, Sadridin Urunboev, Palvan Kalandarov, and Orif Olimov, "Study on heat and material balance of heliopyrolysis device", AIP Conference Proceedings 2686, 020023 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0111855>
11. Uzakov, G.N., Almardanov, X.A., Kodirov, I.N., Aliyarova, L.A. Studying the temperature regime of the heliopyrolysis device reactor. E3S Web of Conferences, 2023, 411, 01040 DOI: 10.1051/e3sconf/202341101040

ФОРМИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОВОЛОКОН И ФУНКЦИОНАЛЬНО АКТИВНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА

Н.К. Ходжаева¹, М.А. Карабаева², А.А. Холмунинов³

Физический факультет Национальный Университет Узбекистана имени. Мирзо Улугбека
г. Ташкент Узбекистан *E-mail: xnasiba_1984@rambler.ru

Аннотация

Динамичное развитие современной нанонауки и нанотехнологии тесно связано с разработкой новых наноматериалов, в частности, нановолокон полимеров с анизотропными свойствами методом электроспиннинга.

Ключевые слова: Электроспиннинг, нановолокон, полимер, нетканых материалы, фиброин.

Метод основан на формировании нановолокон при вытягивании струи прядильной жидкости (раствора, расплава, смеси) полимеров из фильера (анод) до приёмника-экрана (катод) под действием высокого напряжения (1 - 30 kV) постоянного тока. Толщина нановолокон регулируется подбором состава прядильной жидкости, диаметра фильеры, расстояния от анода до катода, величины высокого напряжения.[1] Формированные нановолокна плотно укладываются на поверхность экрана в виде нетканого материала.

Нановолокно подобно обычным микро-волокнам является анизотропным из-за высокой степени ориентационной укладки и кристаллизации полимеров в нем. Анизотропные волокна в принципе определяют анизотропные свойства получаемого материала в зависимости от их степени упорядоченной укладки.[2] Причем, анизотропное свойство материала может изменяться под действием различных факторов, например, растяжения, сжатия, набухания в жидкостях, фильтрации газообразных и жидкофазных смесей под давлением и т.п. В этом особый интерес представляет в себе выбор полимера, проявляющего в нановолоконном материале определенную устойчивость, биоактивность, биodeградируемость, склонность к взаимодействию с окружающими веществами. Таким полимером может быть фиброин шелка (ФБ), имеющий в элементарном звене ионогенные аминные и карбоксильные группы, а также хлопковая целлюлоза (ХЦ), в мономере которой содержатся гидрофильные гидроксильные группы [3, 4].

Важным моментом является равномерная укладка нановолокон на поверхности экрана, имеющего обычно площадь 20×20 см². Это представляется возможным в случае использования экрана, перемещающего или вращающего экрана перпендикулярно к оси иглообразной фильеры. С учетом этого использовали специально-собранный экстренно-вращающийся экран для получения нетканых материалов с упорядоченной укладкой нановолокон с определенными размерами нанопор и выявления их анизотропных свойств при сорбции паров воды и фильтрации отработанного машинного масла (рис.1).

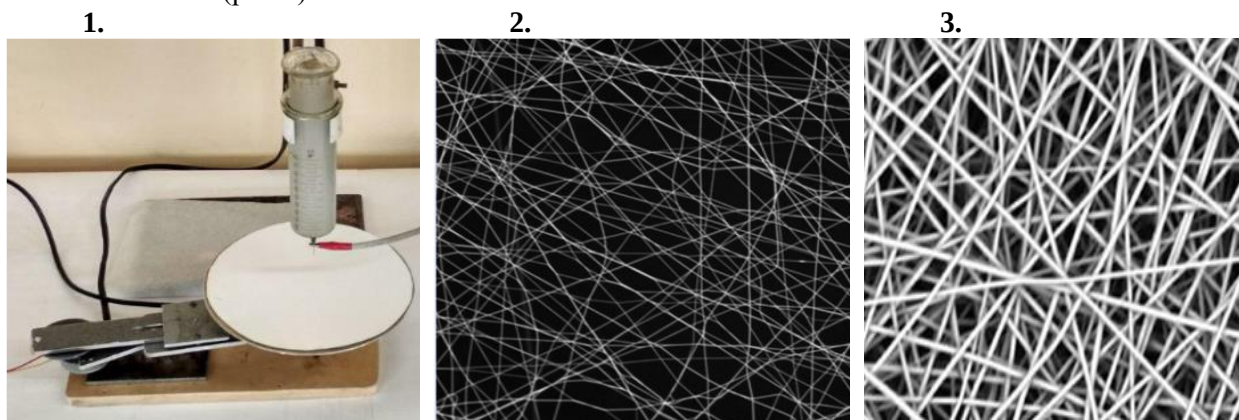


Рис. 1. Фотография эксцентрично-вращающегося экрана (1) установки электроспиннинга, РЭМ-снимки нановолоконного нанопористого нетканого материала ФБ (2) и ХЦ (3)

а) Особенность приготовления прядильных растворов фиброина и целлюлозы. Образец фиброина выделяли из состава волокон кокона натурального шелка путем промывания биоклея - серицина в воде при 90 оС в течение 4 часов, жировосков в этаноле и ацетоне на аппарате Сокслет.

В качестве растворителя, способного разрушить кристаллические участки очищенных волокон без деструкций молекул ФБ использовали 50%-ный водный раствор CaCl_2 при 90 оС. Ионы Ca и Cl из раствора ФБ удаляли путем диализа, с использованием полупроницаемой мембраны ксантаната целлюлозы. При этом очищенный ФБ осаждался с аморфным состоянием цепей. Прядильные растворы ФБ приготовлены в муравьиной кислоте (МК) и выявлено, что концентрация (С) данного биополимера около 12 - 18 % является оптимальным для формирования нановолокон толщиной 50 – 200 нм. Для проведения сравнительных исследований выбрали очищенные волокна хлопковой целлюлозы и прядильные растворы данного образца, приготовленные в трифторуксусной кислоте (ТФУК).

б) Электроспиннинг нановолоконного нанопористого нетканого материала. Опыты проводили на специально-собранный установке электроспиннинга нановолокон из растворов биополимеров под действием высокого напряжения 15 kV [2]. И использовали иглообразную фильеру диаметром капилляра 0,05 см и расстояние от фильера до экрана составляло 10 см. Упорядоченные равномерные укладки нановолокон осуществляли на поверхности экрана, вращающегося частотой 15 об/мин. Также получали нановолоконные материалы при отсутствии вращения экрана. Сравнительные исследования проводили для образцов нановолоконных материалов с использованием методов двулучепреломления (ДЛП), сорбции паров воды и набухания при фильтрации жидкостей. Согласно [5] методом двулучепреломления определяли фактор ориентации (β), характеризующийся оптической анизотропией нановолоконных материалов. Получены результаты для образцов нановолоконных материалов толщиной $dn = 0,1$ см, сформированных при вращении экрана $\beta = 0,75$ для ФБ и $\beta = 0,65$ для ХЦ. В случае образцов, полученных при отсутствии вращения экрана, определено значение $\beta = 0,06$ для ФБ и $\beta = 0,04$ для ХЦ. Высокие значение β свидетельствуют о том, что при укладке нановолокон на поверхность вращающегося экрана, формируются материалы с высокой степенью упорядоченности, т.е. нановолоконные материалы являются анизотропными. В случае отсутствия вращения экрана значение β на порядок ниже, что характеризует изотропность полученных нановолоконных материалов.

Литература

1. Витязь П.А. Наноматериаловедение: учебное пособие/ П.А.Витязь, Н.А.Свидуневич, Д.В.Куис. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 511 с.
2. Матвеев А.Т., Афанасов И.М. Получение нановолокон методом электроформования. учебное пособие/ Москва: МГУ, 2010. 83с.
3. Jian Huang, Lin Liu. Electrospinning of Bombyx mori silk fibroin nanofiber mats reinforced by cellulose nanowhiskers //Fibers and Polymers, 2011. –V. 12, p. 1002-1006.
4. Прокопчук Н. Р., Шашок Ж.С. Электроформование нановолокон из раствора хитозана (обзор) //Полимерные материалы и технологии. 2015, Т.1, №2, С. 36–56
5. Василенко А.Н., Старовойтов А.Г., Хомченко А.В. Измерение двулучепреломления в анизотропных материалах малой толщины //Вестник Белорусско-Российского университета. 2017, Т. 57., № 4. С. 137 – 141.

DENSITY OF STATES IN SILICATE GLASS DOPED WITH RUTHENIUM AND COPPER OXIDES

M. Tursunov¹, G. Abdurakhmanov², A. Dekhkonov³

^{1,2,3}National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, E-mail:
muhridintursunov.1995@mail.ru

Abstract

In this article, as a result of alloying silicate glass with metal oxides, the state of the density of states of the electrons in it was analyzed hypothetically and based on the results of the tunnel microprobe analysis using the Wolfram mathematica 11 program. Diffusion of metal oxides ruthenium oxide (RuO₂) and copper oxide (CuO₂) into silicate glass at certain temperatures and under certain conditions, the sample was prepared based on the thick layer technology, and the results were obtained and analyzed. The electro-physical properties of the sample were studied. The volt-ampere characteristic was obtained, and based on this, the electron density of states was determined.

Key words: doped silicate glass, metal oxides, RuO₂, CuO₂, density of states, thermoelectric material, thick film resistors, insertion zone, thermoEMF coefficient

The density of electron states $g(\mathcal{E})$ plays an important role in the electronic properties of various materials (electrical conductivity, thermoEMF coefficient, internal photoeffect). Accordingly, it is important to determine $g(\mathcal{E})$ in different materials. However, for 50 years, no information was found except for [2] about the study of the density of states in silicate glass doped with intermediate metal oxides, which is widely used in electronics under the name of "thick layer resistor". Jacoboni and Rizzi [1] used $g(E)$ in the form

$$g(E) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m^*}{\hbar^2} \right)^{3/2} \sqrt{E}$$

only to theoretically calculate the electrical conductivity of doped silicate glass. $\hbar$ is Planck's constant. And this did not even take into account that the effective mass of electrons m^* may differ from that of a free electron. Nevertheless, $g(\mathcal{E})$ has not been fully studied in silicate glass doped with intermediate metal oxides, which is widely used in electronics, although there are possibilities of using doped silicate glass as a thermoelectric material. In our previous work [2], we made theoretical considerations about how $g(\mathcal{E})$ can be distributed in doped silicate glass doped with RuO₂ and CuO₂ oxides, and we used the data presented in the literature [3-7].

The study of $g(\mathcal{E}) \sim d^2I/dV^2$ in doped silicate glass doped with RuO₂ and CuO₂ oxides by the method of microcontact spectroscopy (Fig. 1) [8] shows that the experimental results and theoretical considerations are generally similar and, at the same time, significantly different showed (Fig. 2). Here, I is the constant current passing through the microcontact, and V is the voltage between the microcontact and the sample.

In particular, theoretically, the energy levels formed by RuO₂ and CuO should be separated from the valence zone of the glass and from each other by a significant energy gap, but in the experiment, it turned out that these levels merged with each other (Fig. 2c). In addition, it was confirmed that the inclusions form energy levels of the inclusion in the band gap of the glass (with a width of about 3.3 eV), and it was found that these levels overlap with the ceiling of the valence band.

The second energy zone of the input is in the middle of the forbidden zone of the glass and has a much lower density of states. At the same time, the "tail" of these input zones is somewhat evenly distributed in the forbidden zone of the glass.

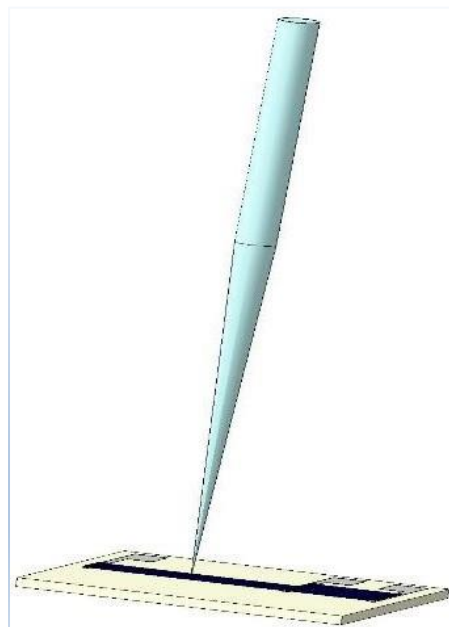


Figure 1. Mutual arrangement of sample and microcontact in microcontact spectroscopy

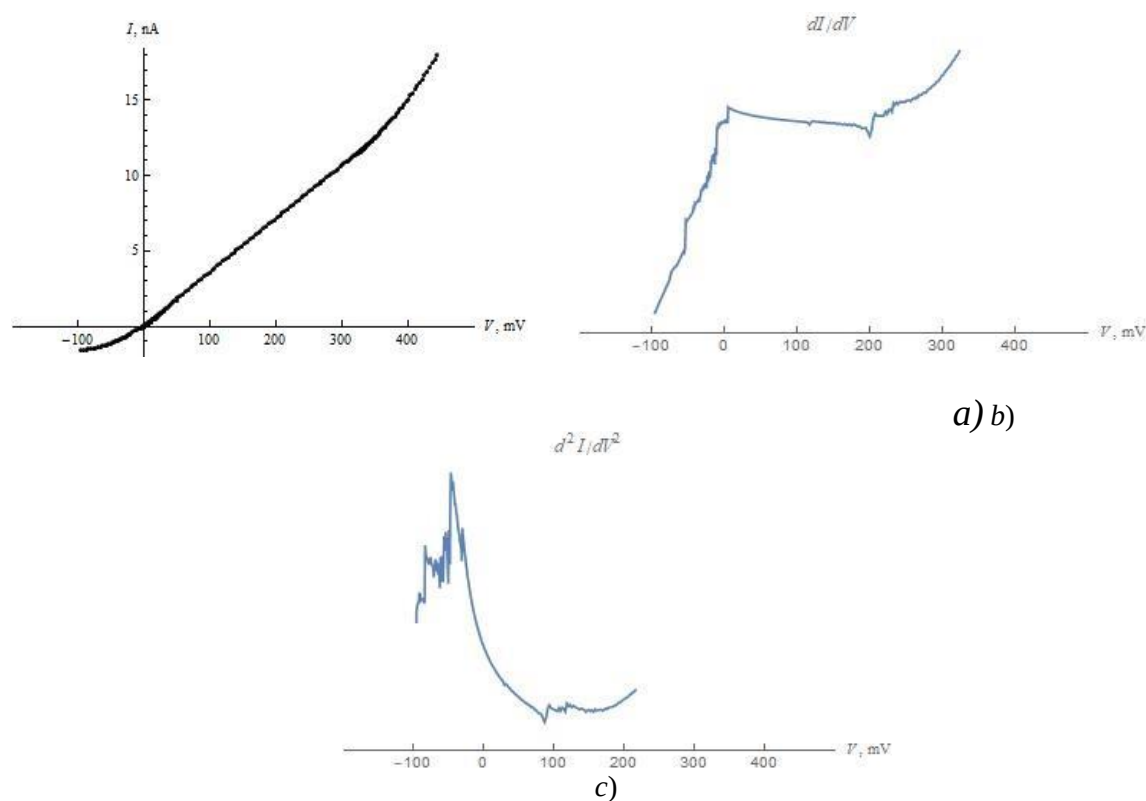


Figure 2. a) low-voltage volt-ampere characteristic of silicate glass doped with RuO₂ and CuO₂ (result of microcontact measurement); b) electrical conductivity (derivative of the volt-ampere characteristic); c) density of electron states (the second derivative of the volt-ampere characteristic)

References

1. C. Jacoboni and A. Rizzi. Electrical conductivity of thick film resistors. J. Appl. Phys. 54, 5852 (1983); doi: 10.1063/1.331811
2. B. Ahmadaliyeva, M. Qodirova, S. Xurramova, G. Abduraxmanov / Oraliq metall oksidlari bilan legirlangan silikat shishada elektronlar holatlarining zichligi // "Fizika fanini axborot va innovatsion texnologiyalar muhitida o'qitishning zamonaviy tendensiyalari: muammo va echimlar" Respublika ilmiy-amaliy anjumani, Navoiy, 2022-yil 24-noyabr.
3. Подчайнова В. Н., Симонова Л. Н. Медь. В серии Аналитическая химия элементов. - Москва: Изд-во Наука, 1990. - 280 с.
4. Звягинцев О. Е., Колбин Н. И., Рябов А. Н., Автократова Т. Д., Горюнов А. А. Химия рутения. Под ред. Звягинцева О. Е. - М.: Наука, 1965. - 300 с.
5. Нарай-Сабо И. Неорганическая кристаллохимия. - Будапешт: Изд-во АН Венгрии, 1969. - 504 с.
6. Белов Н. В. Кристаллохимия силикатов с крупными катионами. - Москва: Изд-во АН СССР, 1961. - 68 с.
7. Либау Ф. Структурная химия силикатов. Пер. с англ. - Москва: Изд-во Мир, 1988, 416 с.
8. Naidyuk Yu. G., Yanson L. K. Point-Contact Spectroscopy. New York: Springer, 2005. - 303 p

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Д.У.Абдухамидов, Ю.К.Рашидов, Х.С.Ахмадов, З.Дж.Арзиев

Физико-технический институт АН РУз.

Ул. Ч. Айтматова 2Б, 100084-Ташкент, Узбекистан. www.fti.uz e-mail: xushdil.ahmadov@gmail.com

В республике реализуются комплексные меры по повышению энергоэффективности в отраслях экономики, в том числе по снижению энергопотребления, потребляемого из сети за счет использования солнечной энергии в качестве источника тепла при строительстве жилых зданий, административных и коммунально-бытовых объектов, и, в свою очередь, по сохранению запасов углеводородов для будущего поколения и по смягчению экологической обстановки в мире. При этом достигнуты определенные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию нового Узбекистана на 2022-2026 годы отмечены важные задачи по «...повышению энергоэффективности экономики на 20% и сокращении объема вредных газов, выбрасываемых в воздух на 20% к 2026 году за счет активного внедрения технологий «зеленой экономики» во все отрасли» [1]. В реализации поставленных задач, в том числе в системах теплоснабжения зданий и сооружений, большое значение имеет выбор низкотемпературных активных систем солнечного отопления, обоснование их схем и оптимизация тепловых показателей.

Поставлены вопросы исследования теплотехнических параметров активных систем солнечного отопления (ССО) в зданиях с аккумулятором тепла (АТ).

Разработана нестационарная математическая модель активной ССО с АТ. В данной модели, для определения тепловых свойств здания был использован метод градусо-часов. В этом случае общие теплопотери здания определяются как:

$$Q_{отп} = K_M HДН A_{общ.пл.} \quad (1)$$

где $HДН$ - количество градус-часов отопительного периода и определяется с помощью формулы:

$$HДН(t_{от}) = \sum_{i=1}^N (t_{от} - \bar{t}_{ос})^+ \quad (2)$$

где $t_{от}$ - требуемая температура внутри отпливаемого здания; $\bar{t}_{ос}$ - среднечасовая температура окружающей среды; N - количество часов за рассматриваемый период.

Тепловые свойства солнечного коллектора (СК) определяются по формуле:

$$Q_{кпз} = A_{колл} = F' [\tau \alpha G - U_{тп} (T_{срвб} - T_{ос})] \quad (3)$$

где $Q_{кпз}$ - количество полезной энергии, полученной от СК; F' - тепловая эффективность СК; $\tau \alpha$ - эффективный коэффициент светопоглощения прозрачного слоя СК; G - суммарное СИ, приходящаяся на фронтальную поверхность СК; $U_{тп}$ – общий коэффициент теплопередачи от СК; $T_{срвб}$ - средняя температура воды в баке-аккумуляторе; $T_{ос}$ -температура ОС; $A_{колл}$ -общая площадь СК, 40 м² [2,3].

На рис.1 и рис.2 показана временной ход изменения температур внутри здания при использовании активной ССО с АТ, а также почасовые изменения тепловой нагрузки традиционной системы отопления соответственно.

На рис.3 показано изменение удельного годового потребления тепловой энергии на отопление здания по уровням тепловой защиты.

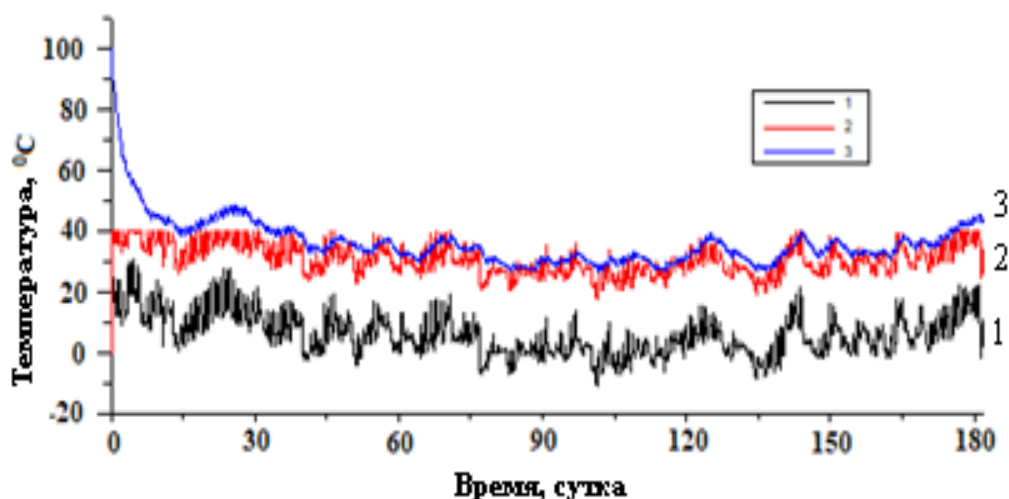


Рис.1. Временной ход изменения температуры в отопительный сезон (15.10.2019 - 15.04.2020): 1-температура ОС; 2-температура теплоносителя, выходящего из СК; 3-температура воды в баке-аккумуляторе

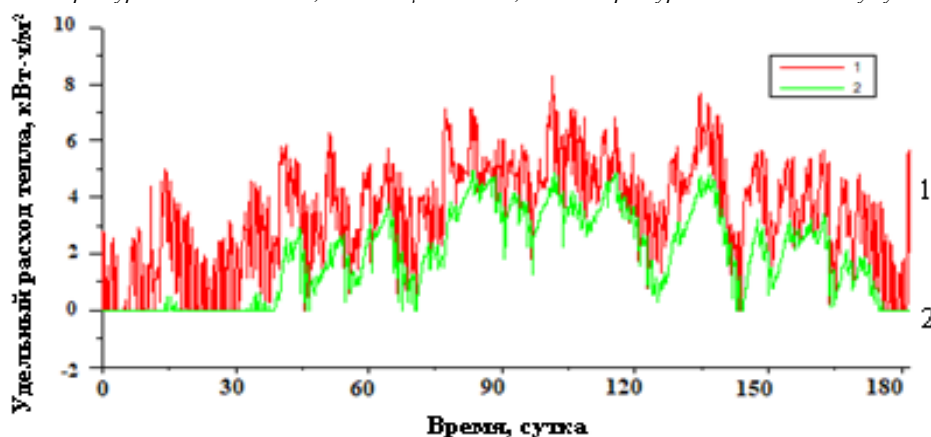


Рис.2. Почасовые изменения тепловой нагрузки традиционной системы отопления в отопительный сезон (15.10.2019 - 15.04.2020): 1-без активной ССО; 2-с активной ССО

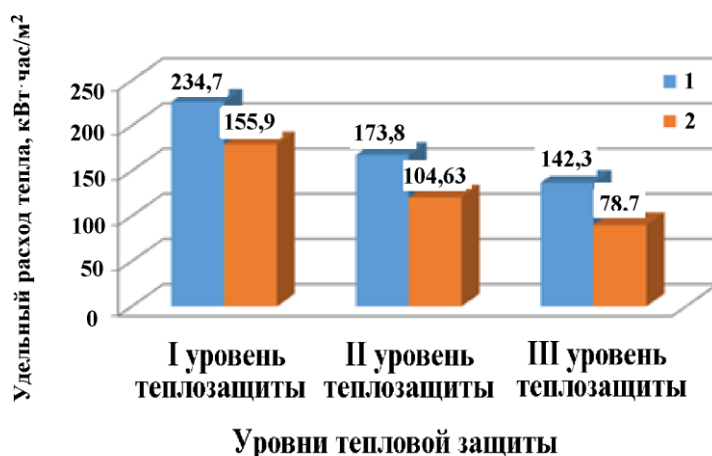


Рис. 3. Изменение удельного расхода тепла по уровням теплозащиты. 1- в случае, когда не используется активная ССО; 2- в случае, когда используется активная ССО с баком-аккумулятором

По результатам расчета, выявлено, что при использовании активной ССО с баком-аккумулятором, показали возможность снижения удельного теплопотребления на 78,81 кВт·ч/м² (33,4%), 69,17 кВт·ч/м² (39,79%) и 63,6 кВт·ч/м² (44,7%) соответственно, при первом, втором и третьем уровне теплозащиты зданий. Отметим, что по СНиП [4] значение первого уровня тепловой защиты составляет – 125,0 Вт/м², второго уровня составляет– 102,0 Вт/м² и третьего уровня составляет – 95,0 Вт/м²[5].

Литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».
2. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Energy Thermal Processes. –New York: A Wiley –Interscience Publication. 1991. - 919 p.
3. Е.Г. Малявина. Теплопотери здания. * М.: 2011 г. – 105 стр.
4. КМК 2.01.18-2000 Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений.
5. Д.У.Абдухамидов “Паст ҳароратли фаол куёш иситиш тизимларини танлаш, уларнинг схемаларини асослаш ва иссиқлик параметрларини оптималлаш” техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси Автореферати. Фарғона-2023й.

ЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТАДЖИКИСТАНЕ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА

М.А. Кудусов¹, У.Мадвалиев^{2,3}, Р. Бахромзод⁴, А.Р. Мукумов⁴

¹Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими,
г. Душанбе, Таджикистан

²ОАО «Системаавтоматика», 734024, Таджикистан,
г. Душанбе, ул. Дружбы Народов 62. ОАО «Системаавтоматика», E-mail: umarkhon@mail.ru

³Институт математики им. А. Джураева НАН Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан

⁴Физико-технический институт им. С. У. Умарова НАН Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация

Технический и экономический потенциал солнечной и ветровой энергетики в Таджикистане оценивается на основе многокритериальной методологии зон возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в которой используется ГИС-модель с такими важными критериями, как плотность ресурсов, расстояние до сети электропередачи, расстояние до логистической сети, высота и уклон, а также отсутствие пересечения с охраняемыми территориями, сельскохозяйственными угодьями, земельными и водными объектами.

Ключевые слова: солнечная и ветровая энергии, потенциал возобновляемых источников энергии, энергетика Таджикистана

1. Введение

Оценка потенциала ВИЭ в Таджикистане впервые была проведена в 2009 году в работе [1], и этот потенциал был оценен в 1926,35 МВт для ветровой и 545,2 МВт для солнечной энергии. В работе [2] технический потенциал солнечной энергии был оценен аналогичным методом в 499,6 МВт, а технический потенциал ветра - в 3846,15 МВт (экономически обоснованный потенциал – 1926.35 МВт). Также есть и другие данные 195000 МВт и 2000 МВт для солнечного и ветрового потенциала [3] соответственно и ветровой потенциал в 1000 МВт [4]. Однако подход, принятый в указанных работах, основан на расчете технического потенциала исходя из средней солнечной радиации в населенных районах (7% суши Таджикистана), используя площадь солнечных панелей на душу населения в 2 кв. м и преобразуя технический потенциал в социально-экономический, предполагая, что солнечная энергия будет экономична только в периоды дефицита электроэнергии. Потенциал ветроэнергетики рассчитывается с использованием очень высокоуровневых и приближенных методов, основанных на количестве равнинной земли. Оценки потенциала солнечной и ветровой энергетики не основаны на картах плотности ресурсов, которые зарекомендовали себя как более точный метод оценки энергетического потенциала.

В данной работе валовый и технический потенциал солнечной энергии Таджикистана был определен на основе многокритериального и многоэтапного подхода с использованием ГИС технологии.

2. Определение валового и технического потенциала солнечной энергии

В рамках текущей работы используются обновленные карты ресурсов ветра и солнечной энергии в качестве ключевых источников данных. Для оценки их потенциала используется методология зон ВИЭ [5]. Зона ВИЭ определяется как: "Географическая зона, которая позволяет развивать прибыльную и экономически эффективную возобновляемую энергетику, подключенную к сети" [6]. Для извлечения параметра P_{VOUT} (плотность солнечных ресурсов, выраженная в киловаттах электроэнергии) используется Глобальный солнечный атлас.

Сначала были определены районы с наилучшими солнечными ресурсами с использованием ГИС-обработки карт ресурсов. В таблице 1 перечислены пороговые значения, используемые для ГИС-обработки этих карт. Из-за больших различий в качестве солнечных ресурсов в разных территориях использовались разные сводные значения. Следовательно, для определения районов с наибольшим солнечным ресурсом был использован более высокий порог в 4,8 кВтп/кВтч.

Согдийская область имеет низкий уровень солнечного ресурса по сравнению с остальной частью страны, поэтому был использован более низкий порог.

Таблица 1. Пороговый показатель плотности ресурсов (PVOUT и коэффициент пропускной способности), учитываемый для регионов Таджикистана

Регионы	PVOUT	коэффициент пропускной способности
Согд	4.0	40%
Районы республиканского подчинения (РРП)	4.2	40%
Хатлон	4.2	40%
Горно-Бадахшанская автономная область (ГБАО)	4.8	40%

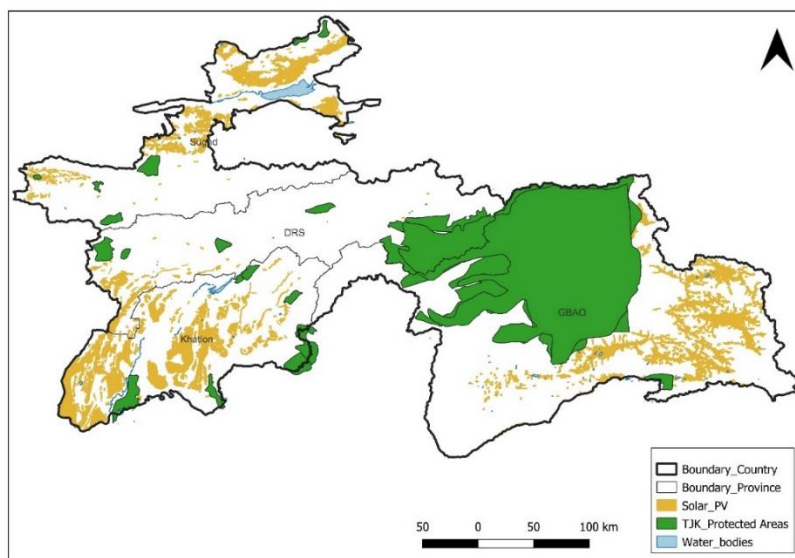


Рисунок 1. Карта, показывающая валовый потенциал солнечной энергии в Таджикистане

Таблица 2. Валовый потенциал солнечной энергии по регионам.

Регионы	Площадь (кв. км)	Солнечный потенциал (МВт)	Наблюдение
Согд	2,917	145,850	Согдийская область располагает богатыми природными ресурсами, особенно вблизи Кайраккумского водохранилища и Пенджикентской долины.
РРП	540	27,000	Хорошие районы с наибольшими потенциалами находятся на юго-западе Душанбе.
Хатлон	4,476	223,800	Хатлон имеет самый мягкий рельеф по сравнению с другими регионами, что приводит к большим территориям с хорошим потенциалом солнечной энергии.
ГБАО	5,004	250,200	50% территории этого района находится под охраняемыми территориями. Остальные 50% имеют районы с очень высоким солнечным потенциалом.
Общее	12,937	646,850	Хатлон имеет наибольший потенциал солнечной энергии

Далее были сокращены участки с высоким уровнем ресурсов с использованием многокритериального исключения для выявления подходящих зон возобновляемой энергии.

Критерии для определения подходящих зон приведены на таблице 4. После сокращения технический потенциал солнечной энергии было оценен в 369600 МВт (таблица 5). Основные подходящие зоны для определения технического потенциала приведены на рисунке 2.

Таблица 3. Пороговые значения для анализа исключений

Критерии	Логический оператор	Солнце	Ветер
Площадь (кв. км)	$\geq$	5	10
Наклон ($^{\circ}$)	$<$	17	17
Высота над уровнем моря (м)	$<$	2000	2000
D_t (km)	$<$	50	50

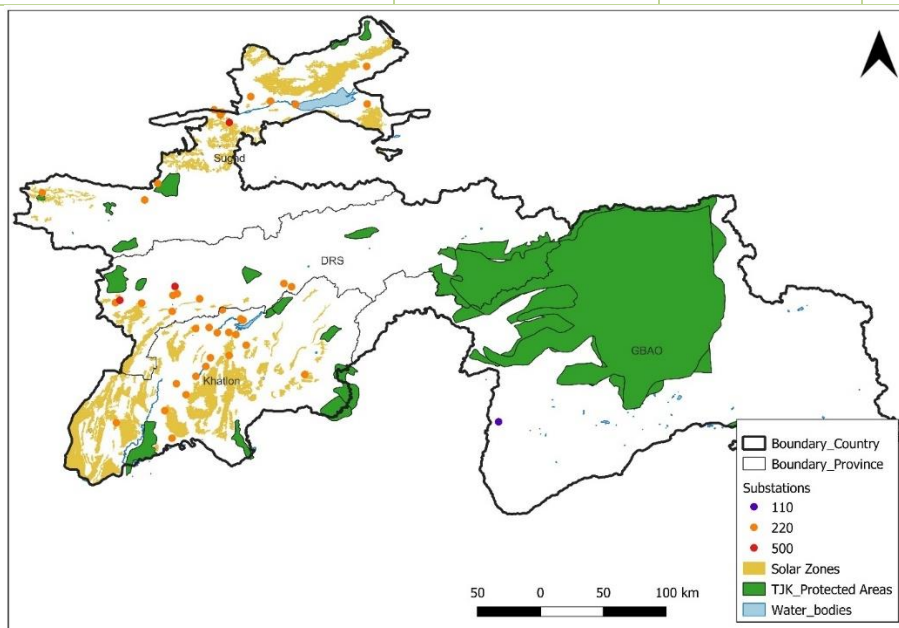


Рисунок 2. Карта, показывающая технический потенциал солнечной энергии в Таджикистане после анализа исключений

Таблица 4. Технический потенциал солнечной энергии по регионам после анализа исключений

Регионы	Площадь (кв. км)	Солнечный потенциал (МВт)	Наблюдение
Согд	2,717	135,850	Земельные участки меньшей площади были исключены на этапе 2
РРП	460	23,000	Земельные участки меньшей площади были исключены на этапе 2
Хатлон	4,215	210,750	Земельные участки меньшей площади были исключены на этапе 2
ГБАО	0	0	Все земельные участки, определенные как потенциальные районы на этапе 1, имели высоту более 2000 м, следовательно, были исключены на этапе 2. Поскольку в Хороге есть только один узел передачи, расстояние до узла передачи также привело к исключениям на этапе 2
Общее	7,392	369,600	Все районы, выявленные в районе ГБАО, были исключены

Определение природного и технического потенциала ветровой энергии

Для определения валового и технического потенциала ветровой энергии Таджикистана на основе многокритериального и многоэтапного подхода был использован Глобальный атлас ветра¹. Данный атлас используется для извлечения параметра коэффициента мощности установки (CF) для ветрогенератора класса 3. CF – это показатель плотности ветровых ресурсов, который был преобразован в выработку энергии. Потенциальные ветровые зоны определяются путем разграничения областей, средний коэффициент мощности которых превышает заданный порог. Карта ресурсоемкости преобразуется в карту непрерывного цветового перехода, чтобы выделить области с высоким уровнем ресурсов.

Пороговыми значениями, используемыми для анализа исключения, являются: средний уклон $\leq 17^\circ$, среднегодовой CF $\geq 35\%$, высота над уровнем моря ≤ 1200 м и отсутствие перекрытия с застроенными и сельскохозяйственными районами. На рис. 3 показан и на таблице 5 приведен валовый ветровой потенциал Таджикистана.

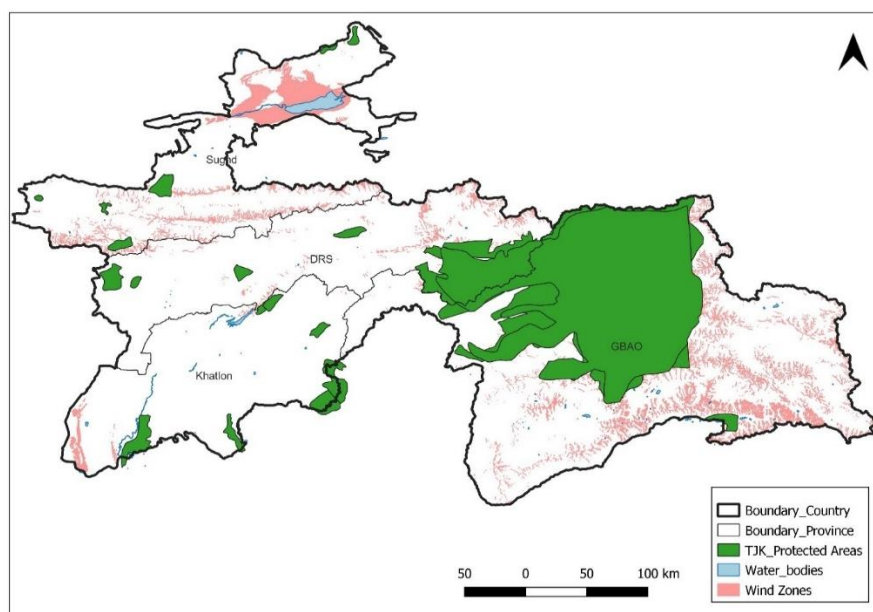


Рисунок 3. Карта, показывающая валовый ветровой потенциал Таджикистана

Таблица 5. Валовый потенциал ветра в зависимости от региона

Регионы	Площадь (кв. км)	Ветровой потенциал (МВт)	Наблюдение
Согд	1,938	9,689	Согдийская область обладает лучшим ветровым потенциалом в стране. Лучшие ресурсы находятся вблизи Кайраккумского водохранилища. Другие небольшие участки выявлены на вершинах гор
РРП	145	725	На вершинах гор были выявлены очень небольшие участки земли с хорошими ресурсами
Хатлон	192	961	Было выявлено лишь несколько районов вблизи южной части страны.
ГБАО	837	4,183	На вершинах гор были выявлены очень небольшие участки земли с хорошими ресурсами
Общее	3,111	15,557	Большинство выявленных потенциальных районов находятся на вершинах гор.

¹ <https://globalwindatlas.info/>

После исключений были определены основные зоны и участки, подходящие для расчета технического потенциала ветра в Таджикистане. Эти зоны показаны на рисунке 4, а показатели потенциала приведены в таблице 6.

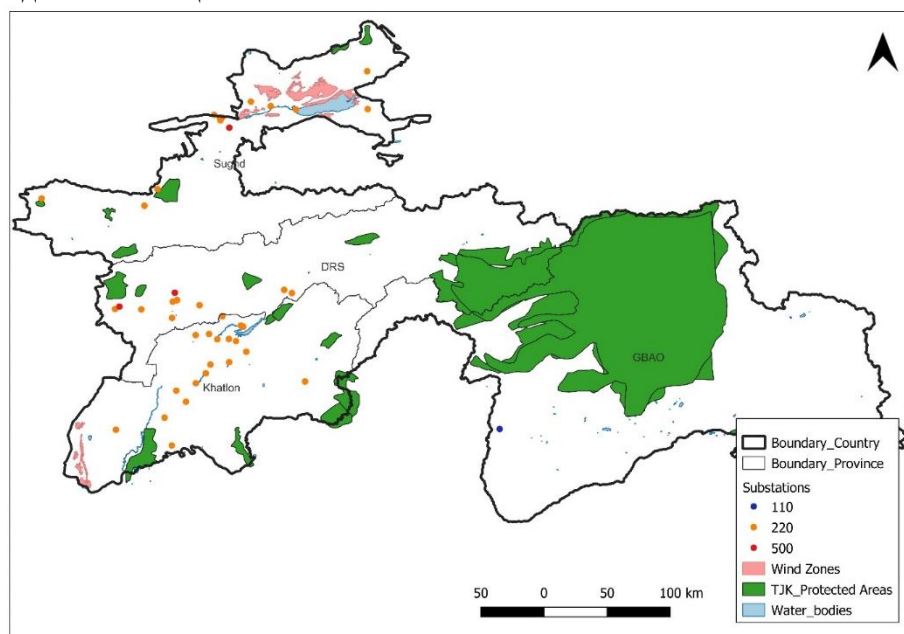


Рисунок 4. Карта, показывающая технический потенциал ветра в Таджикистане после анализа исключений

Таблица 6. Технический потенциал ветра в Таджикистане с учетом регионов после анализа исключений

Регионы	Площадь (кв. км)	Ветровой потенциал (МВт)	Наблюдение
Согд	740	3,700	Все более мелкие участки были исключены на этапе 2
РРП	0	0	Выявленные участки были небольшими и располагались на вершинах гор. Кроме того, расстояние до узлов передачи составляло более 50 км, следовательно, эти районы были исключены на этапе 2
Хатлон	157	785	Все более мелкие участки были исключены на этапе 2
ГБАО	0	0	Выявленные участки были небольшими и располагались на вершинах гор. Это неосуществимо для ветровых зон. Кроме того, расстояние до узлов передачи составляло более 50 км, следовательно, эти районы были исключены на этапе 2
Общее	897	4,485	Все меньшие участки были удалены на этапе 2, особенно те, что находятся на вершинах гор, из-за большой высоты.

В результате анализа исключений в Таджикистане было выделено 134 солнечные зоны и 13 ветровых зон.

Особое примечание о ГБАО: ГБАО обладает большим потенциалом для использования солнечной энергии и ветра. Однако потребление невелико, и распределительная сеть 35/10 кВ в большей части ГБАО может поддерживать только небольшие электростанции мощностью до 5 МВт. Единственными крупными центрами нагрузки являются Хорог и Вандж, которые соединены сетью 110 кВ. Однако ближайшие зоны ВИЭ к Хорогу и Ванджу находятся более чем в 50 км от энергосистемы. Следовательно, эти зоны были исключены, поскольку стоимость подключения была бы высокой. В остальной части ГБАО существует большой потенциал для строительства небольших солнечных и ветровых электростанций (каждая мощностью менее 1 МВт) с накопителями энергии,

которые могут быть использованы для электрификации небольших поселков и деревень. Подводя итог, можно сказать, что ГБАО не подходит для масштабной реконструкции коммунальных предприятий с использованием подхода зон ВИЭ.

3. Выводы

Валовый потенциал ВИЭ в Таджикистане составляет а) 646 850 МВт для солнечной энергии и б) 15 557 МВт – для ветровой. Почти 40% совокупного солнечного потенциала приходится на регион ГБАО. Технический потенциал ВИЭ в Таджикистане составляет а) 369 600 МВт для солнечной энергии и б) 4 485 МВт – для ветровой.

Для успешного и быстрого развития солнечной энергетики зон в РРП имеются все предпосылки благодаря близости к крупным центрам загрузки, таким как Душанбе и Турсунзода (Таджикская алюминиевая компания). Согдийская область обладает лучшими ветровыми ресурсами и, следовательно, имеет лучшие зоны для немедленного развития ветроэнергетики.

Литература

1. G. Petrov, K. Akhmedov, K. Kabutov и K. Karimov, «General assessment of the situation in the energy sector in the world and Tajikistan,» Proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Department of Physical and Mathematical, Chemical, Geological and Technical Sciences No. 2 (135), т. 135, № 2, (2009).
2. Shvedov G. V., Chorshanбиеv S. R., Vaskov A. G. , «2018 International Ural Conference on Green Energy,» в Analysis and evaluation of potential of renewable energy resources of Republic of Tajikistan, Chelyabinsk, 2018.
3. UNDP, «Renewable Energy Snapshots. UNDP in Europe and Central Asia,» 23 07 2014. [В Интернете]. Available: <https://www.undp.org/eurasia/publications/renewable-energy-snapshots>. [Дата обращения: 26 07 2023].
4. Karimov, K. S., Akhmedov, K. M., Abid, M., & Petrov, G. N., «Effective management of combined renewable energy resources in Tajikistan,» Science of the total environment, V. 461, Pp. 835-838, (2013).
5. Akash, J., Kudusov, M., Akanksha, J. et al. A Multicriteria Approach to Identifying and Developing Renewable Energy Zones in Tajikistan. Appl. Sol. Energy V. 59, Pp. 176–188 (2023).
6. N. Lee, F. Flores-Espino and D. Hurlbut, «Renewable Energy Zone (REZ) Toolkit». Greening the Grid, (2017).

СРАВНЕНИЕ РАСЧЁТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ БЛОКА СВЕТОВОГО ПРОЕМА СОЛНЕЧНОГО ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

Ж.С. Ахатов, Х.С. Ахмадов, А.Ю. Ибодуллаев, И.Х. Туйчиев

Физико-технический институт АН РУз.

ул. Ч. Айтматова 2Б, 100084-Ташкент, Узбекистан, e-mail: xushdil.ahmadov@gmail.com

Аннотация

В данной статье проведена оценка теплофизических параметров цилиндрического блока светового проема солнечного термохимического реактора с внутренним радиусом $R_i=32,5$ мм, с внешним радиусом $R_o=42,5$ мм, длиной $L=100$ мм, проанализированы процессы происходящие в нем. Размеры блока приведены в основной части статьи. Теплофизические процессы, протекающие внутри светового проема блока солнечного термохимического реактора, разработаны при помощи программ Comsol Multiphysics и Solidworks, граничные условия $u_1=0,01$ м/с, $u_2=0,05$ м/с, $u_3=0,1$ м/с, $u_4=0,5$ м/с, $u_5=1$ м/с, $u_6=2$ м/с, $u_7=3$ м/с, скорость $u_8=5,0$ м/с, $q=800$ Вт/м², $C=150$, $T_0=25^\circ\text{C}$. В результате, приняв скорость поступающей воды равной $u=1,0$ м/с, создается необходимая для процесса температура. Отсюда видно, что скорость воды при входе в блок светового проема солнечного термохимического реактора составляет 1,0 м/с.

Ключевые слова: Солнечная энергия, солнечный реактор, блок светового проема, тепловой поток, термохимический реактор, прозрачное стекло, эффективность преобразования.

Введение

Водород является универсальным источником энергии и в будущем может стать переходным энергоресурсом при полном переходе от традиционных источников энергии к возобновляемым источникам энергии и замене углеводородов в качестве источников энергии [1-2]. Производство водорода из ископаемого топлива обходится дорого. Поэтому желательно производить водород с использованием возобновляемых источников энергии. Солнечная энергия может удовлетворить энергетические потребности всего мира, используя несколько процентов незаселенных территорий [3,4]. В то же время производство водорода с использованием концентрированной солнечной энергии является одним из перспективных методов. Разработаны экспериментальные проекты по циклу термического разложения воды в реакторе, расположенного в центре концентратора, также достигнуты определенные результаты [5-7]. В Узбекистане, в Китае, в Японии, в Швейцарии, во Франции, разработаны концепции солнечных термохимических реакторов, в которых получены определенные результаты [8-13].

Основная часть

Задачей блока светового проема является усовершенствование конструкции охлаждающего устройства для реактора, где имеется возможность контролирования температуры и охлаждения светопропускающего стекла блока светового проема реактора, не допуская её перегрева с уменьшением конвективных теплопотерь, а также использование недорогого обычного стекла используемого в блоке светового проема реактора.

Поставленная задача решается тем, что в предлагаемом блоке светового проема в светоприёмной части блока реактора устанавливаются два светопропускающих стекла, где для недопущения её перегрева от солнечного излучения внесена система охлаждения водой между ними, где также снижаются конвективные теплопотери, и обеспечивается стабильность прохождения реакции в реакторе [14]. На рис. 1 представлен общий вид блок светового проема солнечного термохимического реактора. На основе термохимического цикла выполнены расчеты для определения теплофизических и термохимических параметров системы производства водорода. В программах Comsol Multiphysics и SolidWorks была разработана 3D-модель Солнечного термохимического реактора и блока светового проема солнечного термохимического реактора с усовершенствованием его системы охлаждения (рис. 1). Был смоделирован солнечный термохимический реактор и его блок переноса пучка, а также разработана 1-я модель экспериментального реактора на основе термохимического метода (рис. 2) и проведены предварительные эксперименты (рис. 3).

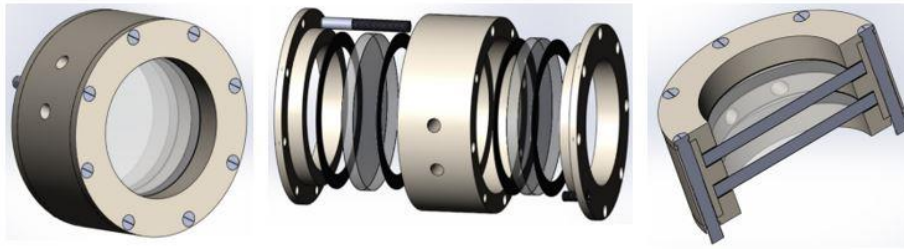


Рис. 1. Общий вид блок светового проема солнечного термохимического реактора

Экспериментальное сравнение и проверка модели

В программе Comsol Multiphysics было смоделировано радиационное устройство солнечного термохимического реактора с помощью ламинарного течения, неізотермического течения, теплообмена в жидкости и границ раздела излучений. При этом тепловые параметры блока определялись в эксперименте.

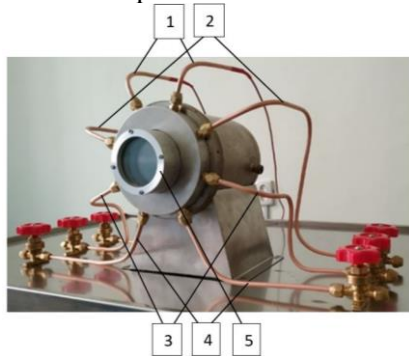


Рис.2. Первый опытный образец реактора для получения водорода на основе термохимического метода



Рис.3. Реактор термохимического производства водорода прототип 1, установленный на солнечном концентраторе

На рис. 2 показаны: 1-термопары, 2-вход и выход для газообразного аргона, 3-вход и выход воды для реакции, 4-вход и выход воды для системы охлаждения, 5- блока светового проема солнечного термохимического реактора.

В ходе эксперимента данные были получены с помощью следующих измерительных приборов (рис. 4 и рис. 5).

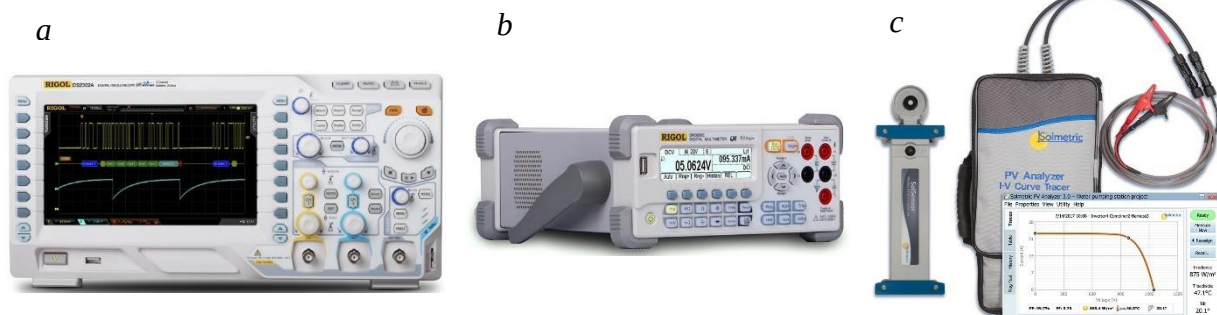


Рис.4. Rigol DS2202A – Осциллограф цифровой (a)[15], Rigol DM3058E – Прецизионный мультиметр (b)[16], Solmetric – PV Analyzer I-V Curve Tracers (c)[17].

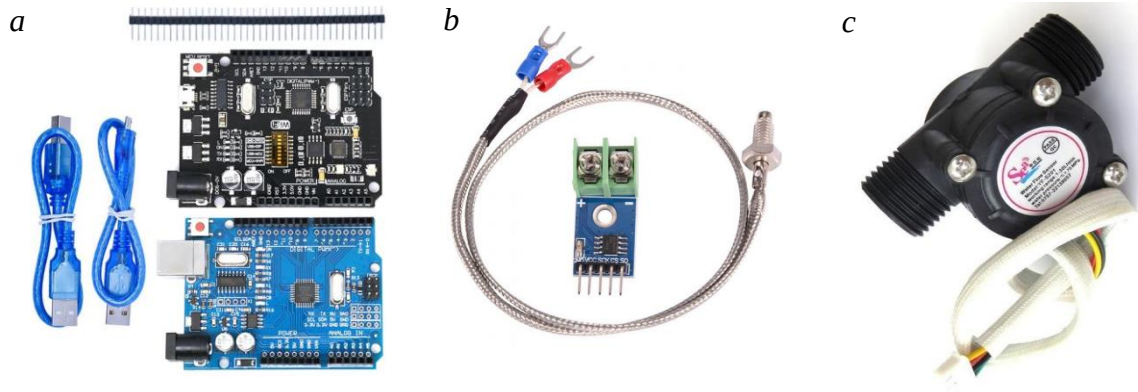


Рис.5. Arduino Uno SMD – микроконтроллер (a)[18], MAX6675 модуль – термопары типа K (b)[19], DN15 G1/2 – датчик расхода воды (c)[20].



Рис.6. Блок светового проема солнечного термохимического реактора присоединяется к самому реактору, а процесс контроля осуществляется в отдельном концентраторе.

Блок светового проема солнечного термохимического реактора был присоединен к самому реактору (рис. 6 (a)) и исследовался отдельно (рис. 6 (б)).

Результаты в обоих случаях близки друг к другу и представлены в табл. 1. Для сравнения температуры на поверхности модели были выбраны 7 точек A, B, C, D, E, F и G (рис. 7) и определены температуры этих точек для стационарного состояния (табл. 1). В ходе эксперимента были определены температуры одних и тех же точек с помощью модуля MAX6675 - термопары типа K и SMD-микроконтроллера Arduino Uno, полученные результаты представлены в таблице 1.

Таб. 1. Расчёты и экспериментальные результаты, стандартная среднеквадратическая ошибка (RMSE) и средняя абсолютная ошибка (MAE) и коэффициент корреляции (R)										
	A	B	C	D	E	F	G	RMSE	MAE	R
Расчёты	310 K	305 K	312 K	313 K	297 K	300 K	300 K	15.86K	3 K	0.83
Эксперимент	308 K	302 K	307 K	305 K	300 K	300 K	300 K			

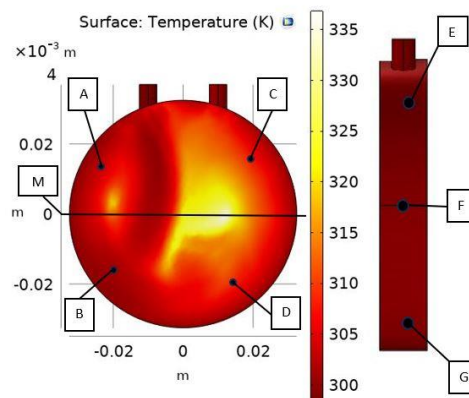


Рис.7. Выбранные точки для сравнения модели и эксперимента в блоке светового проема солнечного термохимического реактора.

Экспериментальные результаты сравниваются с результатами, полученными в COMSOL Multiphysics. На рис.8 сравниваются температуры в выбранных точках, а модель CFD и экспериментальное сравнение также представлены отдельно на рис. 9.

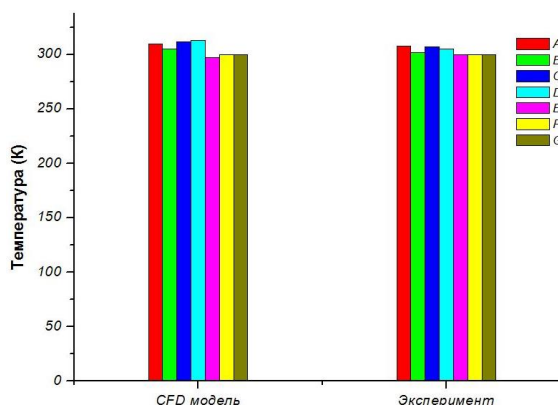


Рис.8. Расчёты и экспериментальные результаты выбранных точек блока светового проема солнечного термохимического реактора

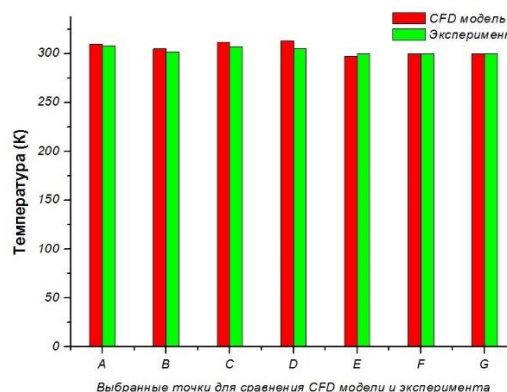


Рис.9. Расчёты и экспериментальные результаты выбранных точек блока светового проема солнечного термохимического реактора

Выводы

С учетом вышеизложенных результатов, теплофизические процессы, происходящие внутри блока светового проема солнечного термохимического реактора в программе Comsol Multiphysics, при граничных условиях $q=800 \text{ Вт/м}^2$, $C=150$, $T_0=25^\circ\text{C}$, вода на входе показал, что скорость $u=1 \text{ м/с}$. Выходящую из блока воду желательно использовать для термохимического процесса в реакторе. Если скорость выше 1 м/с , давление может увеличиться и повредить светопропускающее стекло. При скорости поступающей воды для охлаждения блока светового проема солнечного термохимического реактора 1 м/с и входном отверстии $4\text{--}4,5 \text{ мм}$ количество выходящей каждую секунду воды близко к 1 молу , и мы можем снабжать водой двухстадийный термохимический цикл, направляя эту нагретую воду непосредственно в реактор.

Литература

1. Steinfeld, A., 2005. Solar thermochemical production of hydrogen: a review. *Sol. Energy* 78, 603–615.
2. Boltaev, S.A., Akhmadov, K.S., Gapparov, U.R., ...Kurbanov, M.K., Saidov, D.S. Thermotechnical and Adsorption Characteristics of the SrCl_2 Adsorbent for Ammonia Vapors in Solar Absorption Cycles. *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika)*, 2022, 58(1), pp. 116-120.
3. IRENA and IEA-ETSAP. Technology Brief 4: Thermal Storage. Technical Report January, 2013.
4. Xing Li, Xin Li and Jasurjon S. Akhatov. Feasibility and Performance Study of Solar Combined Heat and Power System with Absorption Heat Pump in Uzbekistan. *Applied Solar Energy* volume 56, pages. 498–507 (2020).
5. A.A.Abdurakhmanov, A.Sh.Khodzhaev, M.A.Mamatkosimov, and Zh.Z.Akhadov. Development of Autonomous Solar Hydrogen Power Plant of Capacity to 5 kW. *Applied Solar Energy*, 2009, Vol. 45, No. 2, pp. 96–98.
6. Tianzeng Ma, Jian Cong, Zheshao Chang, Qiangqiang Zhang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Heat transfer and solar absorption analysis of multiscale CeO_2 reduction for rapid H_2 production prediction // *International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 47, Issue 51, 16 June 2022, Pages 21681-21689.
7. Jian Cong, Tianzeng Ma, Zheshao Chang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Coupling of the water-splitting mechanism and doping-mixture method to design a novel Cr-perovskite for rapid and efficient solar thermochemical H_2 production // *Inorg. Chem. Front.*, 2022, 9, 5714-5724.
8. Jasurjon S. Akhatov, Khushdil S. Akhmadov. Extraction of hydrogen from water using CeO_2 in a solar reactor using a concentrated flux of solar radiation. *Applied Solar Energy*, 2022, Vol. 58, No. 6, pp. 889–894.
9. E. Koepf, I. Alxneit, C. Wieckert, A. Meier. A review of high temperature solar driven reactor technology: 25 years of experience in research and development at the Paul Scherrer Institute. *Applied Energy* 188 (2017) 620–651.

10. Shaomeng Dai, Zheshao Chang, Chun Chang, Jasurjon S. Akhatov, XinLi. Numerical study on the directly-irradiated vortex reactor for solar CO₂ coal gasification. *Solar Energy*. Volume 188, August 2019, Pages 573-585.
11. Robert C. Pullar, Rui M. Novais, Ana P. F. Caetano, Maria Alexandra Barreiros, Stéphane Abanades and Fernando A. Costa Oliveira. A Review of Solar Thermochemical CO₂ Splitting Using Ceria-Based Ceramics with Designed Morphologies and Microstructures. *Front. Chem.*, 04 September 2019. Sec. Chemical and Process Engineering Volume 7 – 2019. doi.org/10.3389/fchem.2019.00601.
12. Selvan Bellan, Tatsuya Kodama, Hyun Seok Cho, and Jin-Soo Kim. Hydrogen production by solar fluidized bed reactor using ceria: Euler-Lagrange modelling of gas-solid flow to optimize the internally circulating fluidized bed. *Journal of Thermal Science and Technology*, Vol.17, No.2 (2022).
13. Jian Cong, Tianzeng Ma, Zheshao Chang, Qiangqiang Zhang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Neural network and experimental thermodynamics study of YCrO₃- δ for efficient solar thermochemical hydrogen production // *Renewable Energy*. Volume 213, September 2023, Pages 1-10.
14. Akhatov J.S., Samiyev K.A., Khalimov A.S., Akhmadov Kh.S., Rashidov K.Y., Light-transmitting block of a solar-thermochemical reactor. № FAP 02072, 2022.
15. <https://fortek.uz/ru/oscillografy/1030-ds2202a-cifrovoy-oscillograf.html>.
16. http://www.rurigol.ru/e-store/index.php?SECTION_ID=1778&ELEMENT_ID=11131877.
17. <https://www.solmetric.com/pvanalyzermatrix.html>.
18. <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd>.
19. <https://www.electronicshobby.com/max6675-module-with-k-type-thermocouple-sensor-india>.
20. <https://aliexpress.ru/popular/digital-water-flow-sensor.html?g=y&page=3>.

RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT AS A WAY TO ACHIEVE DECARBONIZATION GOALS

V. Liubchik

Belarusian National Technical University, UNESCO Chair "Energy Conservation and RES",
Nezavisimosti Ave. 65, 220013 Minsk, Belarus, E-mail: olga.liubchik@yandex.ru

Abstract

The article analyses the impact of energy sector on greenhouse gas emissions and possibilities to reduce the emissions using renewable energy sources. Shares of various types of renewable energy sources in the production of electricity and heat in the world and in the Republic of Belarus were calculated. Analysis of renewable energy development in a number of countries with a high share of electricity generation at nuclear power plants was made; an absolutely harmonious development of these both energy industries was discovered. The contribution of renewable energy sources and nuclear energy to the decarbonization of the energy sector in the world and in the Republic of Belarus was calculated. It was determined that development of renewable and nuclear energy is quite in line with the principles of sustainable development and helps to increase the level of energy sector sustainability.

Key words: decarbonisation, renewable energy, nuclear energy, greenhouse gas emissions

1. Introduction

The growth of anthropogenic impact on the environment and the increase in emissions of pollutants, as well as the resulting global climate change, negatively affects environmental safety of many countries and the quality of life on the planet. The world has already experienced the effects of global warming: over the past 25 years, temperature rises on the average by 0.03°C per year.

The Republic of Belarus, which has temperate continental climate, also faced the effects of global warming: long waves of heat with daytime temperatures exceeding 30 °C, low groundwater levels, warm winters with little snow and other negative effects became noticeable and caused widespread concern.

The energy sector significantly impact on the environment, emitting huge amounts of greenhouse gases and accelerating the pace of global warming. Since the growth in energy consumption due to the growth of the world's population and rising living standards exceeds the reduction in energy consumption due energy-saving projects, it is important to take urgent measures to decarbonize energy sector.

2. Current decarbonization trends and renewable energies development

When analyzing current trends in avoiding greenhouse gas emissions in the energy sector, three ways should be noted: use renewable energy sources, change of fuel from coal to natural gas, and development of nuclear energy [1]. Moreover, the existing contribution of renewable energy to avoiding emissions in the world is three-quarters of the total contribution of all these three ways.

The share of modern renewable energy sources (not taking into account the traditional use of biofuels) in final energy consumption for 2020 in the world was 11.5%, in Europe this index was at a level of 18.1% (Fig. 1). It is expected that by 2030 the share of renewable energy will increase and will be in the range of 15.4-22.8% of world energy consumption and in the range of 26.8-34.0% of European one [2]. As of 2020, modern renewable energy sources covered 28.0% of the world's electricity needs and 4.7% of heating needs. By 2030, according to the scenarios considered in [2], they will be able to cover from 37 to 49 percent of the electrical energy consumed in the world.

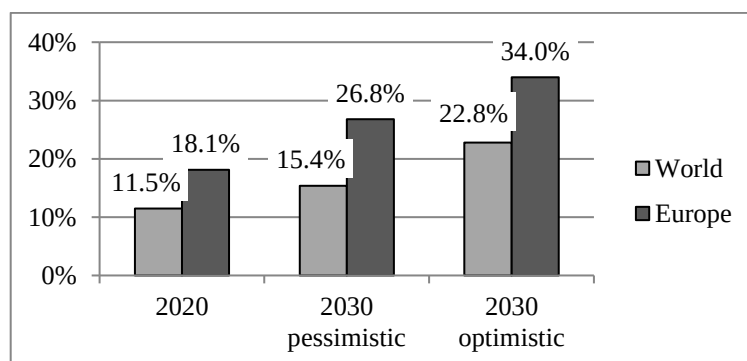


Figure 1. Share of renewable energy sources in final energy consumption

The structure of electricity and heat production from renewable energy sources in the world is shown on the diagrams (Fig. 2 and Fig. 3).

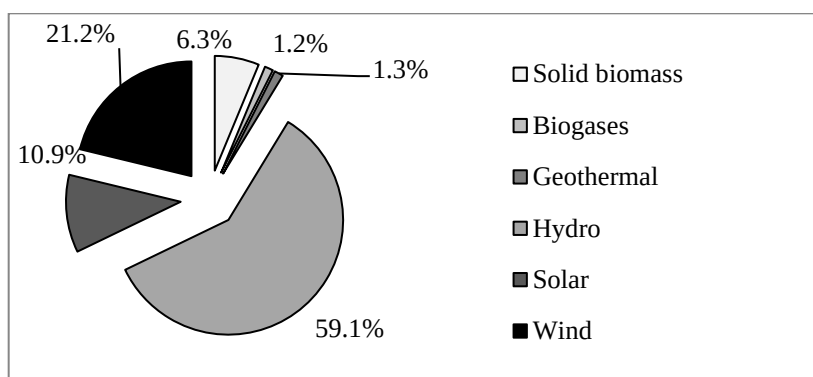


Figure 2. Share of various sources in the total electricity generation from renewable energy sources, world, 2020

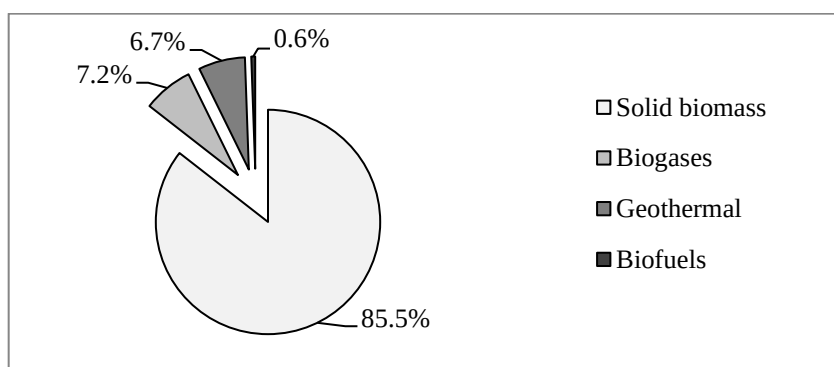


Figure 3. Share of various sources in the total heat generation from renewable energy sources, world, 2020

The Republic of Belarus, being a party to the United Nations Framework Convention on Climate Change, in accordance with its obligations, is also taking actions to avoid greenhouse gas emissions into the environment. Over the past decade, emissions from the energy sector accounted as 64-65%, and emissions of category 1A1 "Energy Industry", which includes the production of electricity and heat, as well as the production of fuels, including oil refining – 35-38% of the total greenhouse gas emissions, excluding the sector "Land use, land use change and forestry" (hereinafter LULUCF) [3, 4, 5]. It should be noted that during the period 2010-2020, greenhouse gas emissions in the country's energy sector were reduced by 5.4%, and emissions from the energy industry - by 8.0%.

As of 2020, in the Republic of Belarus, the largest contribution to avoiding emissions by changing the source of energy supply was also made by renewable energy sources. Their share in energy generation is presented in Fig. 4 and Fig. 5.

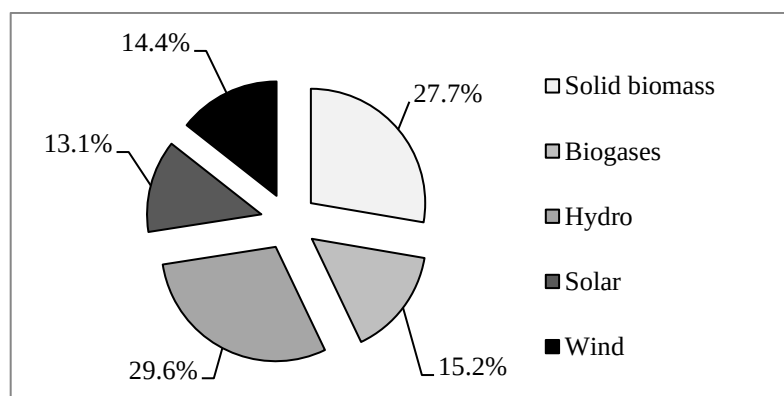


Figure 4. Share of various sources in the total electricity generation from renewable energy sources, Belarus, 2020

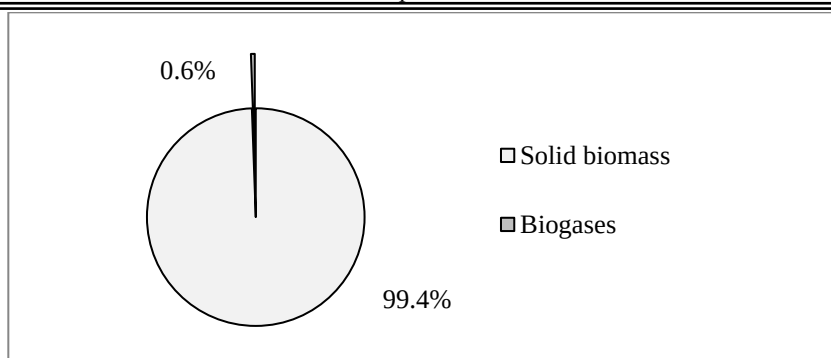


Figure 5. Share of various sources in total heat generation from renewable energy sources, Belarus, 2020

In September 2021, a new contribution to avoid emissions was identified in Belarus. According to it the country is committed to avoiding emissions by 35% by 2030 compared to 1990 level, taking into account LULUCF [5, 6]. This goal seems to be quite ambitious, but is still insufficient.

3. Specifics of joint development of renewable and nuclear energy

In the context of the commissioning of the Belarusian NPP, the dynamics of renewable energy development in the countries with a large share of electricity generation at nuclear power plants is very interesting. Among the leading countries in terms of installed capacity, generation or the share of nuclear power plants in total electricity generation, there are such countries as the United States of America, France, China, Russia, Korea, Canada, Slovakia. Table 1 shows the dynamics of electricity generation at nuclear power plants (1990-2021) and the dynamics of the share of modern renewable energy in the volume of total energy consumption (1990-2019) for some of the above countries.

Table 1. Development of renewable energy in countries with a large share of nuclear generation.

Country	France	Korea	USA
NPP share in electricity production	70,6 %	26,2 %	19,7 %
Share of renewable energy sources in fuel and energy consumption	15,5 %	3,4 %	10,4 %
Growth in the share of renewable energy (2000 - 2019)	1,6 times	4,9 times	1,9 times

As can be seen from Table 1, in all these countries great attention is paid to renewable energy development. Thus, in France, the share of energy production from renewable energy sources is quite high – 15.5%, which is 1.6 times more than it was in 2000. The growth of energy production from renewable energy sources in Korea is marked by a 4.9-times increase compared to 2000. In the United States of America, with a 10% share of renewable energy production, almost doubled the share of renewables since 2000.

The trend towards maintaining a high share of nuclear power in energy generation and at the same time developing renewable energy sources is quite in line with the principles of sustainable development:

- nuclear and renewable energy can reduce the consumption of fossil fuels, which, on the one hand, makes it possible to extend the operation of existing explored deposits, on the other hand, frees up resources for the production of non-fuel chemical products;
- both energies contribute to the reduction of greenhouse gas emissions;
- nuclear and renewable energy complement each other, ensuring the reliability of energy supply and the necessary flexibility of the energy system;
- both nuclear and renewable energy contribute to strengthening energy security as a component of sustainable energy development, reducing dependence on fuels export by diversifying energy sources;
- they expand opportunities for investment in energy, both for large companies and for small organizations and even individuals.

Taking into account global trends, it is possible to conclude that a large share of nuclear energy in the country's energy production is not an obstacle to the intensive development of renewable energies; on the contrary, this fact reflects the country's general course towards the decarbonization of the energy sector.

4. Progress in decarbonization made by use of renewable and nuclear energy

The reduction of greenhouse gas emissions by the energy sector, which was achieved in the world in 2020 only with help of renewable energy sources and nuclear energy use, is shown in Fig. 7.

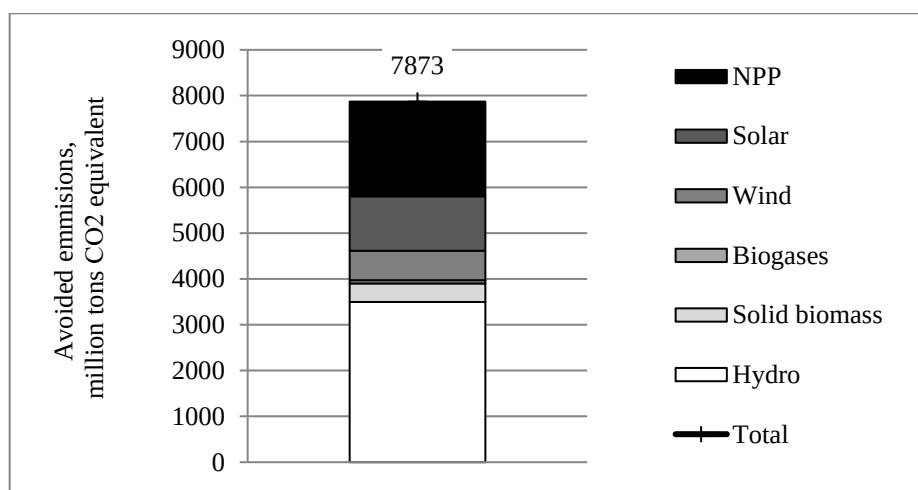


Figure 7. Greenhouse gas emissions reduction through the use of renewable and nuclear energy, world, million tons CO₂ equivalent, 2020

Emission reductions of 7.9 Gt CO₂ equivalent correspond to 25.1% of all emissions generated by the energy sector in 2020. Thus, we can talk about the prevention of a quarter of emissions produced by the energy sector through the use of the above mentioned technologies. The largest contribution to the emissions reduction was observed by hydropower.

In the Republic of Belarus, the replacement of fossil fuels, mainly gas, with renewable energy sources and nuclear energy reduced greenhouse gas emissions by 2.47 million CO₂-eq. (Fig. 8).

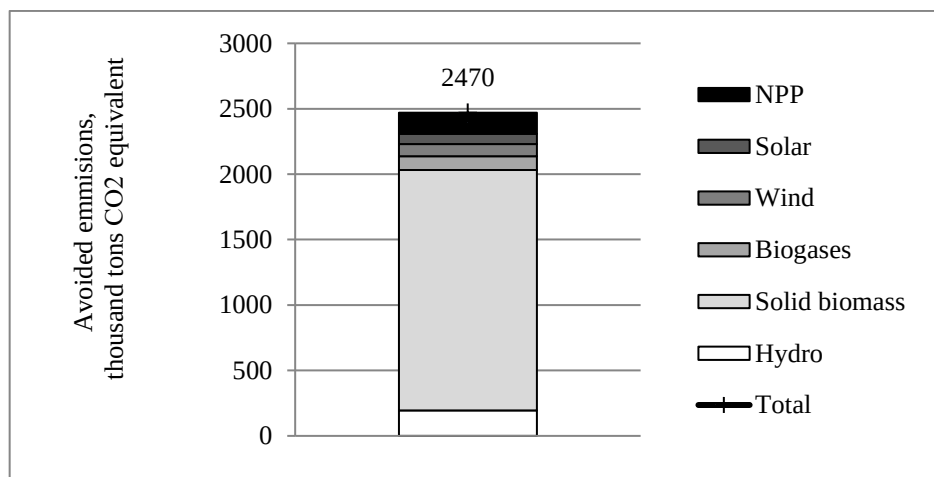


Figure 8. Greenhouse gas emissions reduction through the use of renewable and nuclear energy, Belarus, thousand tons CO₂ equivalent, 2020

In Belarus the largest reduction in greenhouse gas emissions has achieved through the use of solid biomass, which is actively used in heat production.

Considering global trends and the stable high rate of renewables development and their implementation in energy systems, there are reasons to assume that in the future the impact of renewable energy on energy sector decarbonization will increase.

5 Conclusion

Renewable energy sources play an important role in energy sector decarbonization and, as a result, climate change mitigation. The development of nuclear energy certainly makes a big contribution to the decarbonization of the energy sector, however, renewable energy sources provide great opportunities in load regulation, both from a technical and economic point of view.

Electricity demand is expected to double by 2050 due to economic and population growth coupled with accelerated electrification of heating, cooling and transport sectors compared to the level of 2015. This

increase in electricity demand represents a significant opportunity for decarbonization, as the growing energy demand can be covered by low-carbon energy that emits a minimum of greenhouse gases over its whole life cycle.

The sustainable development strategy assumes that in meeting our needs, we must take care of preserving resources for future generations. This applies both to providing energy and maintaining the environment in the state that is comfortable for living. Fossil fuels use limitation and anthropogenic greenhouse gas emissions reduction will contribute to strengthening the national security of each country and at the same time increase the level of sustainable energy sector development worldwide.

References

1. V.A. Liubchyk, The role of renewable energy in the decarbonization of the energy sector of the Republic of Belarus. *Environment and energy science*. 4(16), 27-37 (2022).
2. IRENA, Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Trade outlook for 2050 and way forward Part I (2022).
3. O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, et al., *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (2011).
4. EMEP/EEA, *air pollutant emission inventory guidebook*. EEA Report. 13 (2019).
5. D.V. Melekh, I.P. Narkevich, *Proceedings of BSTU*. 2(235), 205–213 (2020).
6. E.I. Kukharevich, Zh.N. Vasilevskaya, O.A. Dovnar, et al., *Environmental protection in the Republic of Belarus* (2021).

ҚАШҚАДАРЁ ВИЛОЯТИ ХУДУДИДА ҚУЁШЛИ, ҚИСМАН БУЛУТЛИ ҲАМДА БУЛУТЛИ КУНЛАР ТАҲЛИЛИ

Р. Эргашали*, А. Фаррух, А. Имяминов

ЎзР Энергетика Вазирлиги ҳузуридаги Қайта тикланувчи энергия манбалари миллий илмий-тадқиқот институти,

Ўзбекистон, 100084, Тошкент, Юнусобод тумани, Чингиз Айтматов кўчаси, 2Б, *E-mail:

eyurakhimov@gmail.com

Аннотация

Мақолада Қашқадарё вилоятининг қуёш энергиясидан фойдаланиш имокиниятларини баҳолаш мақсадига қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сони таҳлил қилинган. Бунда вилоят ҳудудига жойлашган метеорология станцияларининг осмонни булут қоплаши бўйича олиб борилган муддатли кузатув маълумотлари (2000-2022 йиллар оралиғи) дан фойдаланилган. Олинган натижаларга кўра, ўртача қуёшли кунлар энг кўп кузатилган кунлар сони Деҳқонобод ва Қариш метеорология станцияларида мос ҳолда 201 ва 206 кун эканлиги аниқланди. Қисман булутли кунлар сони Муборак ва Кўл метеорология станцияларида 71 кун ташиқил этган бўлса, Шаҳрисабз метеорология станциясида булутли кунлар сони энг кўп кузатилган бўлиб 146 кунни ташиқил этган. Энг кам кузатилган булутли кунлар сони Қариш ва Деҳқонобод метеорология станцияларида қайд этилган ва мос равишда 92 ва 95 га тенг.

Калит сўзлар: қуёшли (очиқ осмон) кунлар, қисман булутли кунлар, булутли кунлар, қайта тикланувчи энергия манбалари, метеорология станциялари.

1. Кириш.

Бугунги кунда дунё миқёсида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш энг долзарб масала бўлиб қолмоқда. Дунё бўйича 2020 йилга келиб, глобал электр энергияси ишлаб чиқаришдаги қайта тикланувчи энергия манбалари (ҚТЭМ) улуши 26% ни ташкил этган бўлса [1], бу кўрсаткич 2021 йил сўнгига келиб 38% ни ташкил этди. Қайта тикланмайдиган энергиянинг катта захираси талаб этадиган ёқилғи электр станцияларини фойдаланиш муддати тугагунига қадар фойдаланишдан чиқариш тўғрисида қарор қабул қилиши керак бўлган кўплаб мамлакатлар учун углерод чеклашни билдиради. Бу айниқса, деярли бутунлай катта ҳажмдаги қазиб олинмайдиган ёқилғили электр энергиясини ишлаб чиқаришга боғлиқ бўлган мамлакатларда яққол намоён бўлади. 2021 йилда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишга кучли ўтиш йили бўлди. Бунда жаҳон миқёсида деярли 257 GW қайта тикланадиган энергия қўшилди ва бу эса қайта тикланадиган энергия захирасини 9,1% га оширди ҳамда глобал энергия қўшимчаларининг мисли кўрилмаган 81% ни ташкил этди [2].

Ўзбекистон Республикасида ҳам қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш кўрсаткичлари ортиб бормоқда. Бу борадаги ишларни сўнгги йилларда олиб борилаётган ислохотлардан кўриш мумкин, жумладан: 2021 йилда Навоий вилоятида қуввати 100 MW бўлган мамлакатимиздаги биринчи қуёш электр станцияси ишга туширилган бўлса, 2022 йил май ойлари сўнгига Самарқанд вилояти Нуробод туманида қуввати 100 MW бўлган яна бир қуёш электр станцияси ишга туширилди [3].

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 16.02.2023 йилдаги «2023 йилда қайта тикланувчи энергия манбаларини ва энергия тежовчи технологияларни жорий этишни жадаллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-57-сон қарори ижтимоий ва уй-жой коммунал хизмат кўрсатиш соҳаларида ҳамда иқтисодиёт тармоқларида қайта тикланувчи энергия манбаларини кенг жорий этиш, энергия самарадорлигини ошириш орқали республика ҳудудларида энергия тақчиллиги қопланишини таъминлаш, бу борадаги ишларни комплекс ташкил этиш ҳамда инвесторлар учун қулай шароитлар ва рағбатлантириш механизмларини жорий қилиш бўйича ишларни жадаллаштириб юборди. Ушбу қарорда умумий қуввати 4300 MW бўлган қайта тикланувчи энергия манбаларини, шу жумладан 2100 MW – йирик қуёш ва шамол электр станциялари, 1200 MW – ижтимоий соҳа объектлари, хўжалик субъектларининг бино ва иншоотлари ҳамда хонадонларда ўрнатиладиган қуёш панеллари, 550 MW – тадбиркорлар томонидан барпо этиладиган кичик фотоэлектр станцияларини ишга тушириш бўйича тақлифлар, топшириқлар ва чора тадбирлар режаси белгиланган.

Режага кўра, Самарканд вилояти Каттакўрғон туманида 2023 йилда ишга тушириладиган умумий қуввати 100 MW бўлган катта қувватли қуёш электр станцияси, ҳамда ижтимоий соҳа объектлари ва давлат идораларида умумий қуввати 10,8 MW бўлган кичик қувватли қуёш электр станцияларини ўрнатиш режалаштирилган [4].

2. Тадқиқот ишининг долзарблиги.

Катта қувватли қуёш фотоэлектрик станцияларининг иш унумдорлигига таъсир этувчи ташқи иқлимий омиллар талайгина, булар: осмоннинг булутлилиқ даражаси, атмосфера шаффофлиги, ҳаво ҳарорати ва намлиги, шамол тезлиги ва йўналиши кабилардир. Қуёшдан атмосфера қатламига етиб келувчи ёруғлиқ энергиясини маълум бир математик ифодалар ёрдамида аниқлаш қийин эмас [5]. Аммо атмосфера қатламидан ергача, яъни фотоэлектрик панель сиртига тушувчи қуёш энергияси интенсивлигини аниқлаш бирмунча қийинчилик туғдиради. Бунда атмосфера шаффофлигидан ташқари осмоннинг булутлилиқ даражасини ҳам инобатга олишга тўғри келади. Шундай экан, асосий энергия манбаи сифатида фотоэлектрик станциялардан фойдаланиш ҳамда уларда ишлаб чиқариладиган электр энергияси миқдорини прогнозлашда шу ҳудудда кузатиладиган булутли ва очик кунлар сонини инобатга олиш зарур.

Қуёшли ва булутли кунлар сони фотоэлектрик станцияларнинг ишлашига сезиларли таъсир кўрсатади. Қуйида ушбу таъсирни кўриб чиқадиган баъзи илмий тадқиқотлар келтирилган:

– Ҳиндистонда ўтказилган тадқиқотда муаллифлар қуёш панелларидан электр энергияси ишлаб чиқаришга қуёш соатлари сони сезиларли таъсир кўрсатишини кўрсатди. Улар қуёшли соатлар сони 1 соатга камайиши билан электр энергияси ишлаб чиқариш 0,39-0,44% га қисқаришини аниқладилар [6];

– АҚШда ўтказилган тадқиқот шуни кўрсатдики, қуёш панелларининг ишлаши булут қоплами ва қуёш нури миқдорига боғлиқ. Муаллифлар бир ойда булутли кунлар сони 10 кундан ортиқ бўлса, электр энергияси ишлаб чиқариш 15 — 30% га қисқаришини аниқладилар [7];

– Ўзбекистонда Ю.В. Петров ва Б.М. Холматжанов бошчилигида ўтказилган тадқиқотларда Самарканд, Бухоро, Хоразм, Қашқадарё вилоятлари ҳудудларида жойлашган метеорология станцияларининг 2009-2018 йй. оралиғидаги кузатув маълумотлари асосида кўп йиллик ўртача суткалик булутли ва қуёшли кунлар сонининг йил ичидаги ўзгаришлари аниқланган. Олинган натижалар асосида вилоятларнинг иқлимий тавсифи тузилган, биоиклимий шароитлари ҳамда вилоятларда туризмни ривожлантиришда улардан фойдаланиш имкониятлари баҳоланган [8-11].

Юқоридаги келтирилган ишлардан фарқли равишда, ушбу тадқиқот ишида Қашқадарё вилояти ҳудудида жойлашган ер усти метеорология станцияларидан олинган кўп йиллик (2000-2022 йй.) кундузги 05:00 дан 20:00 гача бўлган вақтларда осмоннинг булутлилиги (булут қоплаши) бўйича кунлик ўртача маълумотлар 8 баллик шкалада таҳлили асосида ҳудудда кузатиладиган қуёшли (очик осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сони таҳлил қилинган.

3. Тадқиқот усуллари ва маълумотлар.

Тадқиқотлар мақсад ва вазифаларидан келиб чиққан ҳолда турли муаллифлар томонидан ўтказилган тадқиқотларда осмоннинг булут қоплаш даражаси турли синфларга ажратилган ҳамда 0 дан 10 баллик даражага ажратилган.

NASA POWER томонидан тақдим этиладиган осмонни булут қоплаш даражаси ёки булутлилиқ улуши CERES алгоритмида ҳисобланади. Булутли қоплама фоизи маълум бир ой учун 1 соатлик қадамларда ҳисобланади ва кейин ҳар бир вақт даражаси учун ўртача кунлик фоизни олиш учун кун давомида ўртача ҳисобланади. Бунда осмон ҳолати булут қопламаси фоизларига қараб қуйидаги уч турга ажратилади [12]:

- очик осмон $\leq 10\%$;
- қисман булутли осмон 10 — 70%;
- булутли осмон $\geq 70\%$.

Julia Fuchs ва Bu-Yo Kim тадқиқот ишларида осмоннинг булутлилиқ даражасининг барча 10 баллик шкаласи фойдаланилган [13].

Ю.В. Петров ва Б.М. Холматжанов тадқиқотларида қуёшли (очик осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сонини декадаларда таҳлил қилинган бўлиб, унда осмоннинг булутлилиқ даражаси мос равишда 0 балл бўлган кун қуёшли – очик кун, 1 – 4 баллгача қисман булутли кун, ҳамда 5 – 10 балл орасида бўлганда эса булутли кун мезонлари асос қилиб олинган [14].

Муаллифлар В. Nouri ҳамда N. Blum ўз ишларида осмонни булут қоплаш даражасини қуйидагича тавсифлашган (1- жадвал) [15, 16]:

1-жадвал. Осмон ҳолатининг ўзгарувчанлик даражалари мезони

Даражалар	Осмон шароитлари	Очиқ осмон индекси	Ўзгарувчанлик
1	Асосан очиқ осмон	Жуда юқори очиқ осмон индекси	Очиқ (куёшли) осмон
2	Деярли очиқ осмон	Юқори очиқ осмон индекси	
3	Деярли очиқ осмон	Юқори ўрта тиниқ осмон индекси	
4	Қисман булутли	Ўрта даражадаги очиқ осмон индекси	Қисман булутли осмон
5	Қисман булутли	Ўрта даражадаги очиқ осмон индекси	
6	Қисман булутли	Ўрта паст тиниқ осмон индекси	
7	Деярли булутли	Паст очиқ осмон индекси	Булутли осмон
8	Асосан булутли	Жуда паст очиқ осмон индекси	

1-жадвалдаги даражалар булут қоплаш кўрсаткичлари кузатувларининг 0 дан 10 баллик оралиғини 0 дан 1 гача бўлганини 1, ҳамда 8 дан 10 гача оралиқни 8 балл қилиб белгиланиши орқали ҳосил қилинган.

Ушбу тадқиқот ишида ҳам куёшли (очиқ осмон), қисман булутли ҳамда булутли осмон кунларини аниқлашда 1- жаdвалда келтирилган даражалардан ҳамда ўзгарувчанлик кўрсаткичидан фойдаланилган.

Мазкур тадқиқот ишида ҳозирги кунда Қашқадарё вилояти ҳудудида метеорологик кузатув ишлари олиб борилаётган 9 та ер усти метеорология станцияларининг осмоннинг булутлилик даражаси бўйича кузатув маълумотларидан фойдаланилган. Кузатув маълумотлари Ўзбекистон Республикаси Табиат ресурслари вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг Гидрометеорология фондида ТМ-1 жадвалларида қайд этилади. Вилоят ҳудудида жойлашган метеорология станциялари тўғрисидаги маълумотлар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал. Қашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станциялари тўғрисида маълумотлар

	Метеорология станция номи, ID	Географик жойлашуви, кенглиги ва узоклиги, °		Денгиз сатҳига нисбатан баландлиги, м	Метеорологик кузатувлар бошланган сана
	Окработ	38,86	66,16	1599.0	1950
	Ғузор	38,61	66,26	523.0	1927
	Дехқонобод	38,35	66,5	938.2	1933
	Қарши	38,81	65,77	375.2	1927
	Мингчукур	38,65	66,93	2131.0	1950
	Муборак	39,15	65,09	284.7	1932
	Кўл	39,01	67,65	2034.0	1994
	Чимкўрғон	38,5	66,12	465.0	1959
	Шаҳрисабз	39,01	66,83	625.3	1959

Изоҳ: Жадвал Гидрометеорология хизмати агентлиги (Ўзгидромет) маълумотлари асосида тузилди.

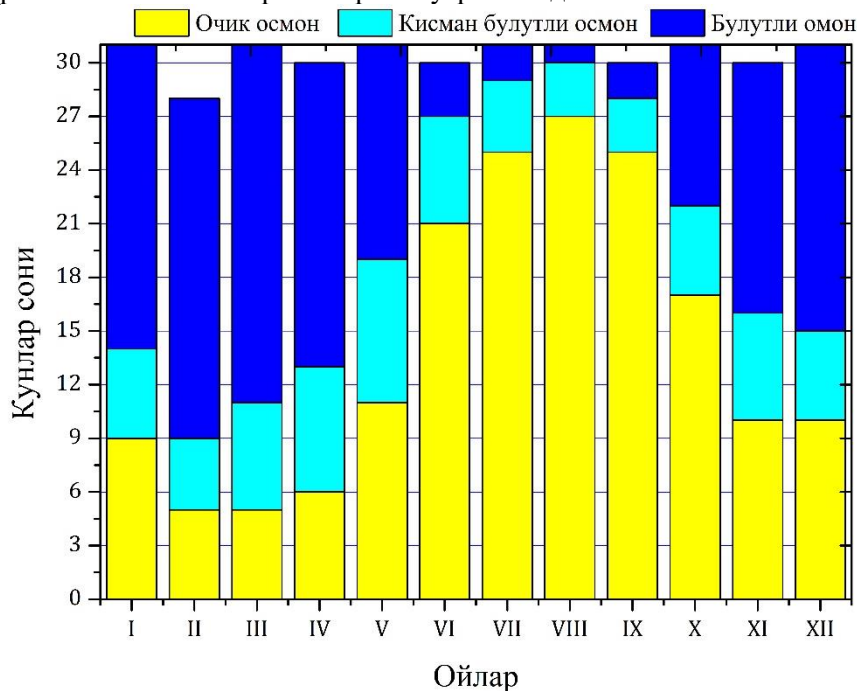
4. Тадқиқот натижалари ва уларнинг муҳокамаси.

Олинган маълумотларни қайта ишлаш натижаларига асосан Қашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станциялари ҳудудидаги ўртача кўп йиллик булутлилик даражаларига мос кунлар сони Дехқонобод, Қарши ва Чимкўрғон метеорология станцияларида 1 даражага мос келувчи кунлар сони энг кўп (150-161 кун) кузатилганлиги аниқланди. 7-8 даражага мос келувчи кунлар сони энг кам Дехқонобод, Қарши, Муборак ҳамда Кўл (92-118 кун) метеорология станцияларида қайд этилган. Мос ҳолда булутлилик даражаси 8 га тен бўлган кунлар сони бўйича Шаҳрисабз метеорология станцияси мутлоқ устинликка эга (126 кун). Умуман олганда барча метеорология станцияларини кузатув таҳлилари бўйича булутлилик даражаларига тўғри келувчи кўп йиллик ўртача булутлилик кунлар сони 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал. Қашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станциялари ҳудудидаги ўртача кўп йиллик булутлилик даражаларига тўғри келувчи кунлар сони

Станция Даража	Булутлилик даражаларига мос кунлар сони							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Оқработ	139	24	18	20	18	21	18	107
Взор	147	24	16	19	18	21	20	100
Дехқонобод	152	25	23	23	22	24	22	74
Қарши	161	25	19	23	20	25	17	75
Мингчукур	121	27	22	20	20	22	24	109
Муборак	137	27	23	24	23	26	25	80
Қўл	121	28	26	24	25	23	23	95
Чимқўрғон	155	19	14	18	15	19	17	108
Шаҳрисабз	126	22	18	16	17	20	20	126

1-жадвалда келтирилган мезонга асосан кўп йиллик ўртача булутли, қисман булутли ва қуёшли кунлар сонининг йил ичидаги ўзгариши (Мингчукур метеорология станцияси мисолида) диаграммаси 1-расмда келтирилган. Мингчукур метеорология станциясида январь, февраль, март ҳамда декабрь ойлари булутлилик 8 балл юқори бўлган кунлар сони энг кўп (15-19 кун) кузатишган. Ёз ойларида булутли кунлар сони ўртача 1-3 кунни ташкил этади. Қисман булутли кунлар сони кўп йиллик ўртача ҳисобда апрель ва май ойларига тўғри келиб 7-8 кунни ташкил этган. Баҳор мавсумида қисман булутли кунлар мавсум давомида 6-8 кунни ташкил этади. Қуёшли кунлар сони январь-март оралиғида ўртача 6-9 кунни ташкил этган бўлса, баҳор мавсумида қуёшли кунлар сони 6 дан 21 гача кунгача кўтарилган. Бу ҳолат ёз ҳамда куз мавсумининг ўрталаригача давом этиб, энг кўп қуёшли кунлар сони июль - сентябрь ойларига тўғри келади.



1-расм. Мингчукур (3876690) метеорология станцияси кузатувлари таҳлили асосида олинган кўп йиллик (2000 – 2022 йй) ўртача қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ва булутли кунлари сонининг йиллик ўзгариши.

Қашқадарё вилоятида жойлашган барча метеорология станциялари кузатувлари таҳлиллари асосида олинган кўп йиллик (2000 – 2022 йй) ўртача қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ва булутли кунлари сонининг йиллик ўзгариши маълумотлари 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал. Қашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станцияларининг узоқ муддатли (2000-2022) кузатув маълумотлари таҳлили асосида олинган қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ва булутли кунлар сонининг ўртача йиллик ўзгариши маълумотлари

Метеорология станция номи, ID	Осмон ҳолати	Ойлар кесимида кунлар сони												Й иллик
		I	II	III	I	V	V	VII	VIII	I	X	X	XII	
Оқработ	ОО	9	5	5	8	1	22	26	28	26	1	11	10	180
	ҚБО	5	4	5	7	8	5	4	2	2	6	6	5	59
	БО	17	18	20	1	1	3	1	1	2	7	14	16	126
Ғузор	ОО	8	7	7	9	1	23	27	28	26	1	11	9	185
	ҚБО	6	5	6	7	7	5	3	2	3	6	5	6	59
	БО	17	17	19	14	1	3	1	1	2	7	14	17	122
Дехқонобод	ОО	10	8	7	10	1	24	28	29	27	2	12	11	201
	ҚБО	6	6	8	9	9	5	2	2	2	6	7	7	69
	БО	15	14	16	11	7	1	1	0	1	5	11	13	95
Қарши	ОО	9	7	8	12	1	24	29	29	27	2	14	11	206
	ҚБО	6	7	8	8	9	5	2	1	2	7	6	6	67
	БО	16	14	15	10	6	1	0	1	1	4	10	14	92
Мингчуқур	ОО	9	5	5	6	1	21	25	27	25	1	10	10	171
	ҚБО	5	4	6	7	8	6	4	3	3	5	6	5	62
	БО	17	19	20	17	1	3	2	1	2	9	14	16	132
Муборак	ОО	8	7	7	10	1	22	27	28	25	1	12	9	187
	ҚБО	7	6	7	8	1	6	3	2	3	6	7	6	71
	БО	16	15	17	12	8	2	1	1	2	6	11	16	107
Қўл	ОО	11	8	7	8	1	18	22	25	24	1	12	12	175
	ҚБО	5	4	6	7	9	9	6	5	3	6	5	6	71
	БО	15	16	18	15	1	3	3	1	3	8	13	13	119
Чимқўрғон	ОО	8	6	7	9	1	23	27	28	26	1	12	9	188
	ҚБО	5	5	6	6	6	4	2	2	2	4	5	5	52
	БО	18	17	18	15	1	3	2	1	2	8	13	17	125
Шаҳрисабз	ОО	7	5	5	8	1	20	25	27	24	1	9	8	166
	ҚБО	4	4	5	6	7	6	3	2	3	5	4	4	53
	БО	20	19	21	16	1	4	3	2	3	1	17	19	146

4-жадвал маълумотларига кўра кўп йиллик ўртача қуёшли кунлар энг кўп кузатилган кунлар сони Дехқонобод ва Қарши метеорология станцияларида мос ҳолда 201 ва 206 кун қайд этилган. Қисман булутли кунлар сони Муборак ва Қўл метеорология станцияларида 71 кун ташкил этган. Булутли кунлар сони энг кўп кузатилган Шаҳрисабз метеорология станциясида 146 кунни ташкил этиб, энг кам кузатилган булутли кунлар сони Дехқонобод ва Қарши метеорология станцияларида қайд этилган бўлиб мос ҳолда 95 ва 92 га тенг.

5.

улоса

Қашқадарё вилояти ҳудудида жойлашган 9 та ер усти метеорология станцияларининг 2000-2022 йиллар оралиғидаги осмоннинг булутлилик даражаси бўйича дастлабки кузатув маълумотлари статистик қайта ишланди ва таҳлил қилинди.

Олинган натижаларга кўра, ўртача кۈёшли кунлар энг кўп кузатилган кунлар сони Деҳқонобод ва Қарши метеорология станцияларида мос ҳолда 201 ва 206 кун эканлиги аниқланди. Қисман булутли кунлар сони Муборак ва Кўл метеорология станцияларида 71 кун ташкил этган бўлса, Шаҳрисабз метеорология станциясида булутли кунлар сони энг кўп кузатилган бўлиб 146 кунни ташкил этган. Энг кам кузатилган булутли кунлар сони Қарши ва Деҳқонобод метеорология станцияларида қайд этилган бўлиб мос ҳолда 92 ва 95 га тенг.

Тадқиқот давомида олинган натижалар ушбу ҳудудда кۈёш фотоэлектрик станциялардан олиниши мумкин бўлган қувватни башоратлаш, энергия етказиб беришда булутли кунлар сабабли вужудга келиши мумкин бўлган эҳтимолий ҳавфларни баҳолашга хизмат қилади. Шунингдек кۈёш энергиясидан фойдаланишда OffGrid ва Gibrid тизимларда энергияни захиралаш ва захира қувватини аниқлаш талаб этиладиган масалаларда катта аҳамиятга эга.

Шуни ҳам алоҳида таъкидлаб ўтиш керакки, осмонни қисман булут қоплаши бу булутнинг кۈёш гардишини (кۈёш нурларини) тўлиқ тўсади деган хулосани бермайди.

Фойдаанилган адабиётлар

1. Renewable capacity statistics 2021 International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, (2021), <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021>.
2. Renewable Energy Statistics 2022, The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, (2022), <https://www.irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022>.
3. Energetika vazirligi: Samarqand viloyatida yirik quyosh fotoelektr stansiyasi ishga tushirildi, (2022) <https://minenergy.uz/ru/news/view/1957>.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 16.02.2023 – yildagi “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi PQ-57-son qarori, (2023), <https://lex.uz/uz/docs/-6385716>.
5. Duffie J.A., Beckman W.A., “Solar Engineering of Thermal Processes”, New Jersey, (2013).
6. Bhatia, K.S., & Garg, H.P. Study of performance of photovoltaic module with variation in insolation, temperature and wind velocity. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5(6), 10662-10670, (2016).
7. Khatod, D.K., & Pareek, J. Performance evaluation of solar PV module under different sky conditions. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2(7), 3074-3080, (2013).
8. Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдикулов Ф.И., Абдикулова М.Р., Сайпиддинов З.Ф., Махмудов М.М., Халматжанов Ф.М. Условия теплового комфорта города Ташкент//Илм-фан ва инновацион ривожланиш, №2, -74-82 б., (2020).
9. Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдикулов Ф.И. Имом ал-Бухорий мажмуаси ҳудудининг биоиклимий шароитлари // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. №2, – Б. 19-31, (2021).
10. Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдикулов Ф.И. Самарқанд шаҳрининг иклимий ва биометеорологик шароитлари // СамДУ илмий ахборотномаси. №3, (127), – Б. 124-134, (2021).
11. Абдикулов Ф.И. Самарақанд вилояти танланган ҳудудларининг иклимий ва биометеорологик шароитлари (Кўшработ ва Пайшанба метеорология станциялари маълумотлари асосида) // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 61, – Б. 86-99, (2022).
12. Energy fluxes data overview Global sw solar insolation & lw radiative flux <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/energy-fluxes/#cloud-properties>
13. Julia Fuchs and all. High-resolution satellite-based cloud detection for the analysis of land surface effects on boundary layer clouds. Atmos. Meas. Tech., 15, 4257–4270, (2022) <https://doi.org/10.5194/amt-15-4257-2022>.
14. Matzarakis A. Transfer of climate data for tourism applications – The Climate-Tourism/TransferInformation-Scheme // Sustain. Environ. Res.– No. 24(4). – PP. 273-280, (2014).
15. Blum, N.B.; Wilbert, S.; Nouri, B.; Stührenberg, J.; Lezaca Galeano, J.E.; Schmidt, T.; Heinemann, D.; Vogt, T.; Kazantzidis, A.; Pitz-Paal, R. Analyzing Spatial Variations of Cloud Attenuation by a Network of All-Sky Imagers. Remote Sens., 14, 5685, (2022), <https://doi.org/10.3390/rs14225685>.
16. Nouri, B.; Blum, N.; Wilbert, S.; Zarzalejo, L.F. A hybrid solar irradiance nowcasting approach: Combining all sky imager systems and persistence irradiance models for increased accuracy. Solar RRL, 6, 2100442, (2021).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА НА СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ**Ш. Нурматов, С. Гулматов, И. Мирзохидов, Ф. Абдурахимов, Р. Уринбоев**Институт материаловедения АН РУз,
Ташкент, Узбекистан Sh.nurmatov@imssolar.uz**Аннотация**

Основную часть производимых во всем мире углеродных волокон (УВ) получают из полиакрилонитрила (ПАН). Одним из сфер применения УВ и композитных материалов на их основе является аэрокосмическая промышленность, в которой требуются материалы с высокой удельной твердостью. Около 25% массы спутников составляют элементы из пластмасс, армированных углеродным волокном. А также, основной причиной применения УВ в химико-коррозионностойких деталях и конструкциях является их очень высокая стойкость к воздействию горячих водных растворов кислот и щелочей. При этом остро стоит вопрос цено образования УВ. В нашем случае мы использовали концентрированный солнечный поток световой энергии для оценки структурных преобразований ПАН с применением ИК-спектроскопии.

Ключевые слова: Солнечная печь, углеродное волокно, концентрированный поток солнечных лучей, полиакрилонитрил, структурные изменения, композиционный материал (КМ).

Углеродные волокна (УВ) в настоящее время являются одним из основных видов армирующих элементов, используемых для производства высокомодульных КМ высокой твердости. УВ имеет высокую твердость (до 7 ГПа), модуль упругости (до 600 ГПа), низкую плотность по сравнению с металлами (1,7-1,9 кг/м³). Основной областью применения УВ является аэрокосмическая промышленность, в которой требуются материалы с высокой удельной твердостью. Сополимеры полиакрилонитрила являются основным сырьем (прекурсором) для этих волокон. Улучшение механических свойств волокна в основном достигается за счет уменьшения количества дефектов в процессе производства. Коммерческие углеродные волокна с пределом прочности при растяжении до приблизительно 7000 МПа в настоящее время уже производятся. В этом контексте новые процессы, такие как «сшивание» электронным лучом или УФ-активация, оказались очень многообещающими. Все новые разработки в области производства волокон направлены на получение высокомодульного УВ с низкой себестоимостью. Хотя каждым годом развивается технология получения УВ, за счет применения сложных технологий себестоимость УВ все ещё остаётся очень высокой.

Поэтому разработка новой технологии получения УВ с применением дешевых видов энергии является весьма актуальной задачей. Учитывая тот факт, что основной ценообразующей в процессе получения УВ является энергия, которая расходуется для получения температур, было решено исследовать возможность применения возобновляемых источников энергии, а именно высокотемпературную гелиостат-параболоидную солнечную печь (МСП) мощностью 1500 кВт с горизонтальным расположением оптической оси.

Проведены первые эксперименты по пиролизу ПАН на фокальной плоскости МСП, которое представлено в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные по облучению на МСП

Образец	Расстояние от фокуса	Время нагрева (секунд)	Температура (°C)	Цвет, состояние ПАН
ПАН	12	3	510-520	Белый-коричневый-черный на местах
ПАН	16	23	450-455	Без изменений
ПАН	14	17	495	Белый-коричневый-черный
ПАН	14	23	495	Без изменений
ПАН	12	18	520	Чёрно-коричневый
ПАН	10	14	600	Полностью сгорел

Как видно из таблицы превращение цвета ПАН на коричневый и на чёрные цвета происходит в течение довольно короткого времени, а также нужно отметить, что превращение в сторону

карбонизации происходит по-разному в зависимости от температуры обработки и расстояния от фокального центра. Измерение температуры проводили на приборе 12 –TSP, фирмы Lumasense. На рисунке 2 приведены результаты ИК спектроскопии ПАН волокон после облучения.

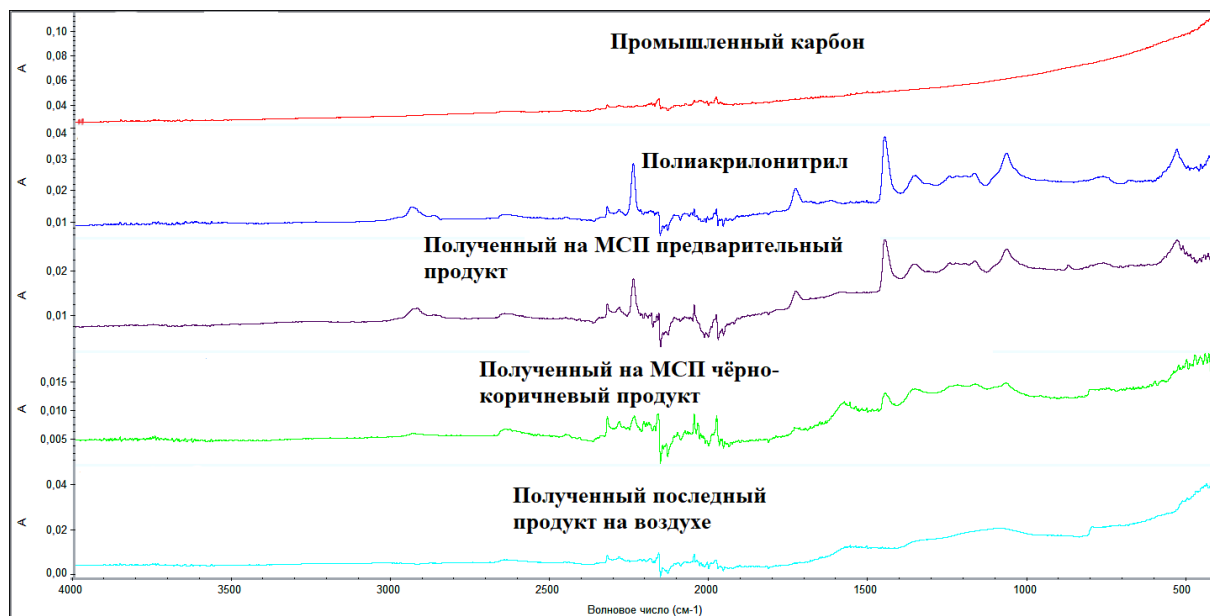


Рисунок 2. Инфракрасные спектры промышленного углеродного волокна и ПАН после пиролиза на МСП

Из рисунка 2 видно что с изменением цвета ПАН на черный цвет структура также меняется в сторону карбидизации. Путем применения технических приемов по облучению на фокальной плоскости МСП можно изменить структуру ПАН.

Работа выполнена в рамках проекта АЛ-47-тур21071180 «Разработка технологии синтеза карбонового волокна на основе полиакрилонитрилового прекурсора» Министерства инновационного развития.

ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

Р. Акбаров, Д. Ибрагимов, Д. Пулотов, С. Холдоров

Институт материаловедения,

Ч. Айтматов. 2^б, 100084 Ташкент, Узбекистан, *E-mail: aryu12@mail.ru

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы увеличения эффективности солнечных установок с использованием системы слежения за Солнцем и обосновывается её важность в эксплуатации солнечных установок. Приводится принцип работы солнечного датчика, разработанного для системы слежения высокотемпературной солнечной печи вертикальной оптической осью института Материаловедения. Отмечается высокая точность разработанного солнечного датчика.

Ключевые слова: Солнечная установка, система слежения, гелиостат, датчики, солнечный датчик, фотоэлемент, освещение, фотосигнал, эффективность, фокус, фокальное пятно, размер пятна.

Введение

Одним из перспективных направлений использования ВИЭ является технологии концентрированной солнечной энергии (КСЭ, CSP – concentrated solar power). Солнечные установки (СУ) на основе КСЭ технологий обычно состоят из точечно-фокусных концентраторов (возможно, с гелиостатами), линейно-фокусные концентраторы (параболоцилиндрические концентраторы, линейные отражатели Френеля) и станции башенного типа с системой гелиостатов.

В тоже время необходимо отметить одну очень важную особенность КСЭ технологий, а именно, что для эффективного функционирования таких систем потребуется сложная и дорогостоящая компонента – системы слежения за Солнцем. Для того чтобы отражённые от зеркальных элементов установки (концентратор, гелиостат, facets и другие отражающие элементы) солнечные лучи постоянно направлялись в фокальную зону, их пространственные ориентации со временем должны изменяться надлежащим образом в соответствии с видимым движением Солнца. Такую функцию обеспечивает система слежения за Солнцем, благодаря которой возможно отражение максимального количества солнечной энергии в приемник излучения. При отсутствии системы слежения за Солнцем, фокальное пятно солнечной концентрирующей установки из-за дневного видимого движения Солнца смещается от оптического фокуса и постепенно, изменяясь в структуре, уходит от фокальной зоны и через некоторое время практически полностью "рассеивается". Оценки показывают, что в течении года значение видимой скорости Солнца изменяется от 13.76 до 15 угл.мин./мин, что достаточно большой и поэтому полное рассеивание пятна в большинстве установках происходит, как нетрудно оценить (зная размер фокального пятна) в течении 15-20 минут. По этой причине практически во всех системах на основе КСЭ необходима высокоточная система слежения за Солнцем, т.е. она является неотъемлемой частью концентрирующей системы.

Отметим, что по некоторым утверждениям, если СУ имеет систему слежения за Солнцем, то её эффективность может увеличиться до 50%. Во всяком случае, для территорий многих стран, 30-35% увеличение эффективности СУ является научно-обоснованной.

В последние годы в институте Материаловедения разработаны и созданы несколько высокотемпературных солнечных печей малой мощности. Одной из них является высокотемпературная солнечная печь с вертикальной оптической осью и мощностью 1500 Вт. В данной работе представлен разработанный высокоточный оптический (солнечный) датчик для этой печи.

Оптический датчик

В системах слежения за Солнцем используются различные датчики [1]. В общем случае датчики - это устройства, используемые для определения физических величин, таких как свет, звук, тепло, массу и т. д. и преобразования их в напряжение или ток, пропорциональной величине входной физической величины [1]. Этот выходной сигнал затем используется для изменения состояния или

позиции отдельных компонентов системы слежения. Таким образом, датчики являются основой замкнутой или гибридной системы слежения за Солнцем. В работе [1] представлены основные типы датчиков и практические особенности их применения: энкодер (encoder), акселерометр, система глобального позиционирования (GPS), пиргелиометр, светосенсоры (LDR, PTransis, PV), датчики изображения (APS/CMOS), датчики изображения с ПЗС матрицей (CCD), пьезоэлектрические приводы и др. Отметим, что датчики на основе изображения солнца имеют высокую точность. В работах [2,3] представлены такие датчики положения солнца, алгоритм и точности их наведения на Солнце с помощью обработки изображений.

Принцип работы солнечного датчика заключается в следующем. Падающий солнечный свет (от facets гелиостата) проходит через переднюю щель солнечного датчика и падает на поверхность, на которой расположены 4 фотоэлемента. Когда лучи параллельны геометрической оси датчика, освещенности в 4-х фотоэлементах одинаковы. Из-за движения солнца угол падения лучей от facets к датчику изменяется. В результате этого поверхности фотоэлементов освещаются по-разному, и соответственно, вырабатываемые ими токи будут отличаться друг от друга. Электрические напряжения, вырабатываемые в 4-х фотоэлементах, направляются на операционный усилитель (работающий в режиме короткого замыкания). На выходе операционного усилителя текущий входной преобразуется на усиленный сигнал. В результате на выходе солнечного датчика формируются 4 отдельных сигнала напряжения, которые передаются на управляющий электронный блок. Расположение 4 фотоэлементов показан на рисунке 1.

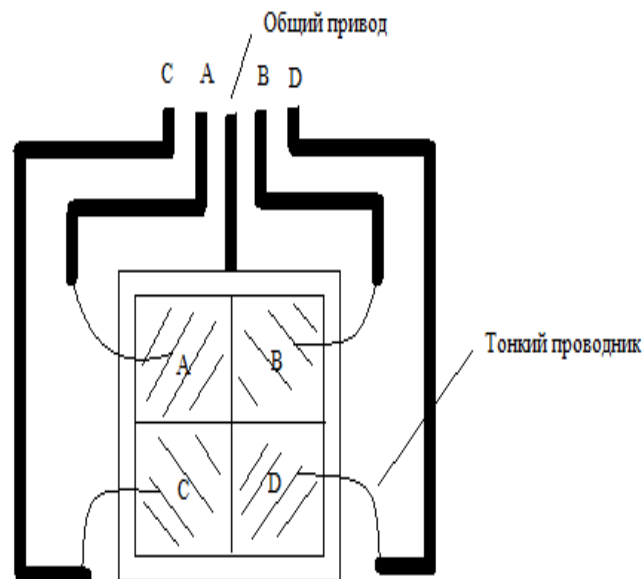


Рис.1. Формирование фотосигнала на датчике

В электронном блоке управления формируются сигналы «X» и «Y» по горизонтальной и вертикальной осям. Чтобы сгенерировать сигнал для оси «X», выполняется арифметическая операция: $A+C-B-D$. Если фотоэлементы A и C больше освещены, результатом действия является сигнал «+» (положительный), наоборот, если больше освещены B и D, формируется минусовый сигнал «-». Этот сигнал указывает на то, что гелиостат должен двигаться либо на запад, либо на восток.

В результате соответствующего движения гелиостата солнечный свет, отраженный от центральных facets гелиостата, последовательно становится параллельным к оси датчика. Освещенные части этих фотоэлементов становятся одинаковыми и значение приведенной выше арифметической операции приближается к "0". Когда сигнал на «X» приближается к «0», гелиостат перестанет двигаться. Для оси «Y» выполняется следующая арифметическая операция: $A+B-C-D$.

На рисунке 2 представлены фотографии изготовленного солнечного датчика.



Рис.2. Фото разработанного солнечного датчика

Предварительные тесты показали работоспособность и хорошую точность изготовления датчика. В дальнейшем будет разработан специальный стенд для локальной сертификации солнечного датчика.

Литература

1. Kamran Mahboob, Qasim Awais, Awais Khan, Tabish Fawad, Momen Rasool, Qasim Nawaz and Umair Ahmed. Selection of Sensors for Heliostat of Concentrated Solar Thermal Tower Power Plant. Eng. Proc. 2021, 12, 41. <https://doi.org/10.3390/engproc2021012041>.
2. Cheng-Dar Lee, Hong-Cheng Huang and Hong-Yih Yeh. The Development of Sun-Tracking System Using Image Processing. Sensors 2013, 13, 5448-5459; doi:10.3390/s130505448.
3. Giancarlo Rufino and Michele Grassi. Multi-Aperture CMOS Sun Sensor for Microsatellite Attitude Determination. Sensors 2009, 9, 4503-4524; doi:10.3390/s90604503.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

И. Рахматшоев^{1*}, У. Шаропов²

¹Ферганский политехнический институт,
ул. Ферганская 86, 150100 Фергана, Узбекистан *e-mail: islombekrahmatshoyev@gmail.com

²Физико-технический институт,
ул. Чингиз Айтматов 2Б, 100084 Ташкент, Узбекистан.

Аннотация:

Быстрый рост мирового населения и индустриализация привели к увеличению потребления электроэнергии на 36% за последние 20 лет. Разработка новых технологий производства, транспортировки, хранения и потребления энергии становится активной. Увеличение использования возобновляемых источников энергии является частью глобальной тенденции в отрасли. Системы электроснабжения характеризуются неравномерностью потребления электроэнергии, что требует внедрения систем накопления энергии для стабилизации энергопотребления и выработки электроэнергии. В работе рассмотрены перспективные направления развития систем энергоснабжения.

Ключевые слова: Возобновляемые Водородная энергия, Системы хранения энергии, Ветряные и солнечные электростанции.

Введение

Быстрый рост мирового населения и индустриализация привели к увеличению потребления электроэнергии. Данные Международного энергетического агентства показывают рост энергопотребления более чем на 36% за последние 20 лет [1]. Это привело к активному развитию технологий производства, транспортировки, хранения и потребления тепловой и электрической энергии. Разрабатываются новые технологии из возобновляемых источников, экспериментальные установки по производству электроэнергии, работающие на традиционном гидроуглеродном топливе с нулевыми вредными выбросами [2], и научно-исследовательские работы по производству водородной энергии [3].

Увеличение использования возобновляемых источников энергии является частью глобальной тенденции в отрасли. Строятся и вводятся в эксплуатацию новые солнечные, ветряные и другие объекты. Доля этих источников в мировом балансе производства электроэнергии составляет 28%, и в ближайшем будущем она будет расти. Основными факторами, определяющими эту тенденцию, являются количество практически неисчерпаемых первичных источников энергии и перспектива практически нулевых вредных выбросов в атмосферу. С другой стороны, непостоянство поставляемой энергии и ее прямая зависимость от погодных условий, например, ветра или облачности, значительно ограничивают прямое использование возобновляемых источников в системах электроснабжения.

Ключевой особенностью работы системы электроснабжения является неравномерность потребления электроэнергии по времени. Неравномерное потребление электроэнергии в дневное время, в течение недели и в течение года требует эксплуатации производственных объектов с аналогичными неравномерными нагрузками. Современные тепловые и атомные электростанции, работающие на пароводяных энергетических циклах, на сегодняшний день являются наиболее распространенными источниками энергоснабжения и характеризуются относительно низкой маневренностью с точки зрения основного оборудования. Их работа в динамических режимах и при низких нагрузках приводит к более быстрому износу оборудования и снижению надежности и эффективности, что приводит к увеличению затрат на энергоснабжение. На ядерных установках динамическая работа контуров реакторов невозможна из-за конструктивных особенностей.

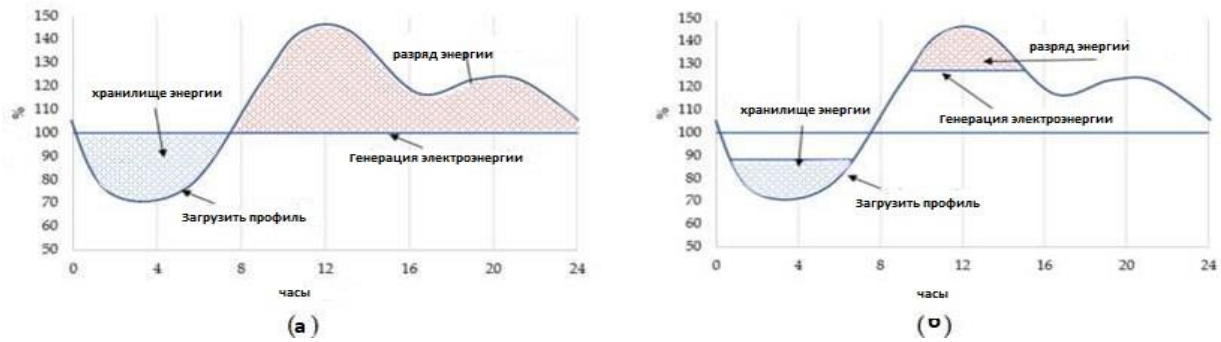


Рис. 1. Работа накопительной системы в электросети: (а) выравнивание нагрузки; (б) снижение пиковой нагрузки

Эти факторы обуславливают необходимость создания условий для сглаживания нагрузки на систему. Здесь одним из перспективных направлений является внедрение систем накопления энергии для стабилизации энергопотребления и выработки электроэнергии и расширения диапазонов управляемости объектов с низкой маневренностью [4]. Эти системы могут покрывать пиковые нагрузки системы за счет использования энергии, накопленной в периоды низкого энергопотребления (рисунок 1а), или за счет использования постоянной мощности объекта (рисунок 1б) [5-7]. На рынке электроэнергии накопительные системы могут накапливать энергию в периоды низких цен и поставлять ее в периоды повышенного спроса по более высоким ценам на электроэнергию.

Литература

1. Министерство энергетики США, Хранение энергии: ключ к безопасной и отказоустойчивой сети. <https://www.energy.gov/epsa/energy-storage-key-secure-and-resilient-grid>.
2. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, Хранение электроэнергии и возобновляемые источники энергии: затраты и рынки до 2030 года. <https://www.irena.org/publications/2017/Jan/Electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets-to-2030>
3. Европейская комиссия, Хранение энергии: роль электричества. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/energy_storage_role_electricity_market.pdf
4. Ассоциация хранения энергии, хранение энергии в масштабе сети. <https://energystorage.org/why-energy-storage/grid-scale-energy-storage/>
5. Преимущества СХЭ: <https://www.energy.gov/eere/articles/energy-storage-smoothing-out-intermittency-renewable-energy>
6. Литий-ионные аккумуляторы: <https://www.energy.gov/eere/articles/how-lithium-ion-batteries-work>
7. Проточные батареи: <https://www.energy.gov/eere/articles/flow-battery-technology-offers-energy-storage-solutions>.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА В УЗБЕКИСТАНЕ ПО МЕТОДУ ЭЛЕКТРОЛИЗА С СОЛНЕЧНЫМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕМ

Ж.С. Ахатов, Э.Т. Жураев, Х.Ф. Сайфиева

Физико-технический институт АН РУз.
ул. Ч. Айтматова 2Б, 100084-Ташкент, Узбекистан

Аннотация

В данной работе представлен потенциал производства водорода с использованием ФЭС в Узбекистане. Рассматриваются все регионы для оценки возможности производства водорода с использованием ФЭС. Также оценивается экономическая целесообразность производства водорода и прогнозируется LCOH (приведенная стоимость водорода) для различных регионов с учетом их природных условий.

Ключевые слова. Энергия солнечного излучения, фотоэлектрическое преобразование, электролиз, водород.

Методология

Модель выхода энергии фотоэлектрической установки

Годовая выработка энергии солнечной фотоэлектрической электростанцией рассчитывается как

$$E_{PV} = P_{r,pv} D_f P_{sh} N_d \quad (1)$$

где E_{PV} - выходная мощность фотоэлектрической установки в кВтч, $P_{r,pv}$ - номинальная выходная мощность фотоэлектрической установки в кВт, D_f - это общий понижающий коэффициент, P_{sh} - это среднесуточный пиковый солнечный час, N_d - количество дней в периоде, например, в году.

Коэффициент снижения номинальных характеристик рассчитывается путем моделирования фактической температуры ячейки следующим образом [1,2]:

$$T_c = T_a + \left(\frac{T_{NOCT} - 20^\circ C}{S_{NOCT}} \right) \cdot S_s \quad (2)$$

где T_c - реальная рабочая температура ячейки в °C, T_a - температура окружающей среды °C, T_{NOCT} - нормальная рабочая температура ячейки в °C, S_s - интенсивность солнечного излучения в кВт/м², S_{NOCT} - интенсивность солнечного излучения при стандартных условиях испытаний (STC) в кВт/м².

Величина снижения максимальной мощности из-за температурного воздействия рассчитывается в процентах как [8,9],

$$P_{red} = \alpha(T_c - 25^\circ C) \quad (3)$$

где P_{red} - уменьшение максимальной выходной мощности в процентах, α - представляет собой снижение максимальной выходной мощности из-за изменения температуры ячейки на каждый °C в %/°C.

Следовательно, коэффициент снижения номинальных характеристик из-за изменения температуры модуля рассчитывается как

$$D_{temp} = 1 - P_{red} \quad (4)$$

Учитывая коэффициент снижения номинальных характеристик из-за вышеупомянутых компонентов системы как D_{sys} , общий коэффициент снижения номинальных характеристик можно изобразить как

$$D_f = D_{temp} D_{sys} \quad (5)$$

Коэффициент мощности фотоэлектрической установки определяется с помощью уравнения (6)

$$\text{Capacity factor} = \frac{E_{PV}}{P_{r,pv} \cdot 8760} \quad (6)$$

Модель производства водорода

$$H_{PV} = \frac{\eta_{pc} E_{PV}}{E_{EL}} \quad (7)$$

где H_{PV} - количество произведенного водорода с использованием фотоэлектрической энергии в Нм^3 , η_{pc} - КПД преобразователя мощности между фотоэлектрической установкой и электролизером в процентах, E_{EL} - энергия, необходимая электролизёру для получения одной единицы объёма водорода в кВтч/Нм^3 .

Производство водорода в кг рассчитывается как [2]:

$$H_{PV,kg} = \frac{H_{PV} \text{ in } \text{Нм}^3}{11.1} \quad (8)$$

Экономическая модель

Модель себестоимости производства энергии

LCOE для фотоэлектрической установки определяется отношением совокупной годовой стоимости фотоэлектрической установки к годовой энергии, произведенной фотоэлектрической установкой, что может быть выражено как [3]:

$$LCOE = \frac{C_{PV}CRF_{PV} + C_{pc}CRF_{pc} + C_{ins}CRF_{ins} + C_{mis}CRF_{mis} + C_{OM}}{E_{PV}} \quad (9)$$

где C_{PV} , C_{pc} , C_{ins} и C_{mis} — стоимость фотоэлектрической панели, сопряженного силового преобразователя, монтажных и общестроительных работ и прочего соответственно. CRF_{PV} , CRF_{pc} , CRF_{ins} и CRF_{mis} - коэффициенты возмещения затрат на фотоэлектрическую панель, интерфейсный преобразователь мощности, монтажные и общестроительные работы, а также прочие расходы соответственно. Уравнение (9) можно сформулировать как уравнение (10), где C_{plant} - общая стоимость установки фотоэлектрической установки, а CRF_{plant} - коэффициент возмещения затрат для общей стоимости установленной фотоэлектрической установки.

$$LCOE = \frac{C_{plant}CRF_{plant} + C_{OM}}{E_{PV}} \quad (10)$$

Принятая общая стоимость установки фотоэлектрической установки может быть получена на основе установленной стоимости за кВт ($C_{ins/kW}$) из [4] и может быть выражена как

$$C_{plant} = C_{ins/kW} P_{r,pv} \quad (11)$$

Коэффициент возмещения затрат можно рассчитать с помощью уравнения (12) [3],

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (12)$$

где i - ставка дисконтирования, n - срок службы системы. Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание можно рассчитать, используя коэффициент нарастания в уравнении (13) [3]

$$C_{OM,S} = \frac{C_{OM}}{1 - \lambda_{om}} \left[\frac{1 - (1 + \lambda_{om})^n}{(1 + i)^n} \right] \quad (13)$$

Модель себестоимости производства водорода

Для солнечной фотогальванической водородной системы LCOH можно определить на основе общей годовой стоимости электролизера, стоимости электроэнергии, а также затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание электролизера. LCOH рассчитывается как [3,4],

$$LCOH = \frac{C_{EL}CRF_{EL} + C_{electricity} + C_{HS} + C_{OM,EL}}{H_{PV,kg}} \quad (14)$$

где C_{EL} , $C_{electricity}$, C_{HS} и $C_{OM,EL}$ - капитальные затраты на электролизер, стоимость электроэнергии, стоимость хранения водорода, а также стоимость эксплуатации и обслуживания электролизера и системы хранения водорода соответственно. CRF_{EL} представляет собой коэффициент возмещения затрат электролизера, и коэффициент возмещения затрат определяется с помощью уравнения (12). Однако считается, что срок службы электролизерной системы составляет 20 лет, что отличается от срока службы фотоэлектрической системы, который составляет 25 лет. Капитальные затраты электролизера определяются как [11]

$$C_{EL} = P_{EL} C_{EL/kW} \quad (15)$$

где P_{EL} - мощность электролизера в кВт, а $C_{EL/kW}$ - стоимость кВт конкретного электролизера, полученная из [12, 13]. Требуемая мощность электролизера определяется по уравнению (16), приведенному в [5].

$$P_{EL} = \frac{\text{Annual energy input to the electrolyser in kWh}}{8760 \cdot U_f} \quad (16)$$

где U_f - коэффициент использования. Стоимость эксплуатации и обслуживания электролизера может быть выражена как [5],

$$C_{OM_EL} = 8760 \cdot \dot{m}_w C_W U_F + 0.03 C_{EL} CRF_{EL} \quad (17)$$

где $\dot{m}_w$ - требуемый расход воды на электролизер в м³/ч, C_W - стоимость воды в долл./м³. Принятые затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание системы электролизера воды получены из [4,7] и составляют 5% годовых капитальных затрат на электролизер. Стоимость хранения водорода принята 0.5 долл./кг [6,8].

Результаты и обсуждение

На рис.1 представлены результаты полученных данных среднегодовых показателей солнечной радиации по регионам Республики Узбекистан для 2022года, используемые в ходе расчетных исследований.

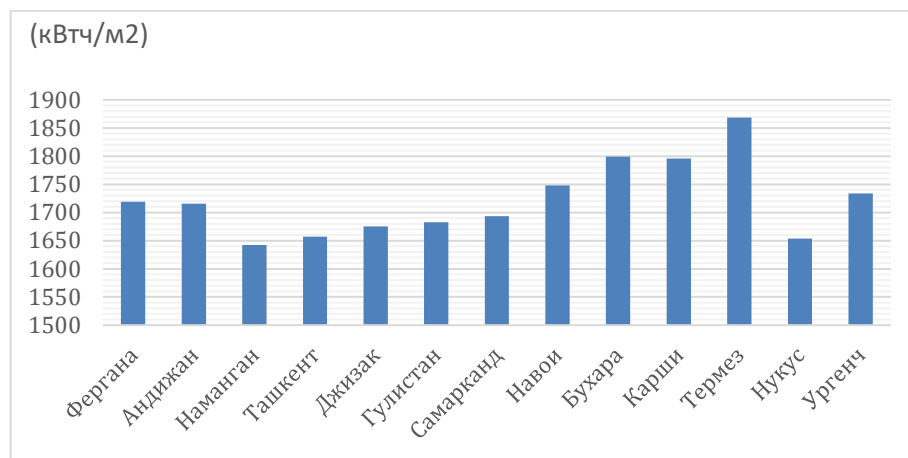


Рис.1 Среднегодовые показатели солнечной радиации по регионам Республики Узбекистан.

На рис.2 представлены среднегодовые значения температур окружающей среды в 13 различных регионах Республики и рабочая температура фотоэлектрических модулей.

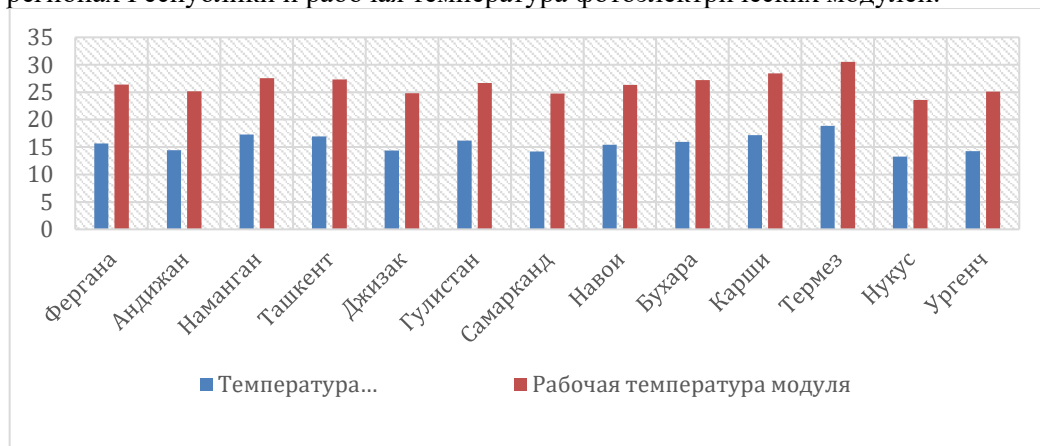


Рис.2 Среднегодовые значения температур окружающей среды в 13 различных регионах Республики и рабочая температура фотоэлектрических модулей [7, 10].

На рис.3 представлены среднее значения пиковых солнечных часов в день в различных регионах Республики и рабочая температура фотоэлектрических модулей.

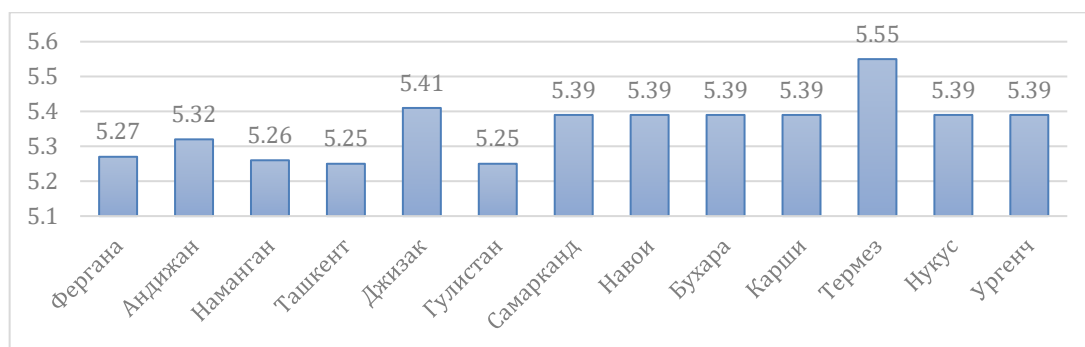


Рис.3 Среднее значения пиковых солнечных часов в день в различных регионах Республики и рабочая температура фотоэлектрических модулей.

На рис.4 Представлены среднее значение годовой выработки энергии ФЭС в различных регионах Республики.



Рис.4 Среднее значение годовой выработки энергии ФЭС в различных регионах Республик.

На рис.5 представлены годовое производство водорода в 13 различных регионах для фотоэлектрической установки мощностью 2000 кВт



Рис.5 Годовое производство водорода в 13 различных регионах для фотоэлектрической установки мощностью 2000 кВт [7, 10, 12].

На рис.6 представлены мощность электролизера, необходимая для производства водорода в 13 различных регионах.

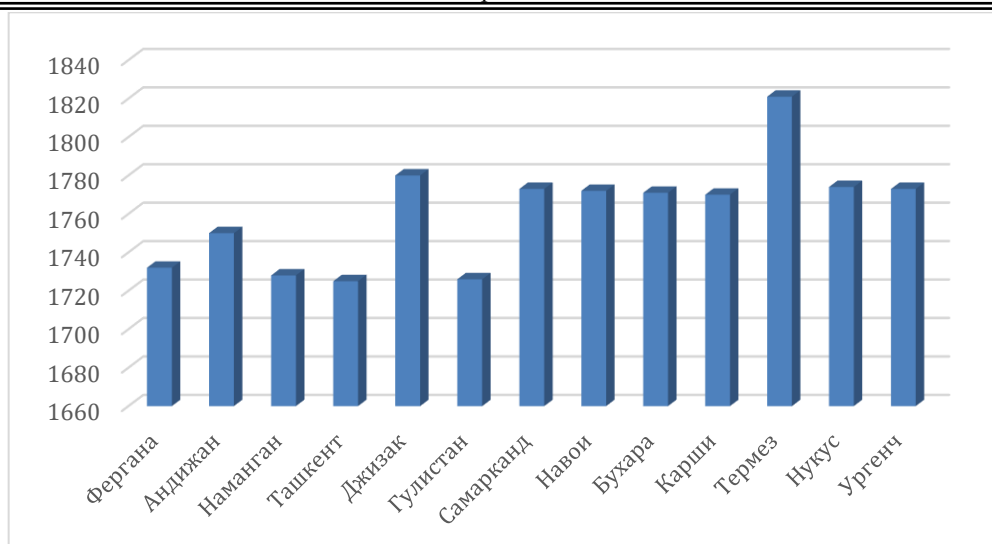


Рис.6 Мощность электролизера, необходимая для производства водорода в 13 различных регионах Республики.

На рис.7 представлены значение LCOE от ФЭС (дол.США/кВт.ч) [11-13].

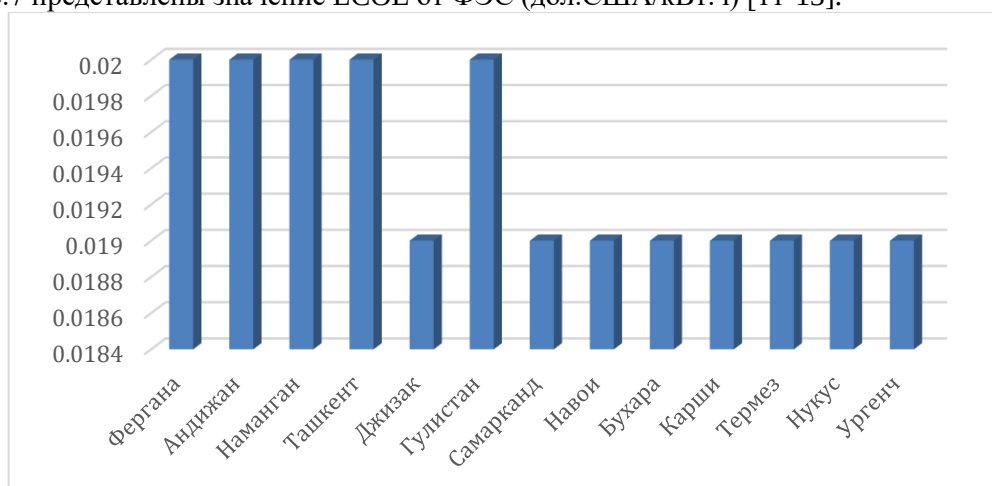


Рис.7 LCOE от ФЭС (дол.США/кВт.ч).

На рис.8 представлены среднее значение стоимости водорода, производимое ФЭС для 13 различных регионов Республики (дол. США/кг) [14-17].

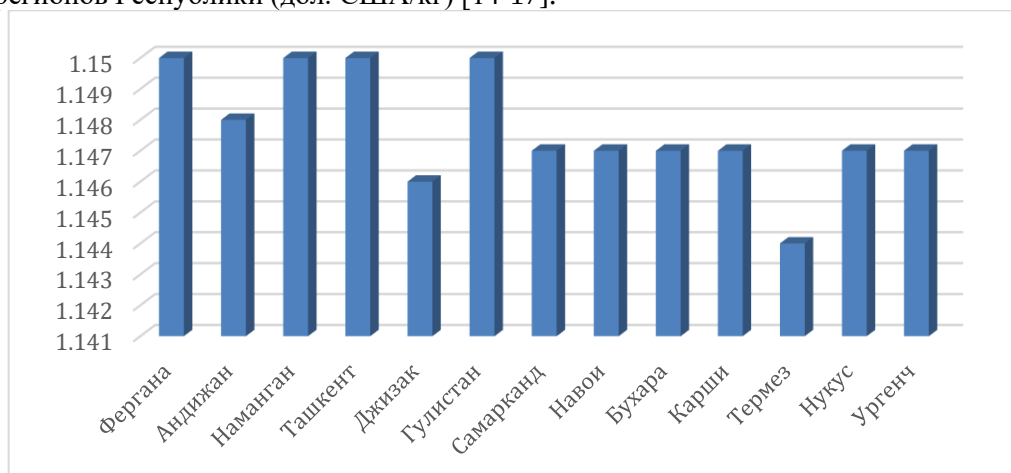


Рис.8 Среднее значение стоимости водорода, производимое ФЭС для 13 различных регионов Республики (дол. США/кг).

Выводы

Как показывает анализ, имеется очень высокий потенциал производства водорода с использованием ФЭС во многих регионах Узбекистана. При этом экономические показатели

производства водорода, т.е. значение LCOH (приведенная стоимость водорода) для различных регионов Республики с учетом их природных условий оцениваются положительным. Однако, как показывает сравнительный анализ с учетом климатических условий регионов, эти значения меняются. Считаем, что такие данные могут быть полезными для заинтересованных организаций по реализации различных проектов по созданию и запуску различных технологий по производству водорода.

Литература

1. Jian Cong, Tianzeng Ma, Zheshao Chang, Qiangqiang Zhang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Neural network and experimental thermodynamics study of $\text{YCrO}_3\text{-}\delta$ for efficient solar thermochemical hydrogen production // *Renewable Energy* 213 (2023) 1-10pp.
2. Tianzeng Ma, Jian Cong, Zheshao Chang, Qiangqiang Zhang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Heat transfer and solar absorption analysis of multiscale CeO_2 reduction for rapid H_2 production prediction // *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (2022), pp. 21681-21689.
3. Jian Cong, Tianzeng Ma, Zheshao Chang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Coupling of the water-splitting mechanism and doping-mixture method to design a novel Cr-perovskite for rapid and efficient solar thermochemical H_2 production // *Inorg. Chem. Front.*, 2022, **9**, 5714-5724.
4. Xing Li, Xin Li, Jasurjon S. Akhatov // Feasibility and performance study of Solar combined heat and power system with absorption heat pump in Uzbekistan // *Applied Solar Energy*, (Allerton Press Inc./New York). Vol.56. №6. 498-507 pp. 2020.
5. Shaomeng Dai, Zheshao Chang, Chun Chang, Jasurjon S. Akhatov, Xin Li. Numerical study on the directly-irradiated vortex reactor for solar CO_2 coal gasification // *Solar Energy* 188 (2019) 573-585pp.
6. Tianzeng Ma, Lei Wang, Chun Chang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li. A comparative thermodynamic analysis of isothermal and nonisothermal CeO_2 -based solar thermochemical cycle with methane-driven reduction // *Renewable Energy* 143 (2019) 915-921pp.
7. N R Avezova, E Yu Rakhimov, N N Dalmuradova, and M B Shermatova. Adjustments to the indicators of the heating and cooling degree-days for regions of the Republic of Uzbekistan/OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012017, doi:10.1088/1755-1315/939/1/012017
8. Manel Hammami, Simone Torretti, Francesco Grimaccia, Gabriele Grandi. Thermal and Performance Analysis of a Photovoltaic Module with an Integrated Energy Storage System. *Appl. Sci.* 2017, 7, 1107; doi:10.3390/app7111107
9. Manel Hammami, Simone Torretti, Francesco Grimaccia, Gabriele Grandi. Thermal and Performance Analysis of a Photovoltaic Module with an Integrated Energy Storage System. *Appl. Sci.* 2017, 7, 1107; doi:10.3390/app7111107
10. N R Avezova, E Yu Rakhimov, N N Dalmuradova, and M B Shermatova. Adjustments to the indicators of the heating and cooling degree-days for regions of the Republic of Uzbekistan/OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012017, doi:10.1088/1755-1315/939/1/012017
11. <https://cbu.uz/oz/monetary-policy/refinancing-rate/>
12. <https://sunhightech.uz/en/for-individuals/#>
13. <https://cbu.uz/ru/monetary-policy/annual-inflation/>
14. <http://suvsoz.uz/abonentam/tariffs/>
15. <https://www.het.uz/ru/pages/calculator>
16. <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>
17. <https://sunhightech.uz/en/for-individuals/#>

ЦЕРИЕВЫЕ ТВЕРДЫЕ НОСИТЕЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СОЛНЕЧНЫХ РЕАКТОРАХ.

Ж.С. Ахатов, М.А. Зуфаров *, Ж.Ш. Турдиев

Физико-Технический институт Академии Наук Республики Узбекистан, ул. Ч. Айтматова 2Б, 100084
Ташкент, Узбекистан, *E-mail: marsuz@mail.ru

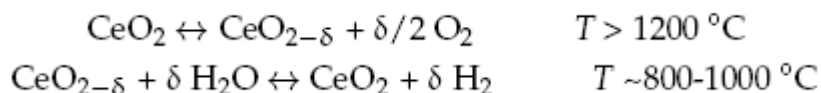
Аннотация

В работе приводятся первые результаты разработки технологии получения опытных образцов пористой сетчатой цериевой керамики методом пропитки полимерного каркаса. Эксперименты позволили определить основные параметры технологического процесса изготовления пористых керамических материалов.

В настоящее время разрабатывается альтернативный энергоноситель, такой как водород, для решения проблем, связанных с постоянным ростом цен на нефть и проблемой глобального потепления из-за парникового эффекта. Использование систем преобразования солнечной энергии для производства водорода, является многообещающим солнечным топливом, решает эти проблемы.

Термохимические циклы расщепления воды в сочетании с источником солнечной энергии представляют собой один из лучших вариантов производства водорода (и хранения солнечной энергии), поскольку этот способ не использует ископаемое топливо. В таких термохимических процессах часть солнечной энергии сохраняется в химических продуктах с учетом глобальной эффективности процесса.

В качестве окислительно-восстановительного материала, наряду с другими используется оксид церия CeO_2 . Данный материал использует двухстадийный способ получения водорода по следующей схеме:



Для большей реакционной способности этот твердый носитель должен обладать развитой поверхностью, чего добиваются изготовлением пористого носителя. Известны следующие методы получения пористой керамики: метод выгорающих добавок и метод пропитки полимерного каркаса. Среди различных видов пористой керамики сетчатая пористая керамика привлекает значительное внимание из-за своей чрезвычайно высокой пористости, которая обычно превышает 90% и может максимально использовать преимущества этого класса материалов.[1-3]

В данной работе приводятся первые результаты разработки технологии получения опытных образцов пористой сетчатой цериевой керамики методом пропитки полимерного каркаса. Задачей исследований было получение пористого материала, имеющего структуру взаимнооткрытых пор размером 1-3 мм (20-30 ppi).

В качестве каркаса в виде цилиндра высотой и диаметром 50мм мы использовали пенополиуретановую матрицу с пористостью 30 ppi. Для изготовления шликера был использован оксид церия марки ТУ 48-4-244-87. Размер зерен был менее 10 мкм. (Рис.1)

Керамический материал в виде шликера с добавлением в качестве связующего и электролита - жидкого стекла, наносили пропиткой пенополиуретановой матрицы (Рис 2.). Для определения оптимального количества наносимой суспензии, производили как однократную, так и двукратную пропитку каркаса

Образцы высушивали на воздухе до постоянного веса, а затем обжигали муфельных или в силитовых печах. Подъем температуры в процессе обжига осуществляли со скоростью 100-150 град/час, с выдержкой при температуре выгорания пенополиуретана около 500°C. Образцы выдерживали 0,5 часа при максимальной температуре 1450 °C. Усадка составляла 6-10 % в зависимости от состава. Полученные образцы представлены на рис 3.

В таблице представлены составы и характеристики образцов в зависимости от условий нанесения керамического материала.

Таблица Состав и свойства образцов пористой керамики, полученной пропиткой ППУ каркаса.

	Материал	Состав вес %			
		1	2	3	4
1	Керамическая масса, %	100	100	100	100
2	Вода, % (сверх 100)	65	65	65	65
3	Жидкое стекло, %	-	-	20	20
4	Кол-во погружений	1	2	1	2
4	Отжим	+	+	+	+
Свойства					
6	Усадка, %	6	7	9	10
7	Размер ячеек, мм	1,2-1,5	1,5-1,8	0,6-1,0	
	Описание образцов	Открытые поры, хрупкие	Открытые поры, более плотные	Достаточно плотные, сквозных пор меньше	

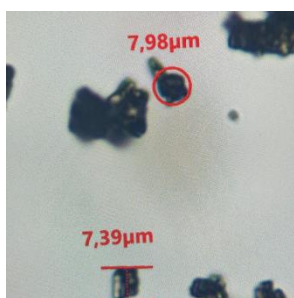
Средний размер зерен исходного CeO_2

Рис 1.



Пенополиуретановая матрица с пористостью 30 ppi

Рис 2.



Пористая керамика, полученная методом пропитки полимерного каркаса.

Рис 3.

Проведенные исследования позволили определить основные параметры технологического процесса изготовления пористых керамических материалов. Как показали предварительные эксперименты, дальнейшие исследования должны быть направлены на упрочнение полученных материалов, снижения температуры спекания, а также изучения их теплофизических характеристик.

Литература

1. M. Kh. Rumi *et al.*, Manufacture of Ceramic High-Porosity Cellular Materials Based on Raw Materials and Production Wastes in Uzbekistan, *Glass and Ceramics*. 72, 1-2 (2015)
2. Robert C. Pullar, Rui M. Novais *et al.*, A Review of Solar Thermochemical CO_2 Splitting Using Ceria-Based Ceramics With Designed Morphologies and Microstructures, *Frontiers in Chemistry*. 7, 601 (2019).
3. E. Koepf, I. Alxneit, *et al.*, A review of high temperature solar driven reactor technology, *Applied Energy* 188, 620 (2017).
4. Ziqi Xu, Hydrogen Fuel-cell Technology in Electric Vehicles: Current Usage, Materials and Future Applications, *Highlights in Science, Engineering and Technology*, MSES2022, 17, 20 (2022)

PROTECTION OF PHOTOELECTRIC SYSTEMS FROM LIGHTNING

T. Akhtamov

*Physical-Technical Institute of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, 100084, Toshkent, Chingiz Aytmatov street, 2B-house. e-mail: tohiraxtamov@gmail.com*

Abstract

In the article, the phenomenon of lightning, which is observed in nature, can affect photovoltaic panels and their installations, including inverter electronics. Therefore, it is necessary to assess the risk associated with lightning strikes in order to take proper protective measures for the system. The article evaluates the overvoltage caused by lightning and finds solutions based on international standard guidelines for lightning protection measures.

Key words: Photovoltaic, photovoltaic systems, frequency inverter, lightning protection, lightning protection system, lightning electro-magnetic pulse, low voltage.

Introduction

Nowadays photovoltaics is becoming more widespread due to the reduction in installation costs of photovoltaic (PV) systems and the incentives offered in many countries. Not only private households installing PV systems on their roofs, but private companies, educational institutions, business organizations or farms are also increasingly investing in PV systems to develop unused land. The judicious use of photoelectric batteries (PEB) will give the intended effect when the system is sufficiently focused on dustiness, extremely hot temperatures, and external protection. Factors such as hailstorms, strong winds, and lightning from changing natural phenomena seriously affect the stable operation of the photoelectric stations (PES). Because PEBs cover a large surface area, they are at increased risk of being struck by lightning during thunderstorms [1].

A lightning or lightning protection system consists of external and internal lightning protection measures. It protects people from injury, damage to structures, and electrical equipment from overvoltage.

The installation of photoelectric (PE) modules does not itself increase the risk of lightning strikes to buildings, but in the event of a lightning strike, there may be increased damage to the building's electrical installations. This is based on the fact that due to the wiring of FE systems inside the building (in existing inverters and cable systems), high voltage lightning currents can result in strong conduction voltages and high radiation luminances of lightning. The purpose of the installer is to protect the building and FE systems from damage caused by lightning. Namely, due to a direct lightning strike, electrical and electronic systems (inverters, remote monitoring systems, the main line of the photoelectric system) must be protected against the effects of lightning electromagnetic impulses (LEMI). Lightning and surge protection of photoelectric devices (PEDs) is actually an understudied topic. The problem of protecting PEDs has been studied from the point of view of preventing direct lightning strikes by constructing conventional external lightning protection systems [2,3].

However, the problem is more complex; in fact. If a lightning strike occurs in the vicinity of an FE system, the devices may be damaged and fail due to voltage surges and excessive current flows. Previous studies have shown that overvoltages can reach significant values [4] and therefore it is essential to install surge protectors on both sides of power electronic devices (such as charge controllers and inverters) [5].

Materials and methodology

This article describes the lightning protection system of a 3200W photoelectric plant (FES) installed on a farm in the Tomdi district, Navoi region and the passport parameters of the solar panel used in FES are listed in Table 1.

Table 1. Geometric size and physical parameters of photoelectric battery PARAMETERS

GEOMETRIC DIMENSIONS	SIZE
THE SURFACE OF FEB, S_{PV}	1,018m ²
THE FRAME WIDTH OF FEB, D	3,5sm
PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS	
MAXIMUM POWER OF FEB, P_{MAX}	200W
THE EFFICIENCY FACTOR OF FEB, H	19,5%
OPEN CIRCUIT VOLTAGE OF FEB, U_{OC}	45,48V
SHORT CIRCUIT CURRENT OF FEB, I_{SC}	7,89A
FEB FILL FACTOR OF THE VOLT-AMPERE CHARACTERISTIC, FF	0,74

Tomdi district is one of the districts of Navoi region. It was established on July 3, 1927. It borders Konimekh and Nurota districts in the south, Kyzylorda in Kazakhstan in the north, South Kazakhstan regions in the east, the Jizzakh region in the southeast, and the Uchkuduk district in the west. The center of the district is the village of Tomdibulok. The territory of the district is located in the Kyzylkum desert, the geographical coordinates are latitude 42° 13' 30" North, longitude 65° 14' 5" East, and the height of the land above sea level is 220 m.

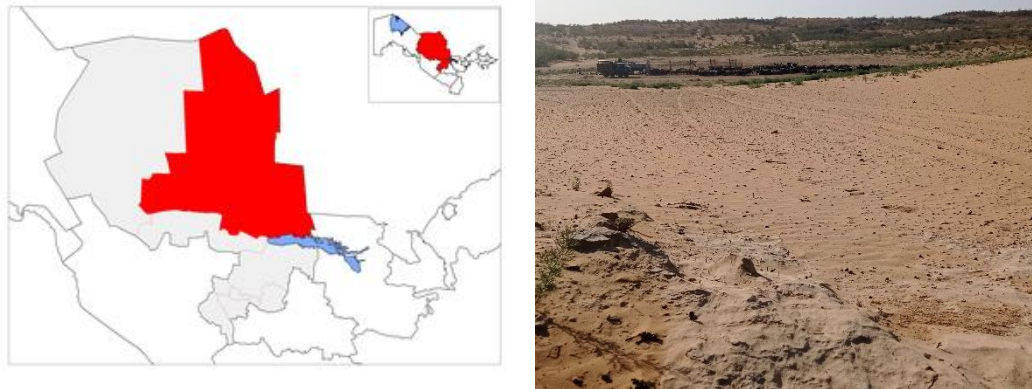


Figure 1. Geographical map of the area

The total area of Tomdi district is 4248.5 thousand km², of which 30.3 thousand km² are pastures (71%) and 12.2 thousand km² (29%) are non-agricultural lands. There are no irrigated lands. The climate is strictly continental. The average temperature in January is -4.1°, and the lowest temperature is -31°. The average temperature in July is +30°, the highest temperature is +48°. The average annual precipitation is 108 mm. There are no rivers or lakes. The soils are red, sandy soils.

The photoelectric plant installed in this area was fixed to the structure fixed to the ground, and before the installation work, information related to the area was collected and analyzed through the <https://globalsolaratlas.info> website.

According to it, the azimuth angle for the solar panels was 180 ° clockwise from the north, and the optimal value of the installation angle of the solar panels with respect to the ground was 36°. It was determined that the total annual energy produced by PES is 5,140 MW•h and the annual total solar radiation is 2,002.2 kW/m².

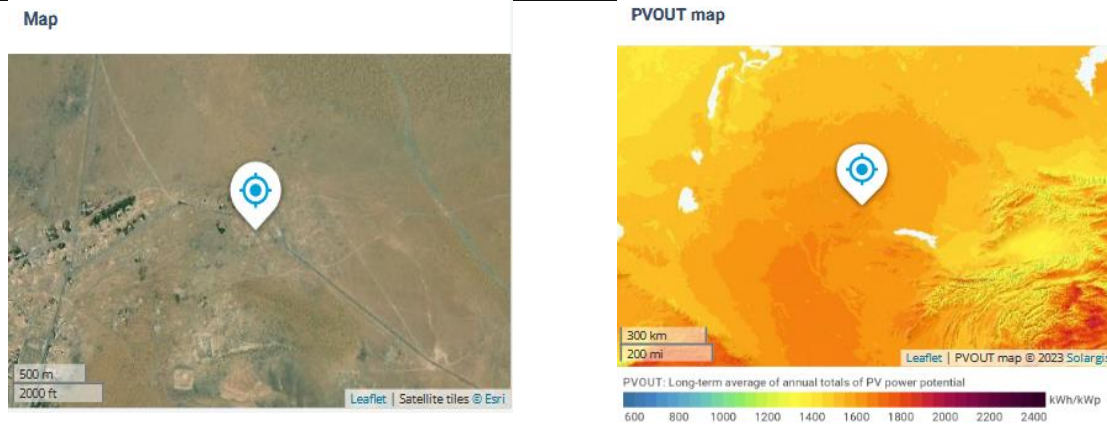


Figure 2. Solar Atlas data of the region

Annual solar radiation values for the area are given below; direct normal radiation - 1772.2kWh/m², total horizontal radiation - 1708kWh/m², diffuse horizontal radiation - 654.6kWh/m², total radiation falling at an optimal angle – 2010.4 kWh/m² was found to be. Figure 4 shows the graphs of solar radiation and power that FES can produce per month and hours.

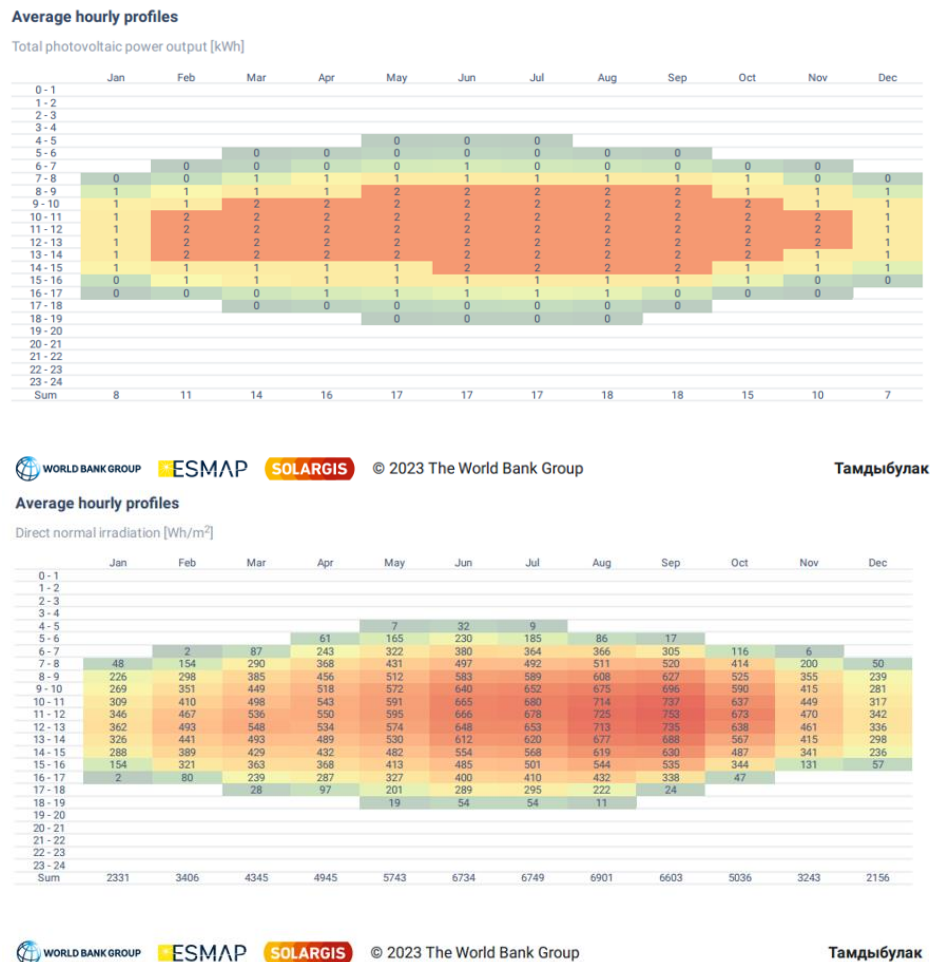


Figure 3. Power and Solar radiation data of the installed station

Results and discussion

The farm is located in a desert area 352 km from the center of the district. This cattle breeding farm mainly uses FES to water its animal husbandry twice a day. For watering works, water is filled 3 times a day from a 65 m deep well into a cistern with a capacity of 8m³ [8]. This year, some changes were made to the installation work of FES, which was installed on the farm last year. Accumulators of autonomous FES cannot justify themselves due to the sharp increase in climate in desert zones for the summer season.

Therefore, the battery system was changed to a system that works only during the day with the help of a frequency inverter, which is shown in Figure 1.

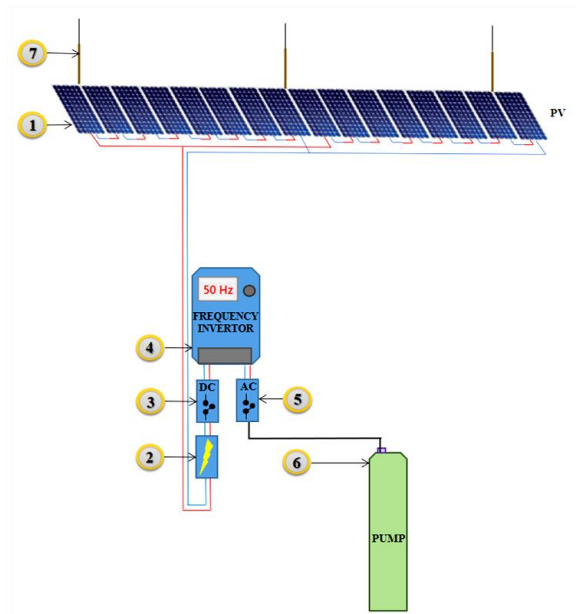


Figure 4. Drawing of a photoelectric plant for pumping water from a well through a frequency inverter installed on a farm Conditional symbols: 1- Mono silicon photoelectric battery, 2- lightning protection for electronic equipment (KYV-PS,1000DC/32A), 3- constant current connector, 4- frequency inverter (USFULL, 2,2kWt), 5- alternating current connector, 6- well pump (ZEN, 750 Wt), 7- protection of photoelectric station through the ground

The changes made to the mounting work are as follows: for the external lightning protection system of the FES in the border area, vertical metal poles with an interval of 4 m each were installed on the ground at a distance of 1.5 m from the system. These poles protect photovoltaic cells on the surface, photovoltaic cell profiles, and structural parts from lightning strikes. Kayal KYV-PS (1000DC/32A) brand and IEC (EN) 60269-6 series European standard lightning protection device was used to protect the electronic components before the constant current from the panels enters the inverter.



Figure 5. Overview of lightning-protected FES and electronic devices

It is known that during the FEB operation, the surface is polluted due to dust in the air, and the dust settles on the surface in certain microns. Due to the variability of the weather, especially during the rainy season, the sky is covered with clouds and it rains, which washes away the dust on the surface of the FEBs and cleans the panels. Naturally, in this case, the electrical efficiency of photoelectric batteries increases,

and in addition, the value of the induced voltage associated with the magnetic fields of lightning flashes increases, and voltage loads are observed in electronic devices. This situation causes several problems in the operation mode of electronic devices and equipment. Our experience shows that it is necessary to complete the stage of lightning protection before the full operation of any FES installed on the premises. In addition, it is important that the panel frames of FEBs are painted in black to protect against lightning [6, 7].

This work of photoelectric module protection systems was performed with the intention of contributing to providing experimental data for improved cases and this work is part of ongoing research.

Conclusions

During the works carried out in the area, the necessary installation works for optimal operation of the autonomous photoelectric plant for raising water from a well with a depth of 65 m were performed. The problems of providing the farm with electricity and water necessary for the whole year and especially for the summer season in livestock farms during the extreme months, which are the most unfavorable in terms of climate, were studied and solved. In addition, special attention was paid to the protection of the photoelectric station from adverse weather conditions. To protect against unexpected overloads, PES and consumer devices were protected according to world standards. The head of the farm acknowledged that the system was justified after a quarter of the work process of the station.

References

1. Collins, E., Dvorack, M., Mahn, J., Mundt, M., Quintana, M. (2009). Reliability and availability analysis of a fielded photovoltaic system, in *Proc. 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2316 – 2321.
2. Rogers, C. B. (1981). The protection of photovoltaic power systems from lightning, in *Proc. 15th IEEE Photovoltaic Specialists Conf.*, 761–766.
3. Carmichael, D. C., Noel, G. T. (1985). Development of low-cost modular designs for photovoltaic array fields, *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-104, no. 5, 1005–1011.
4. INTERNATIONAL STANDARD IEC 61173. (1992). *Overvoltage Protection for PV Power Generating Systems—Guide*, IEC Std. 61173,
5. Vangala, P., Ropp, M., Haggerty, K., Lynn, K., Wilson, W. (2008). Field measurements of lightning-induced voltage transients in PV arrays, in *Proc. 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conf.*, 1 - 4.
6. Häberlin, H., Minkner, R. (1994). A simple method for lightning protection of PV-systems, in *Proc. 12th EPSEC*, 1885–1888.
7. Häberlin, H. (2001). Interference voltages induced by magnetic fields of simulated lightning currents in PV modules and arrays, in *Proc. 17th EPSEC*, 2343–2346.
8. Муминов, Р.А., Имамов, Э.З., Турсунов, М.Н., Сабиров, Х., Ахтамов, Т.З. (2022). Фотоэлектрическая установка подъема воды из глубинных колодцев при экстремальных условиях, Республиканская научно-практическая конференция по актуальным проблемам физики полупроводников и полимеров, Ташкент, НУУ, 179-180.
9. Stern, H. J., Karner, H. C. (1993). Lightning induced EMC phenomenon in photovoltaic modules, in *Proc. IEEE Int. Symp. Electromagnetic Compatibility*, 442–446.
10. Rogers, C. B. (1981). The protection of photovoltaic power systems from lightning,” in *Proc. 15th IEEE Photovoltaic Specialists Conf.*, 761–766.
11. IEC INTERNATIONAL 62305-4 STANDARD. (2006). *Protection against Lightning—Part 4: Electrical and Electronic Systems within Structures*, IEC Std. 62305-4.
12. [Becker, H., Vaaben, W., Vaben, F. (2000). Lightning and overvoltage protection in PV and solar thermal systems, in *Proc. 16th EPSEC*, 2257–2260.
13. Hernandez, J. C., Vidal, P. G., Jurado, F. (2005). Guidelines to requirements for protection against electric shock in PV generators, in *Proc. IEEE Power Eng., Soc. General Meeting*, 17–22.

Повышение коэффициента тепловой эффективности теплоприемных панелей для солнечных коллекторов

Х.С.Ахмадов¹, К.Ю. Рашидов¹, У.Р. Гаппаров¹, Н.М. Назарова²

¹*Физико-технический институт АН РУз.*

ул. Ч. Айтматова 2Б, 100084-Ташкент, Узбекистан. www.fti.uz

²*Бухарский Государственный Университет,*

ул. М. Икбола, 11, 200117. e-mail: xushdil.ahmadov@gmail.com

Аннотация

Рассмотрены и изучены конструкции теплоприемных панелей являющихся основными абсорбирующими элементами солнечных коллекторов, а также новые конструкции теплоприемных панелей солнечных коллекторов с целью организации производства на основе местного сырья.

Ключевые слова: теплоприемная панель; теплоноситель; гелиоколлектор; листотрубный; гидравлический витой канал; рифленая поверхность.

Введение

Одной из перспективных сфер практического применения солнечной энергии, которая имеет наибольшую степень технологической готовности в нашей стране, как и во всем мире, является ее преобразование с помощью плоских солнечных коллекторов в низкопотенциальное тепло и использование последнего в качестве источника тепла в системах горячего водоснабжения жилых, коммунально-бытовых и социальных объектов, являющихся основными потребителями тепла такого же температурного потенциала [1].

Основным элементом плоских солнечных коллекторов, в котором происходит поглощение и преобразование энергии солнечного излучения в тепло и передача последнего к нагреваемой среде является лучепоглощающая теплообменная панель. Существующие в мировом производстве плоские солнечные коллектора в основном отличаются по конструкции, технологии и материалу изготовления. В связи с этим, анализ основных конструктивных решений плоского солнечного коллектора сводится к анализу конструктивных решений их лучепоглощающей теплообменной панели [2 - 4].

Основным теплотехническим параметром плоского солнечного водонагревательного коллектора, показывающим степень энергетического совершенства, и влияющие на тепловую эффективность является коэффициент тепловой эффективности теплоприемной панели плоского солнечного коллектора, характеризующая эффективность переноса тепла от элементов рассматриваемой теплообменной панели к теплоносителю, циркулирующему в ее теплоотводящих каналах [4-5].

Основная часть

Разработана листотрубная теплоприемная панель гелиоколлектора (рис.1) [6], состоящая из витой трубки для теплоносителя и соединенных с ней продольно с двух сторон теплоприемных листов, где внутренняя поверхность трубки выполнена витой, при этом теплоприемные листы выполнены с рифленой поверхностью и селективным покрытием из оксида алюминия, наносимого методом электрохимического анодирования. Данная конструкция даёт возможность максимально повысить эффективность теплосъема с плоской поверхности панели гелиоколлектора за счет увеличения местных пристеночных скоростей и общей перестройки течения жидкости, а также в поперечном сечении в трубке происходят перетекания жидкости от периферии к центру в результате действия градиента давления, тем самым равномерно распределяется теплообмен на всех слоях и зонах жидкости, где обеспечивается максимальный и эффективный теплосъем. Плоская теплоприемная панель с витым теплоотводящим каналом в предлагаемой конструкции, имеет следующие преимущества: простоту конструкции, высокую эффективность теплосъема, относительно низкую себестоимость, неметаллоемкая при изготовлении.

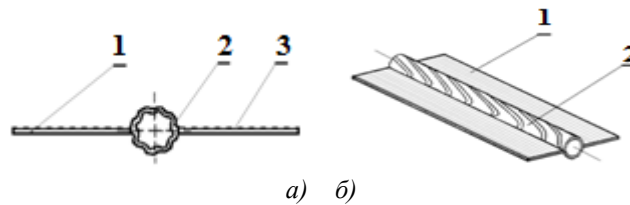


Рис.1 – Плоская теплоприемная панель гелиоколлектора с витым теплоотводящим каналом (а), общий вид теплоприемной панели (б).

Плоская теплоприемная панель гелиоколлектора с витым теплоотводящим каналом выполнена из листового алюминиевого сплава и витой трубки из меди, латуни или нержавеющей стали, изготовленная присоединением трубки из меди, латуни или нержавеющей стали к рифленому листу из алюминиевого сплава сварочным швом или пайкой, где: 1 – рифленая теплоприемная панель с селективным покрытием; 2 – витая трубка; 3 – рифленая поверхность панели [6].

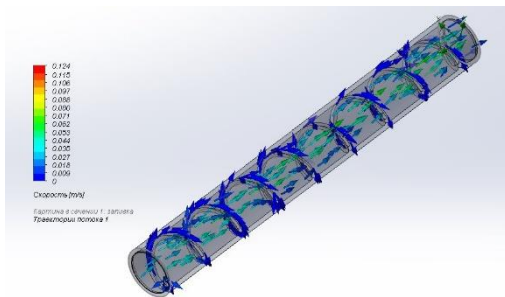


Рис.2. Показана скорость потока жидкости и её линейное вращательное движение через витой теплоотводящий канал.

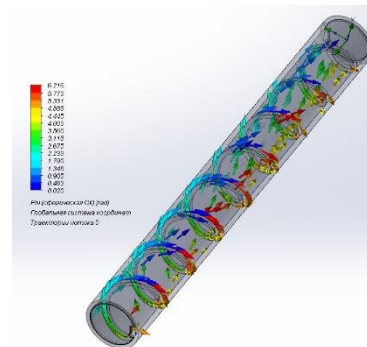


Рис.3. Показана скорость потока жидкости и её вращательное движение через витой теплоотводящий канал.

В программе Solidworks рассмотрены протекание теплоносителя через трубку теплоприемной панели с витым теплоотводящим каналом (рис.2,3).

Литературы

1. Аvezов Р.Р., Лутпуллаев С.Л. Состояние, перспективы и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Узбекистане. Конференция посвященная году Физики - 2005. г. Ташкент, 27-28 сентября 2005 года, 119 – 123 стр.
2. Аvezова Н.Р. Комплексная оптимизация параметров листотрубных лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных коллекторов для нагрева жидкого теплоносителя // Международный научный журнал «Гелиотехника», 2011 г., №1, 8-15 стр.
3. Бутузов В.А. Самодренируемые гелиоустановки: мировой и российский опыт разработки и сооружения / В.А. Бутузов, В.В. Бутузов, Е.В. Брянцева, И.С. Гнатюк // СОК. - 2017. - №2. 53-57стр.
4. Аvezова Н.Р. Автореферат. УДК: 662.997 – 621.47. «Моделирование процессов теплового преобразования солнечной энергии в плоских коллекторах и оптимизация их основных параметров для использования в системах горячего водоснабжения», Ташкент - 2018 г., 37-46 стр.
5. Аvezов Р.Р., Орлов А.Ю. «Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения». Издательство «Фан», Ташкент -1988 г., стр. 65-66.
6. Патент РУз. № FAP 01472 (2018 0180) F24S10/75 (2018.01) от 15.01.2020 г. UZ, Рашидов К.Ю., Аvezов Р.Р., Аvezова Н.Р., Рашидов Ю.К., Абдухамидов Д.У., Бюллетень - 2020, №2. «Листотрубная теплоприемная панель гелиоколлектора».

AS AN ACTIVE METHOD FOR EFFICIENT COOLING OF A PHOTOVOLTAIC BATTERY A NEW CONSTRUCTIVE PHOTO-THERMAL BATTERY

M.N. Tursunov¹, X. Sabirov¹, U. Kholov^{1,2*}, M.M. Eshmatov¹

¹Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2^b, 100084 Tashkent, Uzbekistan,

²Karshi engineering-economics institute,
180100. Karshi city, Mustaqillik str. 225, 180100 Karshi, Uzbekistan, *e-mail: uygunshams@mail.ru

Abstract

The study in this article focuses on measures to improve the efficiency of photovoltaic batteries by reducing their exposure to external influences. As an active method for efficient cooling of a photovoltaic battery, a new constructive photo-thermal battery was proposed by attaching a cellular polycarbonate thermal collector to the back surface of a photovoltaic battery based on crystalline silicon. In particular, these experimental tests were performed in the coldest month of the year, in the winter chill (when the daytime air temperature was around 5-8 °C). The purpose of the experiment conducted these days is to identify the potential of newly constructed photovoltaic battery. It has been shown that the power increases by 27% from a normal photovoltaic battery when solar reflectors (lateral light-reflecting planes, light-reflecting coefficient 0.5) are installed on the photovoltaic battery surface. The device parameters prepared considering the extreme conditions, high temperature, degree of contamination and the intensity of solar radiation falling on the photovoltaic battery surface were studied in comparison with the parameters obtained under standard test conditions. It has been shown that photovoltaic battery-based photo heating devices can provide guaranteed electricity and hot water at high temperatures in rural areas. This allows it to be used for domestic and economic needs of the population in extreme climatic conditions in rural areas.

Key words: photovoltaic battery, photo thermal battery, cellular polycarbonate, short circuit current.

Introduction

It is known that the semiconductor solar cells that make up crystalline silicon-based photovoltaic batteries (PVBs) can increase electricity efficiency by lowering the temperature. The aim of the study was to develop such an experimental device and simultaneously examine the advantages of PVB made on the basis of heat collectors from PVB of traditional design and to determine the possibility of their effective use in the winter months [1-3].

In countries with hot climates, including Uzbekistan, there are specific factors that make the use of off-grid photovoltaic devices different from those in other countries. One of these factors in our country is the change in the angle of incidence of the Sun on the Earth's surface relative to the intersection of the seasons. Decreased operating efficiency of photovoltaic batteries, especially in winter, when solar radiation falls at a very small angle to the Earth's surface. In summer, as a result of exposure to high temperatures, there is a decrease in the electrical energy efficiency of PVB, and a decrease in efficiency due to the presence of high levels of dust particles in the atmospheric air [4-6]. Various aerosol dust particles in the air cover the surface of the PVB, forming a layer that reflects solar radiation. In this case, too, PVBs are one of the main factors reducing photovoltaic thermal battery (PVTB). Ambient temperature and dust effects simultaneously affect the period from April to October. During this time of year, there has been a sharp decline in the efficiency of PVBs due to more arid climates in the southern regions, including recent dusty atmospheric processes [7].

In these rural areas, there is no possibility to use PVBs other than water cooling and the efficiency is very low. The use of natural convective cooling by air is inefficient because the wind speed changes rapidly and the blowing time is not guaranteed. Creating wind artificially requires additional energy [8].

Materials and methods

The cross section of the PVTB, developed on the basis of scientific research, is shown in Figure 1 [9]. In our devices, the dimensions of the channels are 8x10 mm² and the walls separating them are 1 mm. The channels of cellular polycarbonate are placed parallel to the position of the PVB.

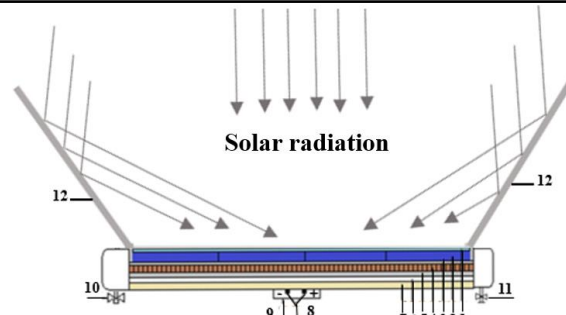


Figure 1. Cross section of PVTB. 1-protective glass, 2-solar panels, 3-EVA layer, 4-cellular polycarbonate, 5-insulation layer, 6-heat-insulating (foam) layer, 7-back cover, 8-connection point of elements, 9-contact box, 10-taps for cold water, 11-taps for hot water, 12-reflectors

In the cellular polycarbonate ducts installed on the back surface of the PVB, which occupy the entire surface, water moves and absorbs heat. The heat collector is wrapped in a 3mm thick insulating layer to prevent the heat from spreading to the collector structural elements [10]. The cellular polycarbonate, insulation and foam plastic layer, together with the back cover, reduce heat loss several times. Some shortcomings in the previous design of the heat collector have been eliminated. In particular, the part connecting the polycarbonate channels of the water inlet with the pipes has been compacted and water spillage has been eliminated. A 25 mm diameter polymer pipe was used for the cold-water inlet and hot water outlet ducts, located on the outside of the PVB. On fig. 2 presents the results of experimental tests of the developed photo-thermal battery and traditional photovoltaic batteries in the Heli polygon of the Physics-technical Institute, Tashkent city.

Results and its discussion

Figure 2 shows a newly designed photo-heating device used to measure and test parameters under natural conditions in Tashkent. A special control unit with all electronic control and monitoring units, energy storage system and installation parameter measuring devices has been developed for ease of experimentation in rural areas and operation in natural conditions. In order to increase the efficiency of the device, the photovoltaic cell is mounted on a base structure with the ability to change the position on a specially designed two-direction coordinate. The purpose of testing the device in Tashkent, especially in the open air in January of winter, is to assess its potential when the temperature is relatively low and the duration is short. We have already mentioned that this device works in photoelectric battery mode when the weather is cloudy or rainy. Experimental test results were conducted from 8:30 AM to 16:00 PM in the morning. For two days, the measurement results from a photo-thermal battery, a reflective photo-thermal battery, and a conventional photoelectric battery were compared [11].

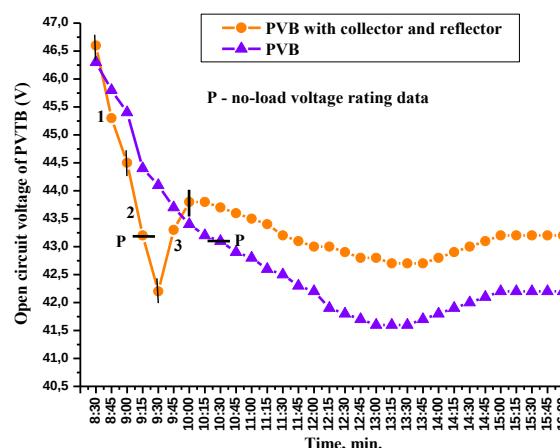


Figure 2. Open circuit voltage varies with time

Figure 2 below shows a graph of open circuit voltage as a function of time. As shown in the figure, the traditional open circuit voltage curves of the PVB and PVTB change only after 10:00 AM depending on the intensity of the incident solar radiation. Figure 3 shows that the differences between the traditional PVB and PVTB voltage variation over time up to 10:00 AM are mainly related to PVTB there is no convective heat exchange with the environment because the back and side surfaces of the photo heat sink are covered

with protective materials, so heat does not dissipate and collects on its back surface. Since the back surface of a normal PVB is open, the ambient temperature varies from $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ during the day and the wind speed varies from 3 to 7 m/s, its back surface does not heat up as a result of low temperature effects due to convective heat exchange with atmospheric air. In the photo heat exchanger, on the other hand, in the 1st interval, the PVTB operates in the photoelectric battery mode and there is no convective heat exchange due to the fact that it is surrounded by layers protected from convective heat exchange. In interval 2, an increase in the intensity of solar radiation incident on the surface of the photoelectric battery with the spread of the side reflector wings leads to additional heating of the rear surface. As a result, the open-circuit voltage continues to decrease, and during the transfer of water from the heat sink in interval 3, an increase in the open-circuit voltage is observed as the rear surface of the photocell cools, and the voltage value is higher than the voltage in the PVB passport. That is, this method can make the open-circuit voltage of the PVB more than the passport one.

In the process from 10:45 PM minutes, the dependence of the open circuit voltage on time in both photovoltaic and photovoltaic batteries is associated with an increase in atmospheric temperature and a change in the intensity of solar radiation for various reasons (see Fig. 3). From Figure 3, the time dependence of the conventional photoelectric battery salt walking voltage varies mainly with changes in solar radiation intensity and atmospheric ambient temperature, and the PVTB voltage differs by more than 2V from the PVB voltage during the measurement period until 16 PM after water is opened in its collector.

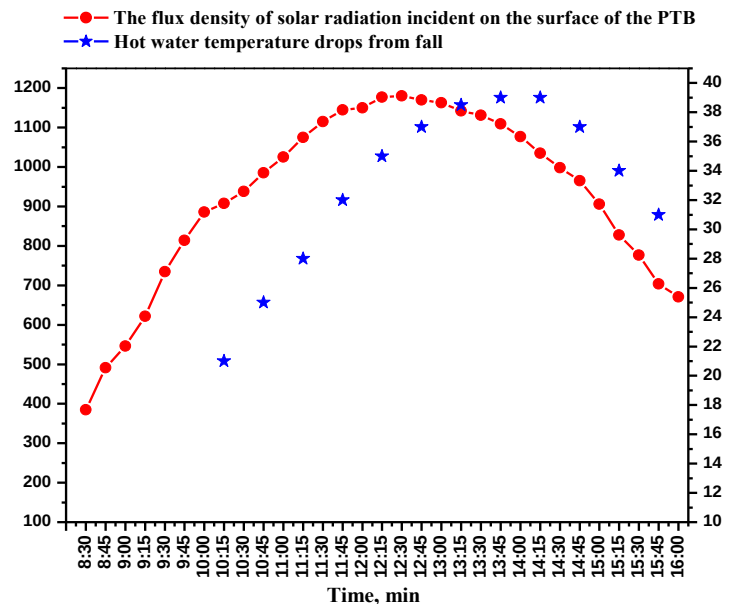


Figure 3. The time dependence of the solar radiation flux density and the temperature of the water leaving the collector

Figure 3 shows a graph of the time dependence of the intensity of solar radiation flow and the temperature of the water leaving the collector. The high value of the time dependence of the intensity of solar radiation flux corresponds to the period of the day from 12:20 to 12:50 PM, the period when the sun passes around the point of zenith point [12]. The achievement of the maximum value of water temperature depends on the process of heat exchange in solid and liquid bodies according to the laws of thermodynamics, which corresponds to the time of 13:30÷14:10 PM days. In winter, it is only effective to use PVTBs with a cooling system on a clear sunny day. In the first day of research, the temperature rose to $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ due to the fact that the water flow rate from the collector was 20 l/h. On the second day, a reflector was installed and the water flow rate was doubled (40 l/h) and the water temperature was lowered to 36° . It was found that up to 36° gallons of hot water could be obtained from a reflective PVTB on a sunny day despite the low temperature (temperature equal to $5\text{ }^{\circ}\text{C}$) [13]. The issue of conducting detailed scientific research on the possibility of long-term receipt (during the day), storage and use of hot water from the heat collector with almost no change is now relevant.

Figure 4 shows the time dependence of the short-circuit currents of photoelectric and photoelectric batteries. Under AM-1.5 conditions, the PVB power (passport data is mainly 1000 W/m^2 and $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) is 340W and consists of 72 solar cells connected in series.

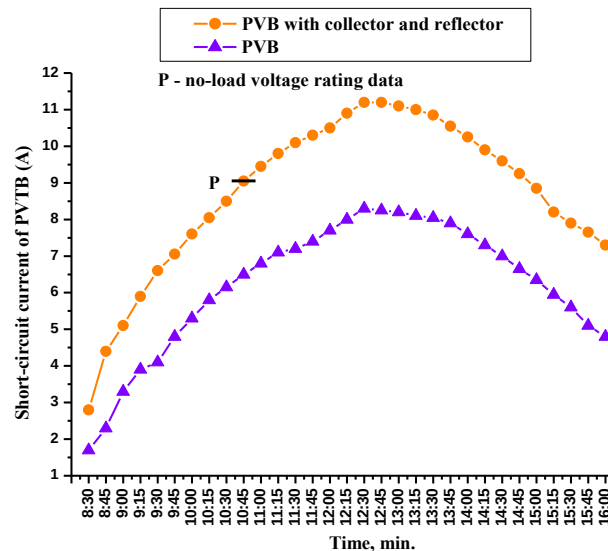


Figure 4 Time dependence of short-circuit currents of photoelectric and photoelectric batteries

From the picture you can see that the short-circuit current of the reflector PVTB is high. In particular, from the comparison of Figures 3 and 4, when the intensity of solar radiation is $1000 \text{ W} / \text{m}^2$ (Fig. 3 at 10:45 AM), the short-circuit current is 9 A (Fig. 4 at 10:45 AM). This is an indicator in the PVB certification passport. That is, the result of the use of light-reflecting planes (reflectors) on the sides of the PVB is an increase in the power generated. The main function of the reflector is to increase the flux density of solar radiation (especially in winter). The cost of manufacturing a reflector is 15-18% of the cost of a photoelectric battery. However, the use of a reflector in combination with PVB can increase the power by up to 50% when a heat collector is installed [14].

Conclusion

The proposed combined installation on the basis of an upgraded support structure and a photo of a new thermal battery with a heat collector made of cellular polycarbonate with side reflecting planes makes it possible to significantly increase the production of electric energy up to 1.5 times compared to a traditional PVB design, and provide year-round hot water to isolated rural households when used for household and household needs. With the efficient use of this heat, the newly designed PVTB -based photovoltaic devices have the opportunity to receive both hot water and electricity for domestic needs of the rural population. Based on the scientific and practical results obtained in January of the winter season, it can be concluded that with the help of devices based on photovoltaic batteries, it is possible to provide the rural population with electricity and hot water all year round.

References

1. Турсунов М.Н., Сабиров Х., Холов У.Р., Эшматов М.М., “Исследование параметров фото-тепловой батареи в экстремальных природных условиях”, Гелиотехника, №1, ст. 7-15, (2021).
2. Rehan Ali and Serdar Celik, “Effect of Cooling on Solar Panel Performance”, International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering, Vol. 100 (2017), DOI: 10.7763/IPCBE. V 100. 18, (2017).
3. Swar A. Zubeer, Omar Mhohammed Ali, “Performance analysis and electrical production of photovoltaic modules using active cooling system and reflectors”, Ain Shams Engineering Journal, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.09.022>, (2020).
4. Muminov R.A., Tursunov M.N., Sabirov X., Abdiev U., Yuldoshov B.A., Abilfayziev Sh.N., Rummyantseva E.V., “Study of the Parameters of a Photo of a Thermal Battery with a cell Polycarbonate Collector”, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 12, (2019).
5. Muminov R., Yuldoshev I., Sabirov H., Kholov U., Akhtamov T., “Features of optimization of increasing the efficiency of an autonomous photo thermal installation for rural regions”, E3S Web of Conferences, 216, 01146, p. 6, (2020).
6. Турсунов М.Н., Муминов Р.А., Газиев У.Х., Сеттарова З.С., Тукфатуллин О.Ф., “Научные и технологические аспекты разработки фотоэлектрической установки для работы в условиях жаркого климата”, Гелиотехника, №3, с.13-17, (2006).

7. Муминов Р.А., Турсунов М.Н., Тукфатуллин О.Ф., “Влияние температуры на вольтамперные характеристики фотоэлектрических батарей на базе монокристаллического кремния”, Гелиотехника, № 4, с. 21–24, (2007).
8. Swar A. Zubeer, H.A. Mohammed, and Mustafa Ilkan, “A review of photovoltaic cells cooling techniques”, E3S Web of Conferences, 22, 00205, (2017).
9. Strebkov D. S. and Filippchenkova N. S., “Results of an experimental study of a Solar photovoltaic-thermal module”, Applied Solar Energy, Vol.56, no. 6, pp. 442-448, (2020).
10. Tursunov M. N., Dyskin V. G., Yuldashev I. A., Sobirov Kh., and Park Jeong Hwoan, “A Criterion of Contamination of the Glass Surface of Photovoltaic Batteries”, Geliotekhnika, No. 2, pp. 82–84, (2015).
11. Турсунов М.Н., Дыскин В.Г., Турдиев Б.М., Юлдошев И.А., *Влияние конвективного теплообмена на температуру солнечной фотоэлектрической батареи*, Гелиотехника, Ташкент, №4. с. 34-37, (2014).
12. Турсунов М.Н., Сабиров Х., Турдиев Б.М., *Повышение эффективности фото тепловых батарей с воздушным охлаждением*, Международная конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы физики», с. 124-127, (2017).
13. Турсунов М.Н., Турдиев Б.М., Комолов И.М., *Исследование влияния температуры воды на параметры фото тепловой батареи* Международная конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы физики», с. 128-130, (2017).
14. Муминов Р.А., Турсунов М.Н., Сабиров Х., Шокучкоров С.К., Пиримматов М.П., Эшмуродова М.Н., *Модернизация фото тепловой батареи для повышения эффективности использования в условиях жаркого климата*, Физика полупроводников и Микроэлектроника, с. 58-64, (2019).

ЎЗБЕКИСТОН ИҚЛИМИ ШАРОИТИДА УЙЎНЛАШГАН ҚУЁШ ИСИТИШ ТИЗИМЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШНИНГ АФЗАЛЛИКЛАРИ ВА КАМЧИЛИКЛАРИ

Д.У.Абдухамидов¹, К.Ю.Рашидов¹, Х.С.Ахмадов¹, Н.М.Назарова²

¹ Ўз.Р ФА Физика-техника институти
100084, Тошкент, Ч. Айтматов кўчаси, 2Б,

²Бухоро давлат университети,
Ўзбекистон, 200117, Бухоро, М. Икбол кўчаси, 11. e-mail: xushdil.ahmadov@gmail.com

Ўзбекистон иқлими шароитида паст ҳароратли уйғунлашган(пассив, фаол) Қуёш иситиш тизимларидан фойдаланиб биноларни лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш энг замонавий ва самарали иситиш усулларида бири бўлиб, келажакда илмий тадқиқотчилар учун қўплаб ихтиролар ва илмий ишланмаларни амалиётга жорий қилиш имкониятларини очиб беради.

Дунёда иситиш мақсадларида Қуёш энергиясидан фойдаланиш соҳасидаги илмий тадқиқотлар асосан фаол тизимлардан фарқ қилувчи пассив Қуёш иситиш тизимларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш, биринчи навбатда, уларнинг соддалиги ва арзонлиги сабабли олиб борилади [1,2,3,]. Мўтадил иқлимли минтақаларда пассив Қуёш иситиш тизимлари орасида энг кенг тарқалгани жанубий девордаги ёруғлик тирқишлари орқали иситиладиган хоналарга Қуёш нурлари энергиясининг бевосита оқимида асосланган инсоляцион тизимлардир. Қуёш нурлари энергиясининг инсоляцион тизимларида иссиқлик энергиясига айланиши қизиган биноларга киргандан кейин содир бўлгани учун уларнинг иссиқлик самарадорлиги анъанавий фаол ва пассив Қуёш иситиш тизимларига нисбатан сезиларли (1.5-2 марта) юқори бўлади [4].

Қуёш энергиясини иссиқлик энергиясига айлантириш учун “иссиқхона эффекти” ҳодисасида ишлатиладиган шиша ёки пластик юзалар билан қопланган гелиоқабулқилгич қўлланилади [1]. Бироқ, фақатгина фаол ёки пассив турдаги тизимлардан фойдаланиш ҳар доим ҳам тавсия этилмайди. Иссиқлик йўқотилишини ва бинонинг энергетик эҳтиёжларини камайтириш мақсадида пассив ва фаол тизимларнинг энг фойдали самарадор сифатларини ҳисобга олувчи уйғунлашган тизимлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Панел-нурли иситиш тизимларида одатда, анъанавий радиаторли тизимлардан фарқли равишда 35-40°C ҳароратли иссиқлик ташувчидан фойдаланилади. Йилнинг қишқи мавсумида сувни 35-40°C ҳароратгача иситиш учун ясси қуёш коллекторининг иссиқлик самарадорлиги сувни 70-80°C ҳароратгача қиздирилгандагига нисбатан деярли икки баробар юқори бўлади [5]. Қўриниб турибдики, Қуёш иситиш тизимларида панель-нурли тизимлардан фойдаланиш ясси қуёш коллектори нархини сезиларли даражада камайтириши мумкин. Панел-нурли Қуёш иситиш тизимларида иситиш мавсумида биноларни иситишда Қуёш нурланишини етарли миқдорда тўплаши мумкин, у сезиларли даражада иссиқлик тизимининг сақлаш харажатларини камайтириш имконини беради.

Био-иншоотларни иситиш ва иссиқ сув билан таъминлаш масалаларини, фойдаланиладиган асбоб-ускуналарнинг ўзига хос хусусиятларини, иқлим шароитини ва бошқа бир қатор омилларни ҳар томонлама ҳал қилишга интилиш уларнинг тизимларини комбинациялашган ечимда ечишга олиб келади.

Қуёш энергиясидан фойдаланиш ҳисобига қуриладиган биноларнинг меъморчилиги бинонинг таркибий элементлари бўйича ечимларига киритилган Қуёш муҳандислик ғояларининг моҳиятини ифодалайди ва шунга мувофиқ бинода амалга ошириладиган функционал жараён асосида турар-жой ва жамоат биноларининг фазовий тузилишини белгилайди. Ўзига хосликлар Қуёш муҳандислик иншоотларининг жойлашуви ва дизайнига кўра белгиланади. Натижада ернинг табиий ресурсларига нисбатан психологик ва ижтимоий муносабат ўзгариши, уларни истеъмол қилиш ва табиий муҳитни муҳофаза қилишнинг оқилона йўли вужудга келади.

Илмий ва амалий ўрганишлар натижасида қуйидаги хулосаларга келинди :

1) Уйғунлашган Қуёш иситиш тизимлари “фаол ва пассив” Қуёш иситиш тизимларининг ютуқларини ўзида жамлаган мужассамлашган иситиш тизимлари бўлиб, ушбу термин ва тизимнинг ишлаш принципини биринчи бўлиб профессор Р.Р.Авезов томонидан таклиф қилинган. Уйғунлашган Қуёш иситиш тизимлари Ўзбекистон Республикаси норматив ҳуқуқий ҳужжатларига мос келиши билан биргаликда, “фаол ва пассив” Қуёш иситиш тизимларининг ютуқларини қўллаган

ҳолда ҳар бир объект учун алоҳида мукамал иситиш тизимларини лойиҳалаш, қуриш ва ишлатиш имкониятларини очиб беради.

1-жадвалда Паст ҳароратли Қуёш иситиш тизимлари классификациялари ва уларнинг муҳим жиҳатларини солиштирилган [7]. 1-жадвал.

Паст ҳароратли Қуёш иссиқлик таъминоти тизимлари таснифлари

Паст ҳароратли Қуёш ИТТ	Тизимларда ёқилғини тежаш коэффи-циенти	Тизимнинг ютуқлари	Тизимнинг камчиликлари	Тизимнинг афзалликлари	Тизимнинг хавфлилик томонлари
<i>Паст ҳароратли <u>пассив Қуёш ИТТ</u></i>	35-45%	1. Таклиф этилаётган тизимдан фойдаланиш бўйича лойиҳавий ечимлар мавжуд. 2. Бино ва иншоот қурилишига катта сарф-харажат сарфланмайди	1. Ортиқча иссиқликни жамлаш ва мақсадли йўналтириш имконияти ҳар доим ҳам мавжуд эмас. 2. Лойиҳалаштириш даврида режалаштирилиши шарт	Тизимнинг ишлаш муддати бино иншоот яроқлилик муддати билан бир хил бўлиб ортиқча сарф-харажатлар сарфланмайди	Тизим қўшимча иссиқлик манбаи (дублёр) сиз булутли совуқ кунларда иссиқликни таъминлаб бериш имконияти паст
<i>Паст ҳароратли <u>Фаол Қуёш ИТТ</u></i>	20-35%	Қуёший-ёқилғили ИТТларини лойиҳалаштириш тизимда ёқилғини тежаш коэффициенти оширишга олиб келади ва у кенг тарқалган тизим бўлиб, лойиҳалаш, қуриш, ишлатиш бўйича қўп йиллик тажриба мавжуд.	1. Қуёш сув иситиш коллекторлари, иссиқликни сақлаш бак аккумулятори ва бошқа асбоб-ускуналар катта маблағ ва майдон талаб қилади. 2. Фақат қуёш энергияси асосидаги ИТТ муҳандислик ечимлари етарли эмас, чунки иситиш мавсумида қуёш инсоляцияси етарли эмас ва ҳар доим ҳам иқтисодий жиҳатдан оқламайди.	Тизимни эксплуатация қилишнинг энгиллик жиҳатлари (ишга тушириш, ўчириш, соzлаш), захира тизимининг мавжудлиги, йилнинг совуқ мавсумида объектлар учун иситиш кўрсаткичлари нурли-панелли иситиш тизимларига (30-35°C) мос	Тизим ишлаш даври мобайнида доимий назоратни талаб қилади ва мақбул ишлаш режимлари иқлим кўрсаткичлари башоратларига боғлиқ.
<i>Паст ҳароратли <u>уйғунлашган Қуёш ИТТ</u></i>	60-80%	Иситиш мавсумида кафолатланган иссиқлик энергияси билан таъминлаб беради шу билан бирга республика иқлим шароитида автоном иситиш тизимини яратиш имконияти мавжуд. Энергия тежамкорлик ва иқтисодий самарадорлиги юқори	Тизимга сарфланадиган бошланғич сарф-харажат юқорилиги	Замонавий техника-технологиялардан фойдаланилган ҳолда уни автоном ҳамда захира тизимига эга ИТТ сифатида лойиҳалаштириш имкони мавжуд, ва тизимни автоматлаштириш ва бошқариш имкониятлари мавжуд	Иқлим кўрсаткичлари башоратлари асосида лойиҳалаштирилади ва малакали мутахассисиз тизимга ўзгартириш киритиш мушқуллиги

2) Уйғунлашган Қуёш иситиш таъминоти тизимлари энг мақбул Қуёш иситиш тизимлари бўлиб, битта объектда ҳам фаол, ҳам пассив тизимларнинг биргаликдаги ва алоҳида-алоҳида ишлаш принципіга асосланади.

3) Таҳлиллар натижаси шуни кўрсатдики, Ўзбекистон иқлими шароитида мақбул кўрсаткичларга эга уйғунлашган Қуёш иситиш тизимларини қўллаш иссиқлик таъминоти тизимларида 60-85% гача ёқилғини тежаш имконини беради [7].

Уйғунлашган Қуёш иссиқлик таъминоти тизимлари термини ва ишлаш принциплари профессор Р.Р. Аvezов томонидан ишлаб чиқилди ва Ўзбекистон Интеллектуал мулк агентлигидан фойдали модел учун патент олинди ҳамда биринчи марта ООО “Ташэлектромаш” заводида амалиётга жорий қилинди[6].

Фойдаланилган адабиётлар

1. М.С. Калашян, О.С. Попель, Э.Э. Шпильрайн. Экспериментальный жилой дом с системой солнечного теплоснабжения в поселке Мерцаван Армянской ССР. // Гелиотехника. 1986. № 3. – с. 66-71.
2. Кенисарин М.М. Солнечная деревня в Кереве (Финляндия). Экспресс информация. – Ташкент: УзНИИНТИ. 1987. – 7с.
3. Кенисарин М.М., Карабаев М.К. Централизованные системы солнечного теплоснабжения с сезонным аккумулярованием тепла (обзор). – Ташкент: УзНИИНТИ. 1987. – 36с.
4. N. R. Avezova, R. R. Avezov, Yu. K. Rashidov, F. Sh. Kasimov. The Fuel Replacement Factor of Insolation Passive Solar Heating Systems with a Three Layer Translucent Shield with a Partially Ray Absorbing Transforming Film on the Inside//Applied Solar Energy 2014. 5. No. 4. pp. 278-281.
5. Аvezов Р.Р., Дусяров А.С. Коэффициент замещения топлива использованных пассивных систем солнечного отопления //Гелиотехника. 2005. №1. – с. 53-55.
6. Патент на полезную модель № FAP 20150160 от 23.12.2015г Н.Р.Аvezова, А.Г.Бугаков, А.У.Абдухамидов А.У.Вохидов. «Система солнечного теплоснабжения с сезонным аккумулярованием тепла».
7. Д.У.Абдухамидов “Паст ҳароратли фаол қуёш иситиш тизимларини танлаш, уларнинг схемаларини асослаш ва иссиқлик параметрларини оптималлаш” техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси Автореферати. Фарғона-2023й.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Э.Т. Жураев

Физико – технический институт Академии наук Республики Узбекистан,
ул. Чингиз Айтматов 2Б, 100084 Ташкент, Узбекистан, *E-mail: ejuraev@gmail.com

Аннотация

Солнечная энергетика является быстро развивающейся отраслью, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с другими источниками энергии. Машинное обучение является перспективной областью, которая может быть использована для повышения эффективности и надежности солнечных систем. В этой статье представлен обзор применения машинного обучения в солнечных тепловых и энергетических системах. Рассматриваются различные области применения машинного обучения, включая прогнозирование выработки электроэнергии, оптимизацию работы систем и диагностику неисправностей. Автор статьи приходит к выводу, что машинное обучение имеет большой потенциал для повышения эффективности и надежности солнечных систем. По мере развития технологий машинного обучения, их роль в солнечной энергетике будет только возрастать. Эта аннотация достаточно краткая, чтобы дать читателю общее представление о статье, но при этом содержит достаточно информации, чтобы заинтересовать читателя и побудить его прочитать полную статью.

Ключевые слова: Солнечная энергетика, машинное обучение, прогнозирование выработки энергии, оптимизация работы систем, диагностика неисправностей, эффективность, надежность.

1. Введение

Обзор солнечной энергетики и ее преимуществ

Солнечная энергетика — это отрасль энергетики, основанная на использовании солнечной энергии. Она является возобновляемым источником энергии, который не производит выбросов парниковых газов. Солнечная энергия может использоваться для выработки электроэнергии, нагрева воды, охлаждения воздуха и других целей [1]. Солнечная энергетика имеет ряд преимуществ по сравнению с другими источниками энергии [2]:

- Возобновляемый источник энергии. Солнечная энергия является возобновляемым источником энергии, что означает, что она не исчерпаема и может использоваться на протяжении тысячелетий.
- Не производит выбросов парниковых газов. Солнечная энергетика не производит выбросов парниковых газов, что способствует снижению загрязнения окружающей среды и борьбе с изменением климата.
- Экологически чистый. Солнечная энергетика не производит отходов или загрязняющих веществ, что делает ее экологически чистым источником энергии.
- Не требует топлива. Солнечная энергия является бесплатным и неисчерпаемым источником энергии, что делает ее экономически эффективным источником энергии.
- Прост в эксплуатации. Солнечные системы относительно просты в эксплуатации и не требуют специального обслуживания.

Развитие солнечной энергетики

В последние годы наблюдается значительный рост использования солнечной энергетики так в мире и в Узбекистане. Wood Mackenzie предоставляет консервативный прогноз развития солнечной энергетики до 2032 года. Компания ожидает, что мировой рынок вырастет на 1% в 2024 году, 5% в 2025 году и снизится на 1% в 2026 году. В целом на период 2022-2032 гг. прогнозируется средний рост в 5%, но это с учетом значительного роста в 2022 году. Другие авторы прогнозируют более высокие темпы роста. Например, SolarPower Europe ожидает ежегодный прирост в 617 ГВт в 2027 году, в то время как Wood Mackenzie прогнозирует около 300 ГВт. InfoLink Consulting прогнозирует, что годовой объем вводов солнечных мощностей может достичь 1000 ГВт в 2030 году, по сравнению с примерно 320 ГВт у Wood Mackenzie. [3]

Этому росту способствовали несколько факторов, включая:

- Снижение стоимости солнечных систем. Стоимость солнечных систем значительно снизилась за последние годы, что сделало их более доступными для широкого круга потребителей.
- Повышение эффективности солнечных систем. Эффективность солнечных систем постоянно растет, что позволяет получать больше электроэнергии из солнечного света.

• Увеличение правительственных субсидий и программ поддержки. Многие правительства вкладывают средства в развитие солнечной энергетики, предоставляя субсидии и другие меры поддержки [4].

Краткое описание машинного обучения

Как работает ML, Машинное обучение — это область искусственного интеллекта, которая позволяет компьютерам обучаться без явного программирования. В машинном обучении используются различные типы моделей, которые различаются по своей структуре и алгоритмам обучения.

Существует четыре основных типа моделей машинного обучения:

- Контролируемое обучение используется для обучения модели на наборе данных, содержащем пары объектов и их меток. Модель обучается предсказывать метку объекта на основе его характеристик.

- Неконтролируемое обучение используется для обучения модели на наборе данных, содержащем только объекты. Модель обучается находить закономерности в данных, такие как кластеры или распределение объектов.

- Полуконтролируемое обучение используется для обучения модели на наборе данных, содержащем некоторые объекты с метками. Модель обучается предсказывать метку объекта на основе его характеристик, используя информацию о метках других объектов.

- Обучение с подкреплением используется для обучения модели на наборе данных, содержащем награды и наказания за различные действия. Модель обучается принимать решения, которые максимизируют ее ожидаемую награду.

Алгоритмы машинного обучения можно использовать для различных целей, включая:

- Классификацию объектов, например, определение того, является ли изображение кошкой или собакой.

- Поиск закономерностей, например, определение того, какие факторы связаны с высоким риском развития заболевания.

- Прогнозирование результатов, например, предсказание вероятности того, что клиент совершит покупку.

- Принятие обоснованных решений, например, выбор оптимальной стратегии инвестирования [5].

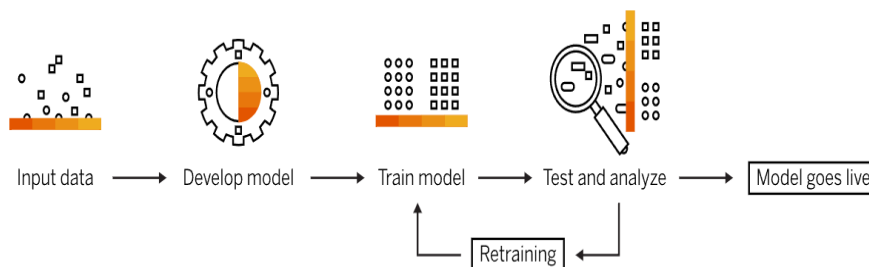


Рис. 1. Схема работы ML [5]

Алгоритмы машинного обучения можно использовать по одному или комбинировать для достижения максимально возможной точности при работе со сложными и более непредсказуемыми данными.

2. Применение ML в спектре солнечных, тепловых и энергетических систем.

Машинное обучение имеет широкий спектр применений в солнечных, тепловых и энергетических системах. Некоторые из наиболее распространенных применений включают:

Прогнозирование выработки электроэнергии: ML можно использовать для прогнозирования выработки электроэнергии солнечными и тепловыми системами на основе данных о погоде, солнечном излучении и других факторах. Это может помочь операторам систем обеспечить надежное и стабильное энергоснабжение.

Оптимизация работы систем: ML можно использовать для оптимизации работы солнечных, тепловых и энергетических систем путем настройки параметров работы систем для достижения максимальной эффективности. Например, ML можно использовать для оптимизации параметров

работы солнечных батарей для достижения максимальной выработки электроэнергии в условиях изменяющихся погодных условий.

Ахатов своих работах [1] с его группой провели исследование различных материалов для использования в качестве добавок к наножидкостям. Целью исследования было разработать добавку, которая повысит вязкость наножидкостей до оптимального уровня. Использование ML здесь сыграл ключевую роль выбора материала для добавок для использования в качестве теплоносителя. Оптимизация управление солнечными тепловыми системами. Эта информация может быть использована для максимизации производительности систем и минимизации их эксплуатационных расходов.

Использование ML и Data Science (DS) в системах солнечной тепловой энергии может повысить эффективность, надежность и устойчивость этих систем. Например, ML и DS можно использоваться для [6] прогнозировать производительность солнечных тепловых систем при различных погодных условиях [7]. DS может быть использована для оптимизации конструкции и работы систем, а также для обеспечения того, чтобы они соответствовали своим целевым показателям производительности. С этим преимущества можно обнаружить неисправностей в солнечных тепловых системах. Такой подход к решению проблем обеспечивает предотвращения сбоев и обеспечения безопасной и эффективной работы систем, Халимов [8] в своих работах использовал библиотеку AixLab.

Ниже приведены несколько конкретных примеров использования ML в солнечных, тепловых и энергетических системах:

Компания Google использует ML для прогнозирования выработки электроэнергии солнечными панелями на своих объектах. Это помогает Google оптимизировать использование собственной солнечной энергии и сокращать затраты на электроэнергию.

По данным CNBC [9]:

Google планирует продавать доступ к новым программным интерфейсам (API), которые предоставляют информацию о солнечной энергии и качестве воздуха. API используются для обмена данными между приложениями.

Одним из API, который Google выведет на рынок, будет Solar API. Этот API будет доступен установщикам солнечных батарей и проектным бюро в области солнечной энергетики. Google также рассматривает возможность сотрудничества с компаниями из других отраслей, такими как недвижимость, гостиничный бизнес и коммунальные услуги.

Solar API будет предоставлять доступ к данным, полученным в рамках пилотного проекта Project Sunroof. Этот проект позволяет рассчитать экономию за счет использования солнечной энергии и мощность солнечных батарей для дома по конкретному адресу.

Литература:

1. Z.S. Akhatov, S.Z. Mirzaev, Z. Wu, E.T. Zhuraev, T.I. Zhuraev. Research on Thermophysical Properties of Nanoliquids Based on SiO₂ Nanoparticles for Use as a Heat-Transfer Medium in Solar-Thermal Converters. *Applied Solar Energy*, 2018, 54(1), pp. 50–60
2. Juraev, E.T., Akhatov, J.S., Juraev, T.D., Khalimov, A.S. Thermal Characteristics of a Solar Greenhouse with Heat Accumulators Based on Phase Change Materials. *Applied Solar Energy*, 2022, 58(1), pp. 95–104
3. <https://renen.ru/v-2023-godu-v-mire-ustanovyat-270-gvt-solnechnyh-elektrostantsij-wood-mackenzie/>
4. https://uza.uz/ru/posts/postanovlenie-prezidenta-respubliki-uzbekistan_455014
5. <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html>
6. Pasion, C.; Wagner, T.; Koschnick, C.; Schuldt, S.; Williams, J. & Hallinan, K. (2020). Machine Learning Modeling of Horizontal Photovoltaics Using Weather and Location Data. *Energies*, 13(10), 2570. doi:10.3390/en13102570
7. Mauricio Soto, Karen Smiley, Xiao Qu, Travis Galoppo, Rohini Kapoor, Alok Kucheria, and Melwin Jose (2019). Applying Data Science to Improve Solar Power Production and Reliability. *IEEE Power and Energy Magazine*, 17(2), 48–55. doi:10.1109/MPE.2018.2876859
8. Halimov, A., Lauster, M., Müller, D. Development and validation of PCM models integrated into the high-order building model of modelica library – AixLib. *Building Simulation Conference Proceedings*, 2019, 7, pp. 4698–4705
9. <https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/792025-google-nameren-prodavat-dostup-k-novym-dannym-servisa-kart-kompaniyam-iz-sfery-vie/>

МЕВА–САБЗАВОТЛАР УЧУН ҚУЁШ ҚУРИТГИЧИДА ҲАВО КОНВЕКЦИЯСИНИ ҲИСОБЛАШ

Д.У.*Турапова¹, К.Ю. Рашидов, А.У. Турапова^{1 2}

¹Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Физика-техника институти.

Ч. Айтматов 2Б, 100084-Тошкент, Ўзбекистон. *E-mail: turoпова.dilobar@gmail.com

²Тошкент молия институти,

Амир Темура хийбони, 60 А, 100000-Тошкент, Ўзбекистон.

Аннотация

Ушбу ишда Ўзбекистон иқлим шароитида қуёш мева-сабзавот қуритгичининг термал параметрларини CFD таҳлили баҳоланади. Comsol Multiphysics дастурида 3D модели ишлаб чиқилган. Ҳаво оқимининг чегаравий шартлари қирувчи ҳаво ҳаррати ва қуёш радиацияси ҳисобга олинган.

Калит сўзлар: қуёш энергияси, конвекцияси, иссиқлик оқим, қуёш қуритгичи, CFD таҳлили.

Кириш

Қуёш энергияси бутун дунёнинг энергия эҳтиёжларини қондира олади [1]. Ўзбекистон қуёшли мамлакат бўлиб, ҳар куни ўртача 8 соат қуёшли осмон мавжуд. Қишлоқ хўжалик мева-сабзавотларини экспорт қилишда ёки уларни сақлаб туриш учун бир неча технологиялар мавжуд [1]. Меваларни кимёвий таркиби, яъни таркибидаги шакар миқдори ҳамда витаминга бойлиги билан шимолӣ регионлардаги мевалардан анча юқори туради [2]. Хўл меваларни узоқ вақт сақлашга ва бошқа узоқ жойларга жунатишга ҳам имкон бўлавермайди. Имкон бўлган тақдирда ҳам махсус омборларда мевалар кўпи билан 5 ёки 6 ой сақлаш мумкин [2]. Кўпгина кичик фермер хўжаликлар мева-сабзавотларни ёки бошқа экинларни сақлашнинг анъанавий усулларига таянадилар.

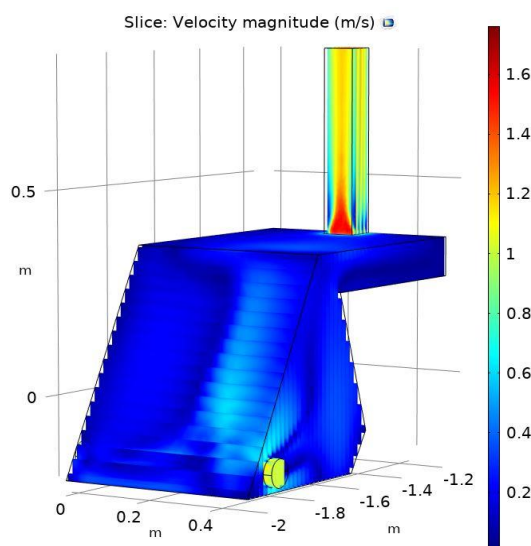
Маҳаллий фермерлар одатда юқори технологияли сақлаш усуллари сотиб ололмайдилар, шунинг учун улар ҳали ҳам тўғридан-тўғри очик ҳавода қуёш нурига таянадилар. Қуёшда қуритиш фермерлар учун энг арзон сақлаш усули бўлсада, улар микроблар, ҳашоратлар ва қушлар каби жиддий муаммоларга дуч келишади. Бу муаммолар ҳатто бутун дунёда мавжуд [3-5]. Шунинг учун CFD таҳлилини ўтказишга қарор қилинди мева-сабзавотлар учун қуёш қуритгичда таҳлил қилинган ва уни эмперик тарзда ўрганган adabiyotlar ham mavjud [3].

2. CFD-моделлаштириш

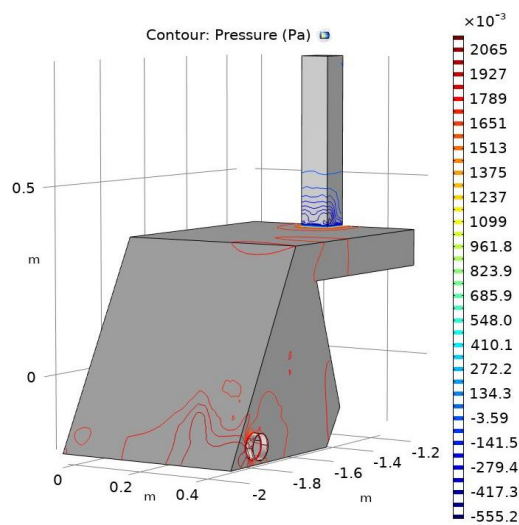
3D моделлаштириш COMSOL Multiphysics 5.6 дастурида амалга оширилди. Мева ва сабзавотлар учун қуёш қуритгичининг 3D модели ишлаб чиқилган бўлиб, унинг ўлчамлари $h=1$ м, $l_1=0,8$ м, $l_2=0,4$ м бўлган кичик ҳажмли мева-сабзавот қуритгичи. Ҳаво оқимини моделлаштириш учун турбулент оқим интерфейси ($k-\epsilon$) ишлатилган. Турбулент оқим ($k-\epsilon$) интерфейси Рейнолдснинг юқори рақамларида бир фазали оқимларни моделлаштириш учун ишлатилади.

ишлатилиши мумкин. Ушбу модел стационар ҳолатни кўриб чиқади ва шу билан бирга, “Суюқликларда иссиқлик узатиш” интерфейси ҳам ишлатилган. Суюқликларда иссиқлик узатиш интерфейси ўтказувчанлик, конвекция ва нурланиш орқали иссиқлик узатишни моделлаштириш учун ишлатилади. Суюқ муҳитларда аниқланган ҳарорат тенгламаси иссиқлик манбалари каби қўшимча ҳиссаларни ўз ичига олиши мумкин бўлган конвекция-диффузия тенгламасига мос келади.

Бу ерда биз кириш жойидаги ҳаво тезлиги $u=1\text{ м/с}$ ва қуёш нурланиши $I=700\text{ Вт/м}^2$ бўлган ҳолатни кўриб чиқамиз. Кириш ҳавосининг ҳарорати атроф-муҳит ҳарорати билан бир хил деб

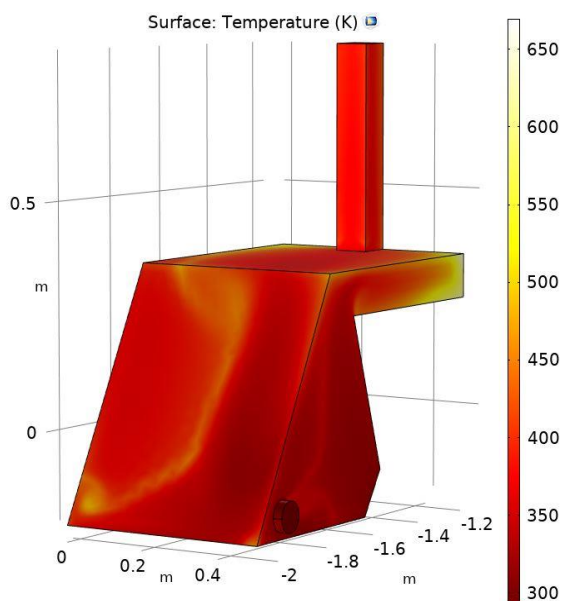


1-расм. Мева-сабзавот қўритгич ичида ҳаво оқим тезлиги

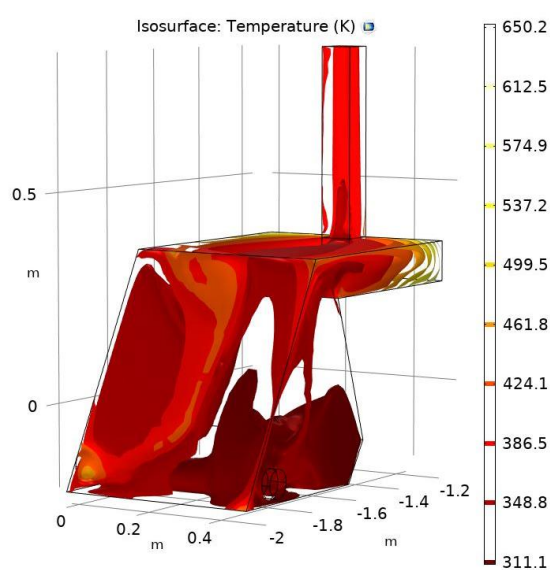


2-расм. Мева-сабзавот қўритгич ичидаги ҳаво оқими босими кўрсатилган

ҳисобланади, яъни $T_0=298\text{ K}$. 1-расмда ҳаво оқими тезлигининг $0,2\text{ м/с}$ дан $1,6\text{ м/с}$ гача ўзгариши кўрсатилган. Ҳаво оқими босими 2-расмда келтирилган ҳисоб-китоблар билан кўрсатилган. Бу ерда босим $0,134\text{ Па}$ дан $2,065\text{ Па}$ ўзгариб туради.

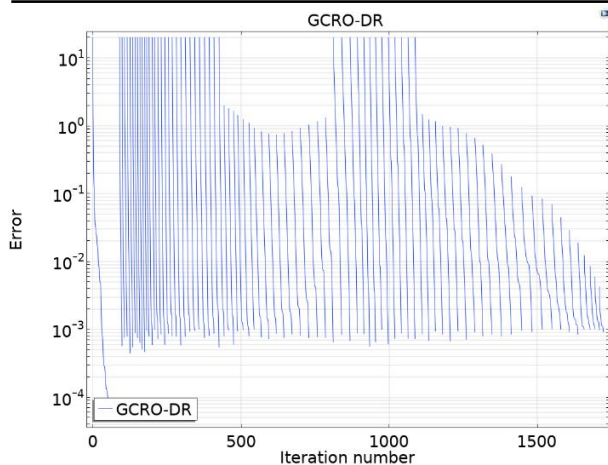


3-расм. Мева-сабзавотлар учун қўритгич ичидаги ҳаво ҳароратининг ўзгариши.

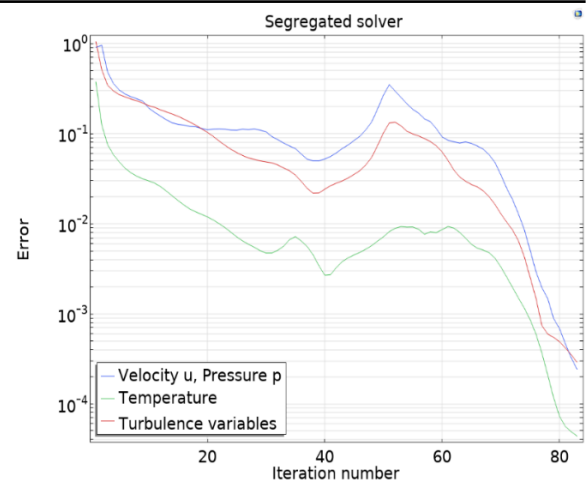


4-расм. Мева-сабзавотлар қўритгичининг ичидаги ҳаво ҳарорати ўзгаришининг изотермалари.

3-4 расмларда ҳароратнинг ўзгариши кўрсатилган. Бу натижа юқоридаги чегара шартлари учун амал қилади. 5-6-расмларда ҳисоблаш хатолар кўрсатилган.



5-расм. Ҳисоблаш хатоликлар



6-расм. Ҳисоблаш хатоликлар

Хулоса

Олинган натижаларга асосланиб кичик ҳажмли мева-сабзавот қуритгич стационар ҳолатла қуёш нурланиш радиацияси $I=700\text{Вт/м}^2$ бўлганда қуритгичнинг бутун ҳажми бўйлаб ҳаво тезлигининг ўзгариши 0,2 м/с дан 1,6 м/с тезликгача ўзгаради. Бу жараёни 1-расмда кўришимиз мумкин. Ичида ҳаво ҳарорати ўртача 400 К атрофида бўлади. Ҳароратнинг юқорилиги қуритилаётган мева-сабзавот таркибидаги сув буғини тезроқ ажралишига олиб келади. Мева-сабзавот қуритиш жараёнида ҳарорат яна пасайиш эҳтимоли юқори.

Адабиётлар рўйхати

1. Д.У. Турапова. Қуёш энергияси ёрдамида мева-сабзавотларни қуритиш усуллари ва технологиялари. XXI век интеллектуальной молодёжи Труды республиканской научной и научно-теоретической конференции. 24-апрель 2021 й.
2. Д.У.Турапова. Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуритиш методикаси ва алгоритми. Халқаро илмий-техник анжуман: “Муқобил ва қайта тикланувчи энергетиканинг ривожланиш тенденциялари: муаммолар ва ечимлар” 17-18 Май 2021 й.
3. Akinola A. Adeniyi, Abubakar Mohammed, Kehinde Aladeniyi, Analysis of a Solar Dryer Box with Ray Tracing CFD Technique, International Journal of Scientific And Engineering Research Volume 3, Issue 10, October-2012.
4. Afdhal Kurniawan Mainil, Azridjal Aziz, Joko Harianto, Rahmat Iman Mainil, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, Volume 66, Issue 2 (2020) 136-144.
5. Akwasi Ayensu., Dehydration OF Food Crops Using A Solar Dryer With Convective Heat Flow., Solar Energy Allrights Vol. reserved. 59, Nos. 4-6, pp. in 121-126, 1997.

HYDROGEN STORAGE

B. Omonov*, Sh. Nurmatov, F. Abdurahimov, S. Baxronova

*Institute of Materials Science, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, 100095 Uzbekistan, *E-mail: bakhtiyor.omonov@gmail.com*

Abstract

The major demand of energy in today's world is fulfilled by the fossil fuels which are not renewable in nature and can no longer be used once exhausted. In the beginning of the 21st century, the limitation of the fossil fuels, continually growing energy demand, and growing impact of greenhouse gas emissions on the environment were identified as the major challenges with current energy infrastructure all over the world. The energy obtained from fossil fuel is cheap due to its established infrastructure; however, these possess serious issues, as mentioned above, and cause bad environmental impact. Therefore, renewable energy resources are looked to as contenders, which may fulfil most energy requirements. Among them, hydrogen is considered as the most environmentally friendly fuel.

Key words: Types of hydrogen storage

Hydrogen is clean, sustainable fuel and it has promise as a future energy carrier. It also has the ability to substitute the present energy infrastructure, which is based on fossil fuel. This is seen and projected as a solution for the above-mentioned problems including rise in global temperature and environmental degradation. Environmental and economic aspects are the important factors to be considered to establish hydrogen infrastructure. [1]

Hydrogen is abundant, being the most common element in the universe. The sun consumes 600 million tons of it each second. Nevertheless, unlike oil, large reservoirs of hydrogen are not to be found on earth. The hydrogen atoms are bound together in molecules with other elements, and it takes energy to extract the hydrogen so it can be used for combustion or fuel cells. Hydrogen is not a primary energy source, but it can be viewed as a means of exchange for getting energy to where it is needed, much like electricity. Hydrogen is a sustainable, non-polluting source of power that could be used in mobile and stationary applications. As an energy carrier, it could increase our energy diversity and security by reducing our dependence on hydrocarbon-based fuels. Although hydrogen is the simplest element and most plentiful gas in the universe, it never occurs by itself but is always combined with other elements such as oxygen and carbon. However, once it has been separated, hydrogen is an extremely clean energy carrier. Hydrogen can be extracted from fossil fuels and biomass, from water, or from a mix of both. [Error! Reference source not found.].

Key Benefits of Hydrogen:

- Hydrogen can be produced from diverse domestic resources for use in multiple sectors, or for export.
- Hydrogen has the highest energy content by weight of all known fuels—3X higher than gasoline—and is a critical feedstock for the entire chemicals industry, including for liquid fuels.
- Hydrogen, along with fuel cells or combustion-based technologies, can enable zero or near-zero emissions in transportation, stationary or remote power, and portable power applications.
- Hydrogen can be used for gigawatt-hours of energy storage and as a “responsive load” on the grid to enable grid stability, increasing the utilization of power generators, including nuclear, coal, natural gas, and renewables.
- Hydrogen can be used in a variety of domestic industries, such as

Hydrogen Storage

Hydrogen has the potential to play a significant role in the future of energy storage. While comprehensive statistical data specific to the future is limited, there are some current trends and scenarios that support the potential of hydrogen as an energy storage solution. Here are some examples:

Compressed hydrogen gas storage: Compressed hydrogen gas storage is one of the most common hydrogen storage methods, where hydrogen is stored in high-pressure tanks. The key advantage of this method is its simplicity and reliability, as it does not require any complex or specialized equipment.

However, compressed hydrogen gas storage has a low energy density, which makes it unsuitable for long-range transportation or large-scale energy storage applications. Additionally, the high-pressure tanks required for this method can be heavy and expensive, making it less practical for some applications.



Liquid hydrogen storage: Liquid hydrogen storage involves cooling hydrogen to extremely low temperatures (-253°C) to liquefy it and store it in insulated tanks. This method has a higher energy density than compressed gas storage, making it more suitable for long-range transportation and space applications. However, the low boiling point of liquid hydrogen makes it difficult to store and handle, and it requires specialized and expensive equipment.

Metal hydride storage: Metal hydrides are solid materials that can absorb and release hydrogen gas through chemical reactions. This method has a high energy density and can store hydrogen at lower pressures, making it a promising alternative to compressed gas storage. However, metal hydrides have limited hydrogen storage capacity and can be expensive to produce.

Carbon nanotube storage: Carbon nanotubes are tiny, hollow carbon fibers that can store hydrogen through physisorption. This method has the potential to achieve high hydrogen storage capacity and can store hydrogen at lower pressures than compressed gas storage. However, the cost of producing carbon nanotubes is currently high, and there are challenges associated with controlling the adsorption and desorption of hydrogen in carbon nanotubes.

Chemical hydrogen storage: Chemical hydrogen storage involves the use of chemical reactions to store hydrogen in a stable form and release it when needed. This method has the potential to achieve high hydrogen storage capacity and can store hydrogen at ambient conditions. However, chemical hydrogen storage requires complex chemical reactions and specialized equipment, which can be expensive and challenging to scale up. [3].

According to a report by the Hydrogen Council and McKinsey & Company, the global market for hydrogen energy storage could reach a cumulative capacity of 3,000 gigawatt-hours (GWh) by 2050, representing a \$2.5 trillion market opportunity. The International Renewable Energy Agency (IRENA) estimates that hydrogen-based long-duration energy storage could reach a capacity of 1,000 GWh by 2050, helping to meet the increasing demand for grid flexibility and renewable energy integration. [4].

Advantages and disadvantages of different hydrogen storage approaches:[5].

H ₂ storage system	Advantages	Disadvantages
Compressed H ₂	Commercially available.	- Low volumetric capacity. - High compression energy. - Heat management during charging required.
Liquid H ₂	Commercially available.	- H₂ loss. - Safety issue. - High liquefaction energy. - Heat management to reduce boil-off.
Cryo-compressed	High volumetric capacity.	High compression/liquefaction energy.
Metal hydride	Reversible on-board.	- Low gravimetric/volumetric capacity. - Heat management during charging required. - High operating temperature for H₂ release.
Sorbent and carbon-based materials	Reversible on-board.	- Low volumetric density. - Loss of useable H₂. - Low operating temperature for H₂ uptake.
Chemical hydride	- Good volumetric capacity. - Proper operating temperatures.	- Thermal management required. - Off-board regeneration.

Each of these hydrogen storage technologies has its own merits and limitations, and their suitability depends on specific application requirements such as energy density, safety, scalability, and practicality. Ongoing research and development efforts focus on improving storage capacities, enhancing kinetics, reducing costs, and addressing safety concerns to enable the widespread adoption of hydrogen as a clean energy solution.

Collaboration between countries, research institutions, and industry stakeholders is key to accelerating the development and deployment of hydrogen storage technologies. Sharing knowledge, resources, and best practices can drive innovation, standardization, and the establishment of a global hydrogen economy.

By considering these future perspectives and recommendations, the field of hydrogen storage can make significant strides towards efficient, safe, and commercially viable storage solutions. Continued research, technological advancements, and collaboration will play a crucial role in realizing the full potential of hydrogen as a clean and sustainable energy carrier.

Reference:

1. Al-Baghdadi, M. (2020). Hydrogen as an Alternative Fuel. encyclopedia, 1-10. Retrieved from <https://encyclopedia.pub/entry/history/show/7382>
2. Shashi Sharma 1, 2. S. (2021). Significance of Hydrogen as Economic and Environmentally. MDPI, 2-12.
3. <https://www.hydrogennewsletter.com/a-review-about-progress-and-problems-in-hydrogen-storage-methods/>
4. <https://www.marketsandmarkets.com/industry-practice/hydrogen/hydrogen-energy-storage>
5. Hydrogen Program Plan. (2020). The U.S Department of Energy Hydrogen Program Plan, 4-23. DOE/EE-2128

TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF DIRECT ABSORPTION SOLAR COLLECTOR USING NANOFLUIDS FOR CLIMATE CONDITION OF TASHKENT REGION

T. Juraev*, D. Jalilov, A. Halimov, J. Akhatov

Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2^b, 100084 Tashkent, Uzbekistan, *E-mail: jtukhtamurod94@gmail.com

Abstract

In this work have been analysis the techno-economic indexes of direct absorption solar collector using nanofluids and evaluated the cost of obtained energy. According to the results of numerical analysis the difference between the specific heat gains was 126.5 W/m^2 , where difference for annual energy saving or enhancement for solar energy converting to useful was $224 \text{ kW/m}^2\text{a}$. When nanofluids are used as a heat carrier in a solar collector, the cost of 1 kWh of thermal energy is 0.029 \$/kWh, and when water is used, it is 0.034 \$/kWh. The payback period of the initial investment amount of the nanofluid solar collector is 3.96 years, where the interest rate of the bank is calculated at 23%, and the payback period of the initial investment amount of the water solar collector is 3.99 years

Key words: Direct absorption solar collector, nanofluid, MWCNT, tecno-economic analysis, cost of energy.

1. Introduction

Since the technological evolution, the demand for energy utilization has been increasing dramatically, namely in the industrial sectors. According to the (IEA) - International Energy Agency report fossil fuels still dominate the global energy supply, accounting for about 82% of the total. Renewable energy sources accounted for about 18% of the total, with solar and wind being the two largest sources [1]. Application of solar thermal collectors, namely DASCs (Direct absorption solar collector) support to get a primary enviro-economic energy in domestic and industrial sectors. Furthermore, enhancement of thermal efficiency of solar thermal systems also remaining actual and provide to get more thermal energy. As solutions of improving the thermal performance of DASCs are replace the materials of collector parts to enviroeconomic one or place of water using heat transfer fluids with the high thermal conductivity. Using enviroeconomic materials means to use of eco-friendly and economical profitable materials such as polymeric, polyvinylchloride, polyamide for manufacturing the solar thermal collectors. In works [2], [3] provided the preference of using polymeric materials to make a direct irradiate solar collectors. Accordingly, polymeric solar collectors showed the same thermal performance with metal based solar collectors, which working temperature reaches up to 95°C , where thermal efficiency appointed 84-92%. Due to advances in nanotechnology, nanofluids are now used preferable in various thermal systems, such as heat exchanger, fuel cells, solar collectors [4]. Before using nanofluids as a heat transfer fluid in solar thermal collectors, thermophysical properties should be studied, clearly. As given in [5], [6] works thermal conductivity and viscosity of nanofluids, accordingly enhancement of thermal conductivity and viscosity of nanofluids with the comparison of water leads to increasing of thermal efficiency of solar collector by 14 %. Moreover, thermal analysis of solar thermal systems when using nanofluids as a heat transfer is also important and by this can be evaluated the heat transfer ability of nanofluids. Find out the In works [7]–[9] carried out investigations, devoted to modelling and 4E (Energy, Exergy, Economical, Environmental) analysis. Respectively, using of hybrid and mono types of nanofluids could save 40.44 GJ, 39.01 GJ, 30.8 GJ embodied energy as well as 59.03 KL, 56.95 KL, and 44.96 KL embodied water. In addition, in [8] established exergoenvironmental (EXEN), exergoenvironoeconomic (EXENEC) analyses are performed to a solar collector. Regarding of results, the EXEN result ($0.0727 \text{ kg CO}_2/\text{day}$) is lower than the corresponding environmental one ($0.0777 \text{ kg CO}_2/\text{day}$). The enviroeconomic result ($0.00112 \text{ \$/day}$) is higher than the EXENEC result ($0.00105 \text{ \$/day}$). Based on the literature review, the main idea is to conduct the tecno-economic analysis of DASC based on polymer materials by using nanofluid based on MWCNT nanoparticles(vol,0.05%) as a heat carrier. To establish proposed idea, set tasks such as preparation nanofluids based on MWCNT (vol, 0.05%), to investigate the thermophysical properties, modelling the proposed DASC, analysing the thermal performance and carrying the tecno-economic analysis.

2. Methodology

2.1. Modelling: In order to evaluate the thermal performance of DASC have been created mathematical model of the solar collectors given in [10], which expressed the results of numerical and experimental investigation. Accordingly, we have created mathematical model for the same PTC and validated with the results of experiment, given in [10]. In the control volume, the heat balance can be written as given in eq (1).

$$\dot{Q}_{f.in} + \dot{Q}_{solar} = \dot{Q}_{f.out} + \dot{Q}_{loss} \quad (1)$$

where $\dot{Q}_{f.in}$ is the energy of the inlet liquid, $\dot{Q}_{solar}$ is the solar energy reaching the surface of the collector, $\dot{Q}_{f.out}$ is the energy of the output liquid, $\dot{Q}_{loss}$ is the energy loss from the collector.

The proposed mathematical model is solved by numerical methods, which takes into account the boundary conditions and the initial values of the parameter under study. To solve the created mathematical model, an implicit difference scheme was used. As a boundary conditions taken the annual weather data of Tashkent such as solar radiation, ambient temperature and wind velocity. Boundary condition for fluid temperature and temperature of collector parts given by eq (2).

$$T_f = 293K, \begin{cases} x = 0 \\ t = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Validation and results of proposed model are given in [11], which is base for thermal analyzing the DASC based on polymer materials using nanofluids. In fig.1. illustrated the thermal efficiency comparison by using water and nanofluid as heat carrier with the respect of T_m value eq (3).

$$T_m = \frac{T_{in} - T_{amb}}{G_{direct}} \quad (3)$$

where, T_{in} -inner temperature of heat transfer fluid, T_{amb} -ambient temperature, G_{direct} -direct solar radiation. From the results of the numerical analysis it can be seen that the difference between the output temperatures, the experiment and the model does not differ significantly, where the root-mean-square error was $RMSE = 0.61 K$, and the coefficient of determination was $R^2 = 0,99995$.

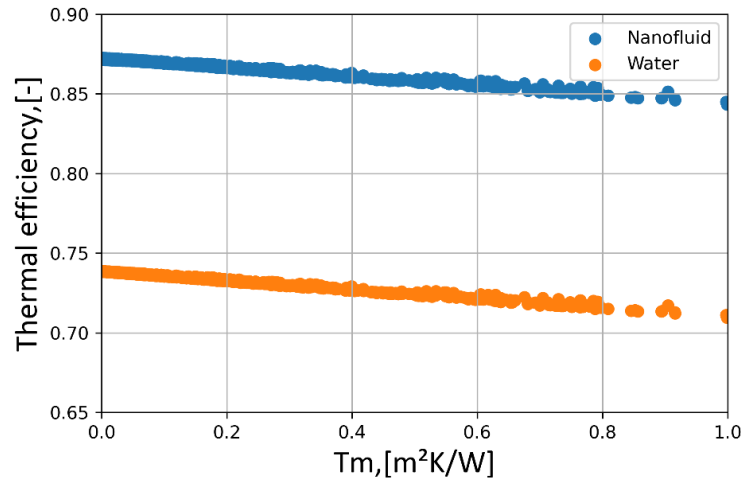


Fig.1. Comparison of the annual thermal efficiency of PTC by using MWCNTs based nanofluids and water, with the respect of T_m value

As shown in fig.1. the thermal efficiency of DASC by using nanofluids changed from about 84.5% to nearly 88.5 %, where this value for water-based DASC fluctuated between approximately 70% and nearly 75%. Furthermore, it is clear from the difference that the using of MWCNT (0.05%) based nanofluids as a heat transfer fluid supports about 13.5% enhancement of thermal efficiency. In terms of annual specific heat gains nanofluid used in DASC as heat carrier fluid owned 1469.9 kW/m²a, where water supplied the 1244 kW/m²a. From point of view the energy saving using nanofluids in DASC showed 224 kW/m²a useful heat gain more than water.

2.2. *Economic analysis:* The cost of energy produced is obtained by using LCOE relation, which more clear given in [7]. The relation for LCOE expressed by eq(4).

$$LCOE = \frac{crf \cdot Z_{investment} + Z_{O\&M}}{Q_{u,annual} \cdot t_{annual}}, \quad (4)$$

where, crf is the capital recovery factor eq(5), $Z_{investment}$ - is the investment cost, $Z_{O\&M}$ is the cost of operation and maintenance, usually 2.5% of the initial investment for solar installations, $Q_{u,annual}$ is the collector annual useful energy received, t_{annual} - the total annual operating time of the collector. An i is the percentage of the bank rate, n is the service life of the collector, in which the service life of the heating device is considered to be 20 years or more.

$$crf = \frac{i \times (i+1)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

The useful heat energy received from the collector is calculated using the eq (6).

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \cdot c_p (T_{fout} - T_{fin}) \quad (6)$$

where, $\dot{m}$ is the flow rate of the heat carrier, c_p is the relative heat capacity, T_{fout} and T_{fin} are the inlet and outlet temperatures of the heat carrier.

Annual useful energy is calculated using eq (7).

$$Q_{u,annual} = \frac{\int_0^t \dot{Q}_u dt}{A} \quad (7)$$

The collector total surface is A , $\dot{Q}_u$ -useful heat gain, t -time.

In table 1 illustrated the techno-economic indexes, which are boundary conditions for economical analysis

Table 1. Technical and economic indicators

Parametres	Units	Amount
i -interes rate	%	14,19,23
Amount of initial investment	USD/m ²	169-Nanofluid based collector
		165-Water based collector
n- collector lifetime	year	20
μ_{CO_2} - is the specific CO ₂ emission	kg/kWh	0.369-fuel is gas
		0.489- fuel is electricity
c_{CO_2} - is the specific cost of CO ₂ released when fuel is burned	USD/tCO ₂	14.5
C_{fuel} - is the specific price of fuel	USD/kWh	0.004- fuel is gas
		0.029- fuel is electricity

2.3. *Ecological analysis:* When using nanofluids based on MWCNTs as a heat carrier in the proposed collector, to obtain useful heat energy the annual amount of CO₂ released is calculated eq (8)

$$M_{CO_2} = \mu_{CO_2} \cdot Q_{u,annual} \quad (8)$$

where μ_{CO_2} - is the specific CO₂ emission when fuel is used, in this case gas and electricity are used as fuel.

The price saved from annual CO₂ emissions is calculated as eq(9).

$$C_{CO_2} = c_{CO_2} \cdot M_{CO_2} \quad (9)$$

where c_{CO_2} - is the specific cost of CO_2 released when fuel is burned.

The payback period is calculated using the simple payback period method (SPP), based on the cost of useful thermal energy obtained from the initial investment amount for the proposed solar collector eq(10).

$$SPP = \frac{Z_{investment}}{Q_{u.annual} \cdot C_{fuel}} \quad (10)$$

where C_{fuel} is the specific price of fuel.

3. Results and discussion.

In order to carry out techno-economic analysis of DASC by using nanofluids based on MWCNT (MKN-MWCNT-RG1020) (0.05%), we have to evaluate thermal performance of the collector. For the boundary conditions for calculation we have used one-year weather data of Tashkent region.

The results from economical analysis given in table.2.

Table 2. Technical and economic effects

Solar collector type	Annual useful heat gain $\left[\frac{kWh}{m^2 \cdot a}\right]$	Cost of energy $\left[\frac{USD}{kWh}\right]$	Annual amount of CO_2 $\left[\frac{kg}{m^2 \cdot a}\right]$	Amount of saved money from released CO_2 $\left[\frac{USD}{m^2 \cdot a}\right]$	Payback period [year]
Nanofluid based solar collector	1469	0.029	542 -gas	10.411	3.96
			718 - electricity		
Water based solar collector	1244	0.034	459 -gas	8.818	3.99
			608 - electricity		

As given on table.2 the difference between the specific heat gains was 126.5 W/m^2 , where difference for annual energy saving or enhancement for solar energy converting to useful was $224 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. When nanofluids are used as a heat carrier in a solar collector, the cost of 1 kWh of thermal energy is 0.029 \$/kWh, and when water is used, it is 0.034 \$/kWh. The payback period of the initial investment amount of the nanofluid solar collector is 3.96 years, where the interest rate of the bank is calculated at 23%, and the payback period of the initial investment amount of the water solar collector is 3.99 years

4. Conclusion

The use of MWCNT-based nanofluids from the proposed solar collector leads to a 14% increase in the thermal efficiency of the device. The annual amount of useful energy obtained from 1 m^2 surface of the collector is $1469 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot a}\right]$, and when water is used as a heat carrier, the annual amount of useful energy obtained from 1 m^2 surface is $1244 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot a}\right]$, which leads to an increase in useful heat energy obtained by $225 \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot a}\right]$. When nanofluids are used as a heat carrier in a solar collector, the cost of 1 kWh of thermal energy is $0.029 \left[\frac{USD}{kWh}\right]$, and when water is used, it is $0.034 \left[\frac{USD}{kWh}\right]$. The payback period of the initial investment amount of the nanofluid solar collector is 3.96 years, where the interest rate of the bank is calculated at 23%, and the payback period of the initial investment amount of the water solar collector is 3.99 years.

To sum up the use of nanofluids in solar thermal systems, namely DASC provide high thermal performance compare water based ones.

References

1. International Energy Agency, "International Energy Agency (IEA) World Energy Outlook 2022," <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/executive-summary>, p. 524, 2022, [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
2. J. L. De La Peña and R. Aguilar, "Polymer solar collectors. A better alternative to heat water in Mexican homes," 2014. doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.187.
3. J. Rodriguez and C. Suarez, "Numerical and experimental performance evaluation of a polymer direct solar irradiation collector," 2014. doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.186.
4. Y. Menni, A. J. Chamkha, G. Lorenzini, N. Kaid, H. Ameer, and M. Bensafi, "Advances of nanofluids in solar collectors - a review of numerical studies," *Math. Model. Eng. Probl.*, 2019, doi: 10.18280/mmep.060313.
5. J. S. Akhatov, T. I. Juraev, and T. D. Juraev, "Comparison of Different Empirical Models for Analysing the Thermal Conductivities of Various Materials for Use in Nanofluid Preparation," *Appl. Sol. Energy*, vol. 58, no. 1, pp. 76–85, 2022, doi: 10.3103/S0003701X22010030.
6. J. S. Akhatov, T. I. Juraev, A. S. Halimov, and T. K. Karimov, "A Novel Correlation for Predicting the Dynamic Viscosity of Nanofluids based on MWCNTs," *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 59, no. 2, pp. 111–117, 2023, doi: 10.3103/S0003701X23600741.
7. J. Ahbabi Saray and M. M. Heyhat, "Modeling of a direct absorption parabolic trough collector based on using nanofluid: 4E assessment and water-energy nexus analysis," *Energy*, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.123170.
8. H. Caliskan, "Energy, exergy, environmental, enviroeconomic, exergoenvironmental (EXEN) and exergoenvironmental (EXENEC) analyses of solar collectors," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. doi: 10.1016/j.rser.2016.11.203.
9. T. Yousefi, F. Veysi, E. Shojaeizadeh, and S. Zinadini, "An experimental investigation on the effect of Al₂O₃-H₂O nanofluid on the efficiency of flat-plate solar collectors," *Renew. Energy*, 2012, doi: 10.1016/j.renene.2011.08.056.
10. V. E. Dudley, "Segs_Ls2_Solar_Collector.Pdf." pp. 1–140, 1994.
11. T. I. Juraev, J. S. Akhatov, A. G. Komilov, and U. Gapparov, "Investigation of the Effect of Particle Concentration and Layer Thickness on the Optical Characteristics of MWCNT-Based Nanofluid Heat Carriers," vol. 59, no. 1, pp. 8–13, 2023, doi: 10.3103/S0003701X23600182.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ НА ВЫХОДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Р. Р. Кабулов^{1*}, С. Кудратов², Ж. Ахатов¹, Н. Хомидова¹

¹Физико-технический институт Академии Наук Республики Узбекистан,
ул. Чингиза Айтматова 2Б, 100084, Ташкент, Узбекистан, *E-mail: krr1982@bk.ru

²ООО «SOG'LOM AVLOD PLUS»,
ул. Катта Каъни 3А, Ташкент, Узбекистан

Abstract

В настоящей статье приведены результаты исследования влияния дефектов, которые образовались в процессе транспортировки фотоэлектрических модулей от завода изготовителя до точки назначения на параметры нагрузочной вольтамперной характеристики фотоэлектрического модуля. Исследования были проведены в нормальных условиях освещенности на полубрезных фотоэлектрических модулях мощностью 560 Ватт. Модули с явными трещинами на поверхности фронтального защитного стекла, показали ухудшение параметров световых нагрузочных вольтамперных характеристик, таких как, ток короткого замыкания, напряжения холостого хода, максимального значения фототока, фотонапряжения и мощности, так же, ухудшаются коэффициент заполнения вольтамперной характеристики и коэффициент полезного действия фотоэлектрического модуля. Наблюдаемые изменения связаны с уменьшением мощности солнечного излучения, проникающего с фотоактивные слои фотоэлектрического модуля за счет увеличения отражения от поверхностей образованных трещин и увеличения последовательного сопротивления модуля, за счет деформации задней стенки, на котором были размещены фотоэлектрические элементы.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, трещины на поверхности защитного стекла, полубрезной солнечный элемент, напряжения холостого хода, ток короткого замыкания

1. Введение

В последние десятилетия из-за ухудшения экологической обстановки в нашей планете под названием Земля потребность в чистых и возобновляемых источниках энергии, резко возросло и возрастает день ото дня. Одним из таких видов энергетики, с помощью которого производимая энергия не способствует выбросу газов, которые приводят к «парниковому эффекту», и не загрязняют окружающую среду является «солнечная энергетика» [1]. Она также является относительно надежным источником энергии, так как, солнце является доступным во всей части планеты Земля. Прямым методом электрическая энергия из солнечной энергии получается с помощью фотоэлектрических модулей (ФЭМ). ФЭМ улавливают световую энергию солнечного электромагнитного излучения, и преобразует ее в электрическую и тепловую энергию [2]. В последние десятилетия благодаря усилиям ученых физиков, технологов и техников стоимость электрической энергии, вырабатываемая фотоэлектрическими модулями, стала одинаковой, и в некоторых случаях даже дешевле по отношению к электрической энергии, вырабатываемой традиционными методами. Все это привело, к тому, что солнечная фотоэнергетика стала более популярной и концу 2023 года планируется достичь величины 1 ТВт установленной мощности солнечных фотовольтаических систем [3]. Фотоэлектрические системы благодаря своим многочисленным преимуществам, включающую низкую стоимость, простоту и быстроту установки и последующего технического обслуживания является хорошим источником электрической энергии для отдаленных горных, пустынных и таёжных местностей, где другие источники энергии труднодоступны [4,5].

Настоящее время более 95% ФЭМ изготавливаются из кристаллического кремния [8]. Модули из кристаллического кремния являются многослойным «пирогом», состоящих из нескольких слоев, показанных на рисунке 1. ФЭМ для предотвращения попадания влаги солнечные элементы заключаются в каркас из алюминия, сверху которого герметично крепится гофрированное стекло, а

снизу стеклянная или полимерная подложка, на которой размещаются солнечные элементы, электрически соединенные между собой металлическими шинами.

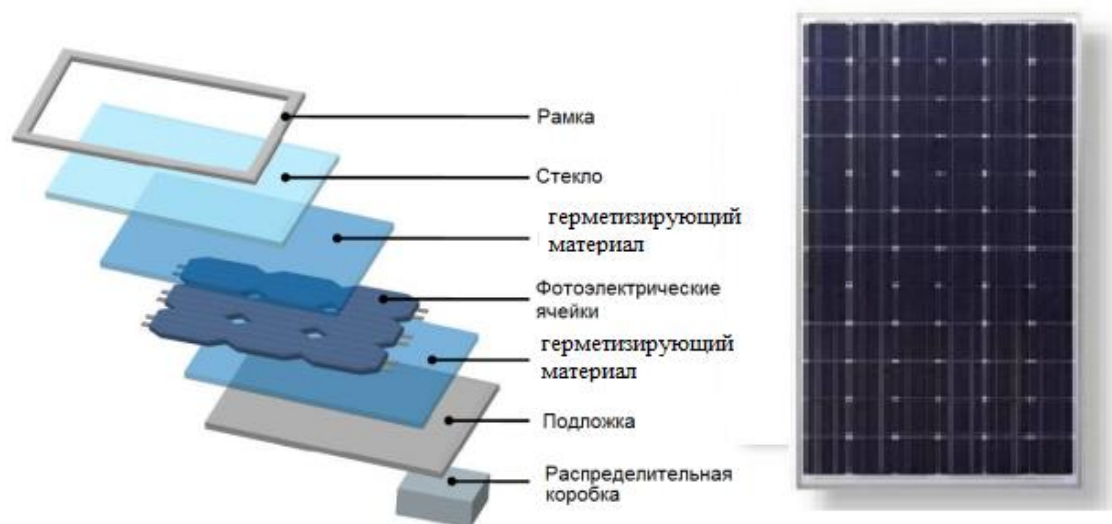


Рис. 1. Структура фотоэлектрического модуля

Герметизирующий материал, в ФЭМ, необходим в случае проникновения влаги во внутрь ФЭМ обеспечить полную герметичность солнечных элементов, составляющих основу ФЭМ и обычно соединенных последовательно. При попадании воздуха или влаги во внутрь ФЭМ модуля происходит окисление и разрушение контактов солнечных элементов, что приводит к деградации, то есть, к ухудшению характеристик или даже к полному выходу ФЭМ из строя. В качестве герметизирующей пленки обычно применяется EVA (этиленвинилацетатная) пленка. К сожалению, она, так же, является одним из факторов деградации ФЭМ, т.к. со временем аморфный полимерный материал кристаллизуется и теряет свою прозрачность. Сейчас во всем мире ведутся работы по замене этой EVA на другие материалы, но в коммерчески изготавливаемых модулях пока в основном применяется именно этот материал. К внутренней стороне корпуса модуля прикреплен блок терминалов, под крышкой которого размещены электрические контакты, предназначенные для подключения модуля к внешней цепи нагрузки.

Потери мощности являются важным фактором, который следует учитывать при установке фотоэлектрического модуля. Потери мощности относятся к снижению выработки электроэнергии, которое происходит в результате различных факторов. Потери мощности могут значительно снизить общую производительность фотоэлектрической системы и повлиять на ее способность вырабатывать электроэнергию [7]. На производительность и потери при производстве энергии ФЭМ влияют следующие факторы [8]: факторы, связанные с внутренним функционированием ФЭМ, несоответствия солнечных элементов в ФЭМ, деградация солнечных элементов в ФЭМ, существует температурный фактор [9] и освещенности [10]. Так же, существуют факторы, связанные с внешней средой: факторы загрязнения поверхности ФЭМ, затенения и факторы, связанные с ухудшением пропускающей способности фронтального стекла. Пропускающая способность фронтального стекла может быть связана с растрескиванием.

В настоящее время производимые ФЭМ, в основном, в зависимости от размера солнечного элемента, метода подключения в ФЭМ разделяются на полноэлементный (Full Cell), полу размерный (Half-Cell). Full Cell ФЭМ, который представлен на рисунке 1, состоит из нескольких фотоэлектрических элементов, которые электрически последовательно соединены в единый блок [11]. Электричество перетекает из одного элемента в другую непрерывным образом. Каждый элемент генерирует небольшое напряжение (от 0,5 до 0,6 В), и соединяя их последовательно, напряжения складываются, создавая более высокое общее напряжение [12]. Полноэлементные ФЭМ обычно состоят из 60 или 72 фотоэлектрических элементов, расположенных в виде сетки. Элементы, как было сказано выше, заключены в защитный кожух, фронтальный стеклянный и задний пластиковый крышкой, для защиты от непогоды и предотвращения ухудшения эффективности ФЭМ.

ФЭМ Half-Cell — это тип модуля, в котором фотоэлементы разрезаны пополам, что повышает эффективность модуля [12]. Модуль Half-Cell разделен на две секции, где верхняя и нижняя секции

функционируют как два отдельных модуля и вырабатывают энергию, даже когда одна половина секции затенена [13]. Элементы в каждой половине модуля соединены последовательно, а две секции модуля соединены параллельно. Комбинация последовательного и параллельного соединений позволяет сбалансировать напряжение и ток, оптимизируя выходную мощность модуля [14].

2. Методология исследования, результаты и обсуждения

Для оценки влияния образовавшихся трещин на поверхности фронтального защитного стекла ФЭМ был использован экспериментальный метод исследования световых нагрузочных характеристик ФЭМ без каких-либо дефектов и ФЭМ и которого вся поверхность защитного фронтального стекла была покрыта трещинами. Проведенные исследования на герметичность показали, что во внутрь дефектного ФЭМ отсутствует проникновения влаги. Для исследования был выбран ФЭМ китайского производителя фотовольтаического оборудования BLUESUN SOLAR CO., LTD BSM560M10-72 HPH мощностью 560 Ватт. ФЭМ состоит из односторонних 144 HALF CELL монокристаллических кремниевых солнечных элементов, изготовленных по технологии PERC размерами $182 \times 91 \text{ мм}^2$ [15]. На рисунке 2 представлен внешний вид и марка исследованного ФЭМ. Размеры ФЭМ составляли 2278мм на 1134 мм.

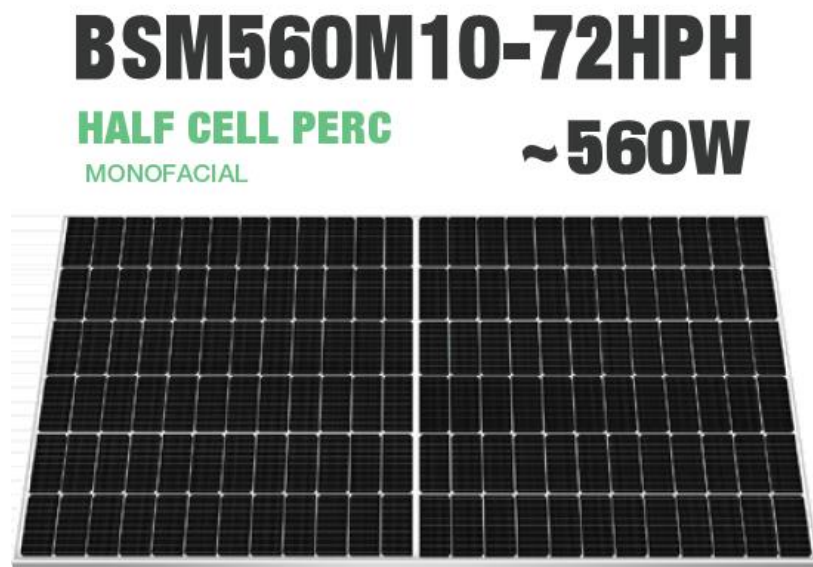


Рис. 2. Внешний вид и марка исследованного ФЭМ

В таблице 1 представлены основные выходные параметры исследованного ФЭМ и температурные коэффициенты: максимальная выходная мощность $P_{\max} = 560$ Ватт, максимальное выходное напряжение ($V_{\max}$) и ток на точке максимальной мощности ($I_{\max}$), ток короткого замыкания (I_{sc}), напряжение холостого хода (V_{oc}), КПД для стандартного условия освещенности (STC) и условиях номинальной температуре функционирования модуля (NMOT).

Исследования были проведены в условиях города Ташкента 2023 года 5 августа в промежутки времени от 08:40 до 12:00. В течении этого времени мощность солнечного излучения (P_{rad}) подающая на поверхность ФЭМ изменялась от $\sim 450 \text{ Вт/м}^2$ до 900 Вт/м^2 . ФЭМ были установлены на крыши частного дома, на высоте ~ 5 метров. Поверхность ФЭМ была направлена на юг, угол наклона относительно горизонта составлял $\approx 19,5^\circ$. Образцы ФЭМ с дефектной и без дефектной поверхности располагались рядом. Исследования проводились с использованием приборов Solmetric PV Analyzer, PVA – 1000S-30 и PROVA 210 PV – Analyzer 12 A, 60 V. Прибор Solmetric PV Analyzer, PVA – 1000S-30 давал возможность измерять мощность падающего солнечного излучения (P_{rad}), температуру окружающей среды и ФЭМ, а так же, все важные параметры ФЭМ, такие как, максимальная выходная мощность $P_{\max}$, $V_{\max}$, $I_{\max}$, I_{sc} , V_{oc} , КПД, и коэффициент заполнения ВАХ (FF) при заданной мощности солнечного излучения. Температура окружающей среды во время исследований колебалась от 30 до 35°C , при этом температура ФЭМ изменялась, с ростом P_{rad} , от 40°C до 60°C . Солнечное излучение, и температура контролировались на протяжении всего

исследования. Фотоэлектрические модули были тщательно очищены от пыли, грязи или мусора, которые могли повлиять на производительность. Технические характеристики фотоэлектрических модулей, как было указано выше, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные выходные параметры и температурные коэффициенты выходных параметров ФЭМ

SPECIFICATIONS

Module Type	BSM560M10-72HPH	
	STC	NMOT
Maximum Power (P _{max} /W)	560	416
Operating Voltage (V _{mp} /V)	42.33	38.59
Operating Current (I _{mp} /A)	13.23	10.80
Open-Circuit Voltage (V _{oc} /V)	50.00	46.49
Short-Circuit Current (I _{sc} /A)	14.14	11.42
Module Efficiency η (%)	21.68	

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Air Mass AM1.5, Wind Speed 1m/s

TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient P_{max} -0.36%/°C

Temperature Coefficient V_{oc} -0.29%/°C

Temperature Coefficient I_{sc} +0.048%/°C

NMOT 45±2°C

На рисунке 2 представлена нагрузочная ВАХ, снятая с прибора Solmetric PV Analyzer, PVA – 1000S-30, которая выдается в формате jpg, а также, можно получить таблице с определенными основными параметрами нагрузочной ВАХ.

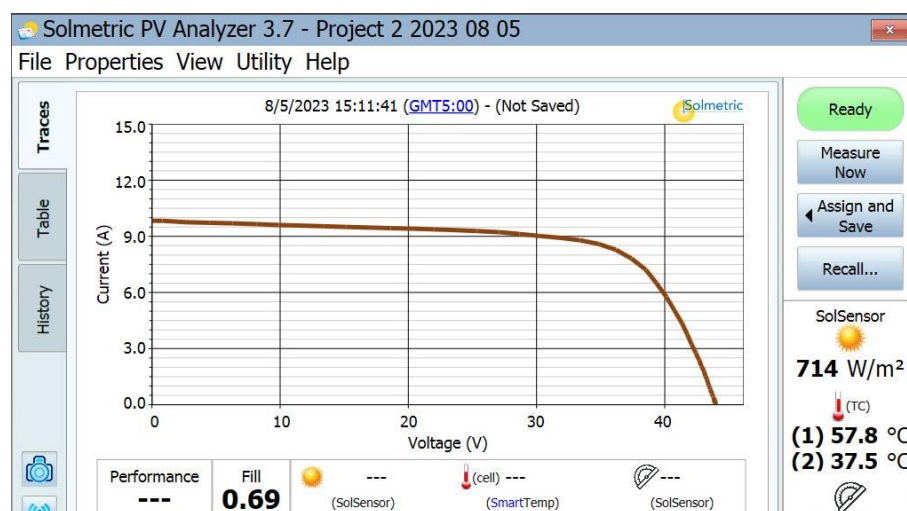


Рисунок 2. Нагрузочная ВАХ, снятая с прибора Solmetric PV Analyzer

На рисунках 3а, 3б, 3с, 3д и 3е представлены экспериментальные результаты зависимости основных выходных параметров ФЭМ для без дефектного - 1 и ФЭМ с трещинами – 2 на поверхности стекла. Видно, что с увеличением P_{rad} разница I_{sc} (рис.3а), I_{max} (рис.3б), P_{max} (рис.3с), FF (рис.3д), КПД (Efficiency) (рис.3е) в ФЭМ 1 и ФЭМ 2 увеличивается. Наблюдаемая разница связана с уменьшением фотогенерированного тока за счет уменьшения излучения, попадающего на солнечные элементы, в результате отражения излучения от краев трещин. Уменьшения величины фототока приводит к увеличению последовательного сопротивления ФЭМ, в результате чего ухудшается FF и КПД ФЭМ.

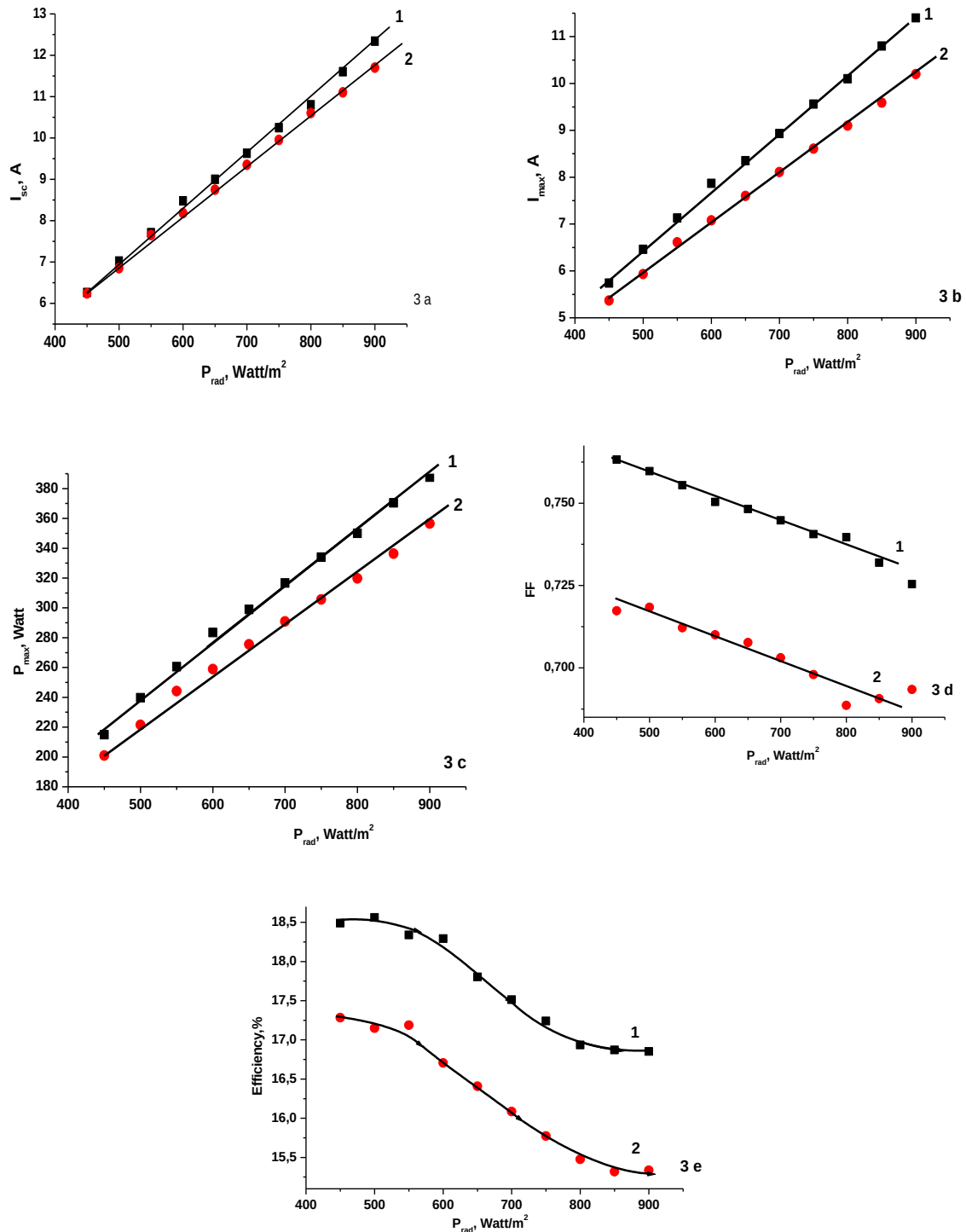


Рисунок 3. Экспериментальные результаты зависимости основных выходных параметров ФЭМ для без дефектного - 1 и ФЭМ с трещинами - 2 на поверхности стекла: I_{sc} (рис.3а), I_{max} (рис.3б), P_{max} (рис.3с), FF (рис.3д), КПД (Efficiency) (рис.3е)

Литература

1. Kabulov, R.R., Matchanov, N.A. & Umarov, B.R. Features of load current–voltage characteristics of a monocrystalline silicon solar cell at various levels of solar illumination. *Appl. Sol. Energy* **53**, 297–298 (2017). <https://doi.org/10.3103/S0003701X17040089>
2. A. Luque, and S. Hegedus, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, England: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, 2003, p. 1138. DOI: 10.1002/0470014008
3. Photovoltaic device innovation for a solar future. Device 1,10013, Jule 21, Elsevier inc. <http://doi.org/10.1016/j.device.2023.100013>

4. <https://www.pv-magazine.com/2023/09/06/underground-photovoltaic-water-pumping-system-with-average-system-efficiency-of-up-to-8-5/>.
5. 560 MW desert power station equipped with Trina Solar Vertex N 700W+ series modules. <https://www.pv-magazine.com/press-releases/560-mw-desert-power-station-equipped-with-trina-solar-vertex-n-700w-series-modules/>
6. R. R. Kobulov, N. A. Matchanov, and O. K. Ataboyev. Morphology and Photoelectric Characteristics of the Thin-Film Polycrystalline Structure SnO₂-CdS/Cu(InGa)Se₂-Ag. *Applied Solar Energy*, 2018, Vol. 54, No. 2, pp. 91–94. DOI: 10.3103/S0003701X18020068
7. C. Haydaroglu and B. Gümüř, “Investigation of the Effect of Short Term Environmental Contamination on Energy Production in Photovoltaic Panels: Dicle University Solar Power Plant Example,” *Applied Solar Energy*, vol. 53, no. 1, pp. 31–34, Jan. 2017, doi: <https://doi.org/10.3103/s0003701x17010066>.
8. “Photovoltaic Technology,” in *Fundamentals of Solar Photovoltaic Technology*, 1st ed. Malaysia: Sustainable Energy Development Authority (SEDA), 2022, p. 104.
9. P.P. Кабулов, Н.А. Матчанов, О.К. Атабоев, Ф.А. Акбаров. Исследование эффективности работы CIGS солнечного фотоэлектрического модуля в условиях реального освещения при различных температурах. *Проблемы энерго- и ресурсосбережения*. 2019, №1-2, стр. 175-180.
10. R.R. Kobulov, N.A. Matchanov, O.K. Ataboev, F.A. Akbarov. Solar Cells Based on Cu(In, Ga)Se₂ Thin-Film Layers. *Applied Solar Energy*. 2019, Vol. 55. No 2. pp. 83-90. DOI: 10.3103/S0003701X19020063
11. M. Waqar Akram et al., “Study of Manufacturing and Hotspot Formation in Cut Cell and Full Cell PV Modules,” *Solar Energy*, vol. 203, pp. 247–259, Jun. 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.04.052>.
12. S. Nema, R. K. Nema, and G. Agnihotri, “Matlab/Simulink Based Study of Photovoltaic Cells/Module/Array and their Experimental Verification,” *International Journal of Energy, Environment, and Economic*, Aug. 2014, available: <https://www.researchgate.net/publication/264427622>
13. J. Schneider, J. Bagdahn, H. Hanifi, and J. Bagdahn, “Reduced Shading Effect on Half-Cell Modules – Measurement and Simulation,” *31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, pp. 2529–2533, Sep. 2015, available: <https://www.researchgate.net/publication/283488492>
14. V. V. Tyagi, N. A. A. Rahim, N. A. Rahim, and J. A. /L. Selvaraj, “Progress in Solar PV Technology: Research and Achievement,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 20, pp. 443–461, Apr. 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.028>.
15. www.bluesunpv.com

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE RECEIVER TUBE OF A PARABOLIC TROUGH COLLECTOR WITH NANOFLUID

D. Jalilov*, T. Juraev, A. Halimov, J. Akhatov

¹Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2^b, 100084 Tashkent, Uzbekistan, *E-mail: dilshod_jalilov@list.ru

Abstract

Recently, enhancements in parabolic trough collectors (PTCs) have been reached using new modified thermal fluids called nanofluids. Especially, the effect of MWCNT nanofluid as a heat transfer agent on the performance of an indigenously developed parabolic trough collector was experimentally investigated. When using water and MWCNT nanofluid as the heat carrier in the PTC tube, the temperature change difference along the length of the PTC tube, the flow velocity at the entrance of the tube is 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, respectively 0.03 m/s. It was found that 1.2 K, 2 K, 2.5 K, 4.8 K.

Due to the lack of specific studies needed to find the three-dimensional distribution of the absorber tube temperature of parabolic trough collectors, our study of the temperature distribution study was carried out using COMSOL Multiphysics 5.6 software.

Key words: parabolic trough collector (PTC); nanofluid; MWCNT; CFD

1. Introduction

One of the global problems today is the increase of the amount of greenhouse gases in the earth's atmosphere. The average amount of CO₂ in the Earth's atmosphere has increased from 390 ppm in 2011 [1] to about 410.19 ppm in 2018 [2], which leads to an increase in the temperature of the Earth's atmosphere. This alarming increase of the amount of CO₂ and the corresponding increase in temperature, together with the limited resources of oil and gas, forces humanity to face new opportunities to find out different sources of energy.

So far, many types of renewable energy are known. Renewable energy can be divided into six different sources: hydropower, modern biomass, geothermal, solar, wind, wave and tidal [3]. More importantly, solar energy is the largest resource compared to other types of renewable energy sources; because of the energy, which come to the Earth from the Sun in one hour can be more than the entire amount of energy consumed by a person in a year [4].

The working principal of Concentrated type of solar collector consisted of absorbing concentrated solar radiation into absorber pipe and convert solar energy into thermal energy. As heat transfer fluids can be chosen water, oil, molten salt, air nitrogen or helium [5]. Enhanced thermal conductivity of heat carriers can be improved the thermal performance of solar thermal systems, namely solar thermal collectors. In recent years, research on this topic has become widespread among scientists. It has been proposed to add solid nanoparticles into the base fluid in order to increase the heat transfer in heat carriers.

The use of nanoparticles instead of micrometre-sized particles reduces the problems such as associated with component erosion and corrosion, as well as particle deposition and clogging [6]. Nanofluids can be defined as suspensions consisting of particles with a size of less than 100 nm dispersed in a base fluid. Choi et al. introduced and discussed a new idea of using nanoparticles to increase the efficiency of the heat transfer fluid in thermal systems [7].

Nanofluids have been used as a heat carrier in various parts of the solar energy industry, i.e., in PTCs. One way to increase the efficiency of PTCs is to use nanofluids. As a result, the overall efficiency of the collector is high. As a one type of nanofluids MWCNT based nanofluids have been used in PTCs. MWCNTs are carbon nanotubes with high thermal conductivity. When MWCNTs are added to a liquid, they can significantly increase the thermal conductivity of the liquid. The use of MWCNT nanofluids in PTCs may be a promising way to improve the efficiency and performance of these collectors. MWCNT nanofluids also have other advantages over conventional fluids. For example, they are less likely to stick to the collector pipe, and they are more stable over a higher temperature range. In this regard, another experimental study on the effect of MWCNT/mineral oil (0.2 and 0.3 wt%) on PTC performance was conducted by Kasaeian et al. [8]. The authors report that using 0.3 wt% of MWCNT increases the thermal efficiency of PTC by 5-7%.

Analyzing the aforementioned investigations, evaluated the importance of three-dimensional distribution of the tube temperature of the parabocylindric solar collectors. On this aim we have conducted the numerical research, which devoted to find out the three-dimensional distribution of the tube temperature of the parabolic trough collectors by using nanofluids based on MWCNTs.

2. Methodology

2.1 PTC Geometry and the generated grids

The data used in the present modeling is shown in Table 1. Once the absorber tube has been modeled, the model is then exported for meshing, which is a process where the model is divided into a finite number of smaller elements. The mesh size in this analysis is kept at normal Fig. 1.

Table 1. Model dimensions

Model dimensions	Value (m)
Length of collector	2
Outer diameter of absorber tube	0.04
Inner diameter of absorber tube	0.03

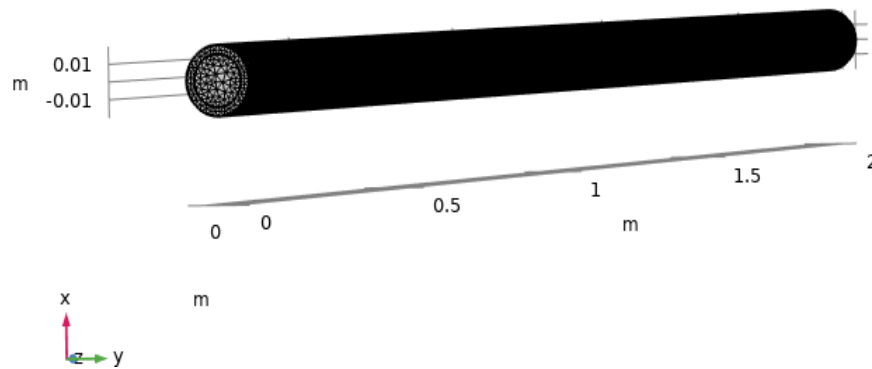


Fig. 1. The generated grids mesh used for the PTC collector

Using COMSOL software, the temperature distribution of the receiver tube is carried out under unsteady state study. The temperature distribution is determined using water and MWCNT nanofluid as heat transfer fluid temperature distribution of the receiver tube is shown in Table 2. and Fig. 2.

Table 2. Properties of the materials.

Materials	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg K)	k (W/m K)
Water-liquid	998.2	4182	0.6
Copper	8700	385	400
MWCNT [9]	2100	796	1500-3000

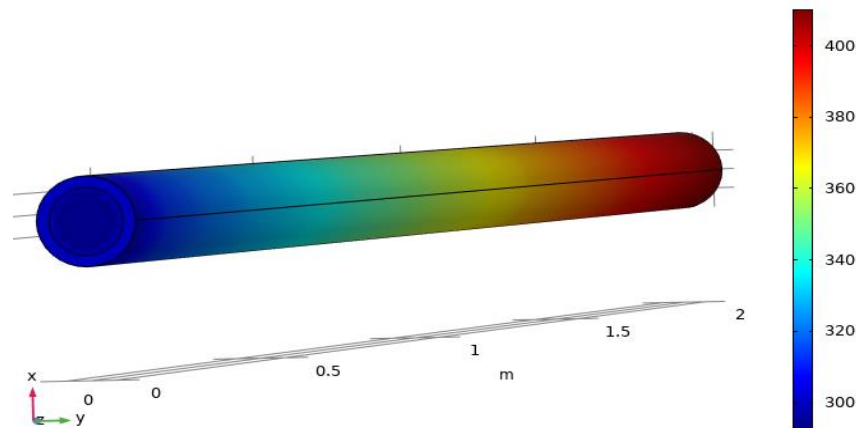


Fig. 2. Surface temperatures of receiver tubes

Using the COMSOL Multiphysics 5.6 software, the Reynolds number was calculated for water and MWCNT nanofluid used as a heat carrier in a PTC tube. Fig. 3. In this case, the type of flow is laminar.

As shown in Figure 3. The Reynolds number for MWCNT nanofluid and water is shown along the length of the pipe with a flow velocity of 0.03 m/s at the inlet of the PTC pipe. It can be seen that the Reynolds number in water increased linearly from 15 to 155, and in MWCNT nanofibers, this indicator changed from 15 to 55.

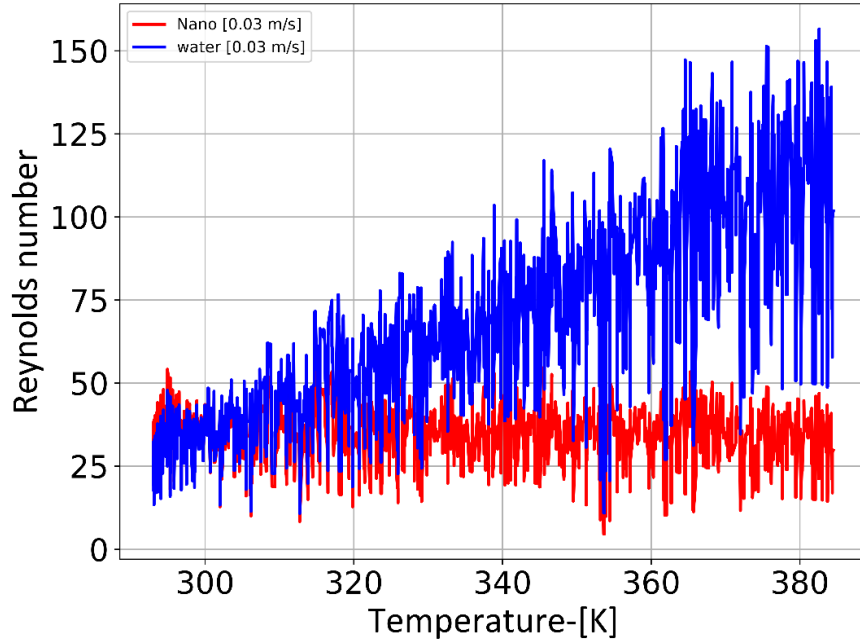


Fig. 3. Dependence of Reynolds number of MWCNT nanofluid and water on temperature change at a flow rate of 0.03 m/s

When the temperature at the outlet of the PTC pipe and the flow velocities at the entrance to the pipe were 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, and 0.03 m/s, respectively, the outlet temperature of MWCNT nanofluid was higher than water. Fig 4.

As shown in Figure 4. The temperature at the outlet of the PTC tube using MWCNT nanofluids is 321.2K, 330K, 343.5K, 388.8K when the flow velocities at the tube inlet are 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, and 0.03 m/s, respectively. was determined. In this case, when water is used as a heat carrier, the temperature at the outlet of the PTC pipe was found to be 320 K, 328 K, 341 K, 384 K. It is obvious that the use of MWCNT-based nanofluids as a heat carrier can improve the thermal efficiency of PTC.

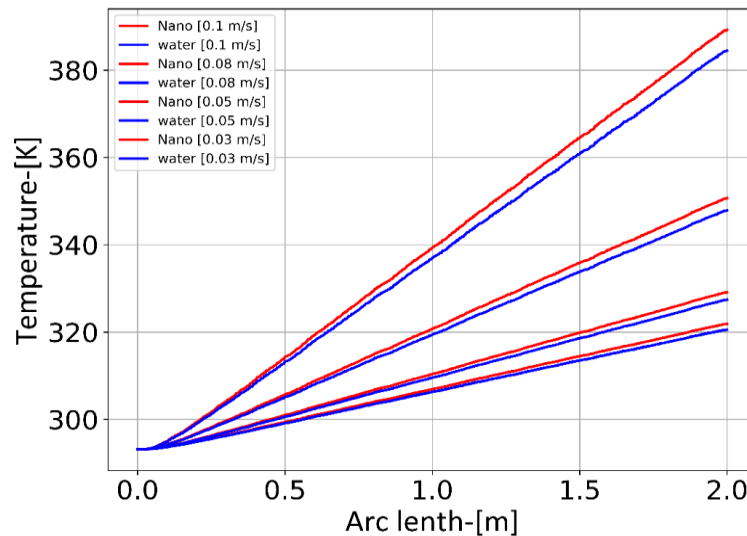


Fig. 4. Temperature change of water and MWCNT nanofluid along the length when the incoming flow speed is (0.1m/s, 0.08m/s, 0.05m/s, 0.03m/s)

From the obtained results, it can be seen that in Fig 5, when water and MWCNT nanofluid are used as heat carriers in the PTC pipe, the temperature difference between water and MWCNT nanofluid increases along the length as the inlet flow rate decreases.

As shown in Figure 5. When water and MWCNT nanofluid are used as heat carriers in the PTC pipe, the temperature change difference along the length of the PTC pipe, the flow velocities at the entrance to the pipe are 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, 0.03 m/s, respectively. we can see that it is 1.2 K, 2 K, 2.5 K, 4.8 K.

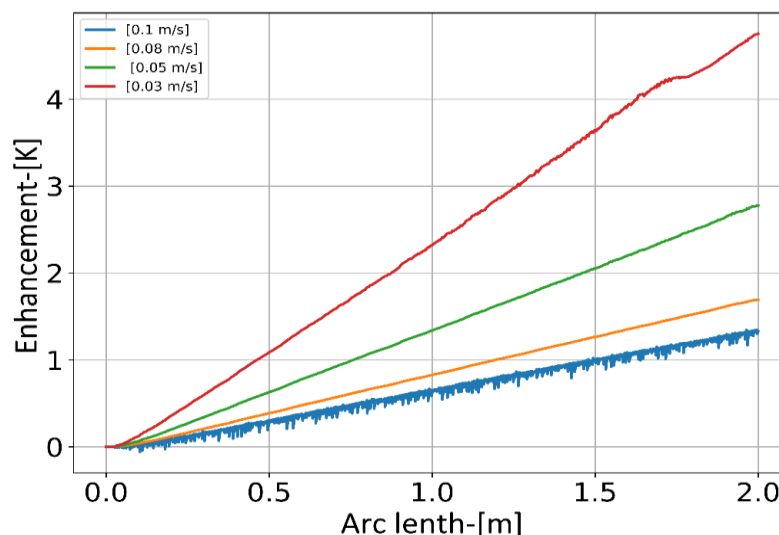


Fig. 5. The temperature difference of water and MWCNT nanofluid along the length when the incoming flow speed is 0.1m/s, 0.08m/s, 0.05m/s, 0.03m/s

3. Conclusion

- When the liquid flowing through the 4 cm diameter beam receiver tube of PTC has inlet flow velocities of 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, 0.03 m/s and heat flux of 30000W/m², the beam the water temperature at the outlet along the length of the receiving pipe was 320K, 328K, 341K, and 384K, respectively.

- When the liquid flowing through the 4 cm diameter beam receiver tube of PTC has inlet flow velocities of 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, 0.03 m/s and heat flux of 30000W/m², the beam The outlet temperature of MWCNT nanofluid along the length of the receiving pipe was 321.2K, 330K, 343.5K, and 388.8K, respectively.

- In addition, when the inlet flow speed is 0.1 m/s, 0.08 m/s, 0.05 m/s, 0.03 m/s, the temperature difference at the outlet of the receiving tube for water and MWCNT nanofluid, respectively is 1.2 K, 2 K, 2.5 K, 4.8 K.

From these analyses, it can be concluded that the use of MWCNT nanofluid was better than water at the same inlet flow rate, and as the inlet flow rate decreased, the outlet temperature of the liquid used as the heat carrier was higher.

References

1. Choi, S.; Gray, M.L.; Jones, C.W. Amine-Tethered Solid Adsorbents Coupling High Adsorption Capacity and Regenerability for CO₂ Capture from Ambient Air. *ChemSusChem* 2011, 4, 628–635.
2. Earth's CO₂ Home Page. 2019. Available online: <https://www.co2.earth/Jan23> (accessed on 29 December 2018).
3. Owusu, P.A.; Asumadu-Sarkodie, S. A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Eng.* 2016, 3, 1167990.
4. Lewis, N.S.; Nocera, D.G. Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2006, 103, 15729–15735.
5. Kalogirou, S.A.; Karellas, S.; Braimakis, K.; Stanciu, C.; Badescu, V. Exergy analysis of solar thermal collectors and processes. *Prog. Energy Combust. Sci.* 2016, 56, 106–137.
6. Minardi, J.E.; Chuang, H.N. Performance of a “black” liquid flat-plate solar collector. *Sol. Energy* 1975, 17, 179–183.

7. Choi, S.U.; Eastman, J.A. *Enhancing Thermal Conductivity of Fluids with Nanoparticles*; Argonne National Lab.: Cass Avenue, IL, USA, 1995.
8. Sokhansefat, T.; Kasaeian, A.; Kowsary, F. Heat transfer enhancement in parabolic trough collector tube using Al_2O_3 /synthetic oil nanofluid. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 33, 636–644.
9. J. S. Akhatov, T. I. Juraev, A. S. Halimov, and T. K. Karimov, “A Novel Correlation for Predicting the Dynamic Viscosity of Nanofluids based on MWCNTs,” *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 59, no. 2, pp. 111–117, 2023, doi: 10.3103/S0003701X23600741.

MATHEMATICAL MODELING OF HEAT TRANSFER PROCESSES IN A SMALL-POWER BIOGAS DEVICE

Sh.J. Imomov¹, O.S. Komilov², J.A. Majitov^{2*}

¹Bukhara Institute of Natural Resources Management

²Bukhara Institute of Engineering Technology, *E-mail: majitov-1986@mail.ru

Abstract

The article relays a mathematical model of heat exchange processes that take place in a small biogas device reactor, with theoretical analysis of the dependence on heat, newly loaded biomass temperature, teplophysical classification of the device wall and external metofactors on the transmission of the bioreactor through the external Devoir.

Keywords: small bioreactor, heat transfer, thermal resistance, heat transfer coefficient, thickness, biomass

1. Introduction

Particular importance is attached to the issues of expanding the scope of the use of renewable energy sources in the world, saving hydrocarbon fuel-energy resources and obtaining biogas and biogas through the processing of organic waste. Currently, in developed countries, " the share of biomass energy in total energy is 4-10%. Biogas production is said to be 75 million tons by 2040. The possibility of further increasing these indicators in our taxiles due to the use of biogas devices with high efficiency is high. In this respect, it is considered important to increase the efficiency of obtaining biogas and biogas as a result of anaerobic processing of organic waste in production [1,2,3,4]. It is known that in order for organic waste mixtures to be efficiently extracted under anaerobic conditions, they are initially brought to the form of biomass in liquid form [2,5,8]. We have tried to create a mathematical model that allows us to calculate the heat transferred from liquid biomass to the external environment in the process of efficient conducting fermentation of liquid biomass in a certain temperature regime in a bioreactor. In doing so, an attempt was made to implement Newtonian laws for the liquid biomass of the reactor.

In accordance with Newton's law, among the particles of fluid moving at different speeds, there is an internal friction force that resists their movement, which can be determined using the following formula[1,2,3,4];

$$S = \mu \frac{\partial w}{\partial p}, \quad (1)$$

S is the internal friction force, μ is the viscosity coefficient, w is the flow rate, p is the surface.

When analyzing the processes of heat transfer in the bioreactor, through liquid biomass, it will be necessary to approach: the speed of movement of the particles forming the liquid layer decreases in the direction towards the reactor wall, and the speed of movement of the particles adhering to the wall will be zero. Based on the law of thermal conductivity when viewed as such, the heat flux transmitted through liquid biomass to the reactor wall can be calculated as [5,6,8,9].

$$q = -\lambda_s \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_{y=0}, \quad (2)$$

where λ_s , the coefficient of thermal conductivity of liquid biomass; T is the starting temperature. The differential equation for moving particles of liquid biomass has the following appearance:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial \tau} + \omega_y \frac{\partial T}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial T}{\partial z} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{W}{c_p}, \quad (3)$$

where τ is time, s; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – the organizers of the liquid biomass rate, m/s; W – birlik hajmda birlik vaqt ichida yutiladigan issiqlikning miqdori J/s ;

Cp-specific volumetric heat capacity, J/(m³·K); x,u,z,-current coordinates [9,10,11].

When calculating the heat transfer process, the law of thermal conductivity can be used. However, it is necessary to know the visual function of the liquid biomass temperature field. In studies [16,17] in motion mode that is not in the stationary classification, we have cited above that a special mathematical model has been developed for the heat carrier heat exchanger. In this, it can be cited that the math is expressed in terms of the Differential Equation (3). This equation contains the organizers of the velocity $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – can be defined from the system of equations below:

When calculating the heat transfer process, the law of thermal conductivity can be used. However, in this case it is necessary to know the temperature field function of liquid biomass, which is expressed by the differential equation U (3) this equation contains the rate organizers $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – which can be determined by the system of equations below:

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + w_y \frac{\partial \omega_x}{\partial y} + w_z \frac{\partial \omega_x}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial z^2} \right) + \left(g_x + \frac{1}{\rho} \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (4)$$

$$\frac{\partial \omega_y}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \omega_y}{\partial x} + w_y \frac{\partial \omega_y}{\partial y} + w_z \frac{\partial \omega_y}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial z^2} \right) + \left(g_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \right), \quad (5)$$

$$\frac{\partial \omega_z}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \omega_z}{\partial x} + w_y \frac{\partial \omega_z}{\partial y} + w_z \frac{\partial \omega_z}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial z^2} \right) + \left(g_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \right), \quad (6)$$

Taking into account the fact that in studies we have established the condition for the flow of liquid biomass in bioreactors (4-6) by solving them if we focus on the mutual solution of equations we get the following equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho \omega_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \omega_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \omega_z)}{\partial z} = 0, \quad (7)$$

this leads to the continuity condition of the fluid flow (equation (7)). Equations (3-6) and (7) in general represent the connection between the physical parameters of liquid biomass.

To fully represent thermal processes, the system of equations under consideration must include additional equations. These equations, on the other hand, would have to include physical, geometric, time, and boundary conditions.

From the above, the amount of heat transferred from liquid biomass to the reactor wall can be calculated based on Newton – Richman's law in terms of:

$$Q = K_d F (t_m - t_d), \quad (8)$$

where K_d – is the coefficient of heat transfer to the bioreactor wall $Vt/(m^2 \cdot k)$; F is the surface of the heat carrier (liquid biomass) in contact with the heat exchanger; t_m and t_d – are the temperatures of the liquid mass and the heat exchanger wall surface $^{\circ}C$;

where K_d – is the coefficient of heat transfer to the bioreactor wall $Vt/(m^2 \cdot k)$; F is the surface of the heat carrier (liquid biomass) in contact with the heat exchanger; t_m and t_d – are the temperatures of the liquid mass and the heat exchanger wall surface $^{\circ}C$;

(8) the heat transfer coefficient from the equation will be determined using the following expression:

$$K_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{h_q}{\lambda_d} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (9)$$

where α_1 – is the coefficient of heat transfer from liquid hot biomass to the bioreactor wall; h_q – is the thickness of the bioreactor wall m ; λ_d – is the coefficient of thermal conductivity of the heat exchanger wall material $Vt/(m \cdot k)$; α_2 – is the coefficient of heat transfer from the bioreactor wall to the external environment;

V.Shukriddin and B.Shtyasni from the linear density of the heat flux can be determined by the formula[12,13].

$$q = \frac{\pi(t_{ich} - t_t)}{\frac{1}{\alpha_t D_t} + \frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{D_{ich}}{D_t} + \frac{1}{\alpha_{ich} D_{ich}}}, \quad (10)$$

(10) the denominator of the equation (from water) classifies the intensity of heat transfer from the heat carrier to biomass through the heat exchanger wall, if its heat transfer coefficient is determined by K_t – in this case, the thermal resistance of heat transfer:

$$R = \frac{1}{K_t} = \frac{1}{\alpha_t D_t} + \frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{D_{ich}}{D_t} + \frac{1}{\alpha_{ich} D_t}, \quad (11)$$

Where is the linear thermal conductivity resistance of the bioreactor wall:

$$R_d = \frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{D_{ich}}{D_t}, \quad (12)$$

The thermal resistance of heating also depends on the diameter of the bioreactor SBD (small biogas device) [6,7,8]:

$$q_{ich} = \frac{Q}{\pi D_{ich} H} = \frac{K_t}{D_{ich}} (t_{ich} - t_t), \quad (13)$$

$$q_i = \frac{Q}{\pi D_{ich} H_M} = \frac{K_t}{D_{ich}} (t_{ich} - t_n), \quad (14)$$

Here is the height of H- SBD (small biogas device).

In the above we take the following designations: $K_t = \frac{K_T}{D_{ich}}$ and $K_{ich} = \frac{K_T}{D_{ich}}$, Taking these into account, we write 13 and 14 in the following form:

$$q_{ich} = K_t (t_{ich} - t_t), \quad (15)$$

$$q_t = K_t (t_{ich} - t_t), \quad (16)$$

Temperature of the inner wall of the bioreactor:

$$t_{d_2} = t_{ich} - \frac{q_{ich}}{\pi} \frac{1}{\alpha_{ich} D_{ich}}, \quad (17)$$

$$t_{d_1} = t_t - \frac{q_t}{\pi} \frac{1}{\alpha_t D_t}, \quad (18)$$

Heat exchange occurs between the outer wall of the SBD (small biogas device) and the environment. The outer wall section of the KBQ is made up of two layers (Figure 1)[14]. The value of the heat flux density for each layer is determined by the following expression:

$$q_{d_1} = \frac{\lambda_d}{h_d} (t_{d_1} - t_{d_2}), \quad (19)$$

Thermal conductivity

$$q_{d_2} = \frac{\lambda_i}{h_d} (t_{d_2} - t_i), \quad (20)$$

where λ_i – is the permeability coefficient of bioreactor teploisolation; h_d – thickness of the outer wall of the bioreactor; h_d – bioreactor thickness; t_{d_1} – bioreactor inner wall temperature; t_{d_2} – the temperature of the outer wall of the bioreactor; the temperature at the surface of the t_i – bioreactor teploisolation;

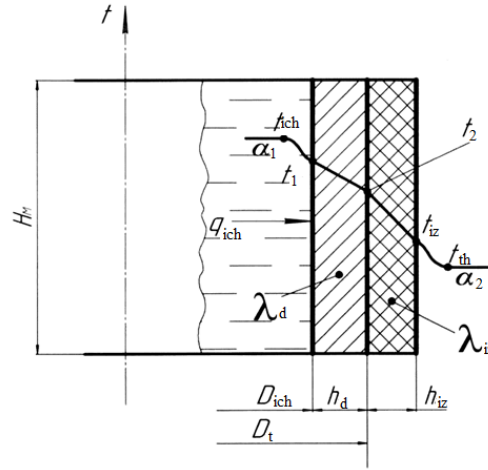


Figure 1. Thermal accounting scheme for bioreactor walls

(19) and (20) remove expressions together with respect to the difference in heats:

$$t_1 - t_2 = \frac{q_{d1} h_d}{\lambda_d}, \quad (21)$$

$$t_2 - t_i = \frac{q_{d2}}{h_u}, \quad (22)$$

The same heat flux passes through all layers, then the equality holds:

$$q_{d1} = q_{d2} = q_{ich}, \quad (23)$$

Given (23), we obtain:

$$t_{d1} - t_u = q_{ich} \left(\frac{h_d}{\lambda_d} + \frac{h_{ich}}{\lambda_{ich}} \right), \quad (24)$$

from equation (24)

$$t_{ich} = \frac{t_{d1} - t_{ich}}{\frac{h_d}{\lambda_d} + \frac{h_{ich}}{\lambda_{ich}}}, \quad (25)$$

According to the relation:

$$R_d = \frac{1}{\alpha_{ich} D_{ich}} + \frac{1}{2\lambda_c} \ln \frac{D_t}{D_{ich}} + \frac{1}{\alpha_o D_t}, \quad (26)$$

where α_o – is the coefficient of heat transfer to the outside air; ; D_t –bioreactor wall outer diameter; D_i – bioreactor wall inner diameter;

Thus, at constant values of a B c, the complete thermal resistance of the thermal conductivity of the SBD (small biogas device) bioreactor external circuit will depend on the external diameter (26).

From the equation (26)

$$R_{ich} = \frac{1}{\alpha_{ich} D_i} = const, \quad (27)$$

Thermal conductivity thermal resistance of the outer wall of the bioreactor

$$R_{dt} = \frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{D_t}{D_{ich}}, \quad (28)$$

As can be seen from equation (28), the thermal conductivity thermal resistance of the bioreactor outer wall increases as D_{nn} increases.

In this case, the thermal resistance of the thermal conductivity of the outer wall of the bioreactor will be constant

$$R_t = \frac{1}{\alpha_0 D_t} = \text{const} , \quad (29)$$

Thus, the complete thermal resistance of the thermal conductivity of the bioreactor outer wall depends on the change in the thermal resistance of the thermal conductivity and the heat transfer from the outer surface of the bioreactor.

In the analysis of thermal processes, the need arises to determine how the thermal resistance changes with an increase in the thickness of the outer wall of the bioreactor. To do this, we can derive from the thermal resistance and set it to zero:

$$\frac{d(R)}{d(D_t)} = \frac{1}{2\lambda_d D_t} + \frac{1}{\alpha_0 D_t^2} = 0 , \quad (30)$$

From the expression (29), the value of D_t – corresponds to the extremum, exactly to the minimum of the function.

$D_t = \frac{2\lambda_d}{\alpha_0}$ at the value of thermal resistance will have a minimum value. The critical diameter of the reactor diameter corresponding to the minimum value of the total thermal resistance of the heat transfer is said to be defined as:

$$D_{tk} = \frac{2\lambda_d}{\alpha_0} , \quad (31)$$

The considered bindings need to be taken into account when choosing thermal insulation of the outer diameter of the bioreactor. To determine the critical diameter of the isolation of the outer wall of the bioreactor, it is necessary to determine the resistance of heat transfer, which is determined by the following formula:

$$R = \frac{1}{\alpha_i D_{ich}} + \frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{D_t}{D_{ich}} + \frac{1}{2\lambda_u} \frac{D_u}{D_t} + \frac{1}{\alpha_0 D_t} , \quad (32)$$

where λ_i – is the heat transfer coefficient of the wall material insulation; D_i – bioreaktor izolyasiyasining diametri.

After selecting the isolation material of the bioreactor, the critical diameter of the isolation is determined by the following formula:

$$D_{ku} = \frac{2\lambda_u}{\alpha_0} , \quad (33)$$

Thus, the system of equations considered is a complex issue. Therefore, only experimental studies help to obtain the numerical values of the variables being sought, after which an equation is drawn up that describes the results of the experiment [14,15,16,17,18].

The energy expended on the individual needs of the SBD is determined by the formula:

$$Q_N = Q_T + Q_K , \quad (34)$$

here Q_T – energy consumption for preheating; Q_K – daily consumption of energy.

The daily consumption of energy includes the following losses to itself.

Energy losses to the transmission for mixing the device:

$$Q_{KP} = \frac{24N_P V_S}{W_N \eta_P} k_P , \quad (35)$$

here is the energy consumption required by the N_P – mixing device; W_N – mixer productivity; k_P – mixer device connection carriage; V_S – volume of coolant per day η_P – stirrer device FIK. Anaerobic recycled bioaccumulation of energy with itself outside:

$$Q_{ECH} = V_S C_S (t_{CH} - t_B), \quad (36)$$

where C_S – is the volumetric heat capacity of the substrate; t_{CH} – the temperature of the substrate at the exit from the biogas device;

t_B – is the initial temperature of the substrate. Heat consumption in the environment:

$$Q_{IS} = k F_{QM} (t_O - t_I), \quad (37)$$

where k is the coefficient of thermal conductivity; F_{QM} – is the magnitude that characterizes the surface of SBD; T_{AM} – is the temperature of the ambient air.

Energy loss of biogas released from the bioreactor:

$$Q_{KG} = V_{BG} C_{BU} (t_{BG} - t_O), \quad (38)$$

here is the daily output volume of V_{BG} – biogas; C_{BU} – biogas has a volumetric heat capacity of.; t_{BG} – is the temperature of biogas at the exit from SBD. The ability of biogas to generate heat is determined taking into account the following correlation:

$$Q_{TC} = 108,0 \cdot H_2 + 126,3 \cdot CO + 358,2 \cdot CH_4 \quad (39)$$

2. Conclusion

1. Based on the law of thermal conductivity when creating a mathematical model of heat exchange processes that take place in the reactor of a biogas device. 2. Analytical expressions are presented that express the dependence of thermal resistance in heat transfer on the surface and geometric dimensions of the bioreactor surface.

3. When the geometric parameters of a small-scale bioreactor and its operating modes change, a mathematical model of thermal processes is created in it.

4. Based on experimental results and theoretical studies conducted on a small biogas device, a mathematical model representing the temperature distribution by biomass volume in a bioreactor has been recommended.

Reference

1. Кильчукова О. Х. Экспериментальные исследования биогазовой установки [Текст] // О.Х.Кильчукова, Л.Р.Керимова. Матер. Междунар. научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектива-2016». Т 1. – Нальчик, 2016. – С. 343–347.
2. Ш.Ж.Имомов. Қишлоқ хўжалиги чиқиндиларидан биогаз ва ўғит олиш жараёнининг технологик асослари. док. дис. Тошкент. 2017.
3. Кильчукова О.Х., Фиापшев А.Г., Хамоков М.М. Переработка отходов птицеводства в биогазовой установке [Текст] // О. Х. Кильчукова, А. Г. Фиапшев, М. М. Хамоков. Матер. Междунар. НПК «Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ». – Курган, 2018. – С. 331–333.
4. Ж.А.Мажитов. Анализ энергетических затрат системы переработки отходов метановым сбраживанием // Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий-техникавий журнал. Бухоро- 2020. №5. 83-87.6.
5. L A Sharipov, Sh J Imomov1, J A Majitov, O S Komilov, M Z Sharipov, F Pulatova, S Abdisamatov. Modeling of heat exchange processes in the Metanetka bioenergy plant for individual use // Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012035. P. 183-189
6. Majitov J.A, Komilov O. S, Sharipov M.Z, Nazarova N. M, Raupova I. B. Bioenergy plant for climatic zones of the Republic of Uzbekistan with a solar heating system for individual use // European Journal of Molecular & Clinical Medicine ISSN 2515-8260 Volume 07, Issue 02, 2020. P.6321-6327. https://ejmcm.com/article_3746.html
7. I Marupov., Sh Imomov., D Ermatova., J Majitov., N Kholikova1., V Tagaev., and I Nuritov., Research of vertical forces for acting tractor unit // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012153. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/614/1/012153/meta>
8. Хамоков М. М. Оптимизация режимов работы установки для переработки птичьего помета [Электронный ресурс] /М.М.Хамоков[и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2012.– №7 5/01. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/18.pdf>.

9. Хамоков М. М. Разработка и обоснование параметров и режимов работы биогазовой установки для крестьянских (фермерских) хозяйств: 131 дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / М. М. Хамоков: Кабард.-Балкар. гос. с.-х. акад. им. В.М. Кокова. – Нальчик, 2012. – 166 с.
10. Суслав Д., Темнико Д. Тепловой баланс биореактора с барботажным перемешиванием биомассы // Вестник Балгородского технологического университета им. В.Г.Шухова. 2015. №1. С.182-185.
11. Беляев С. Микробиологическое образование метана в различных экосистемах // в сб. «Наука», М., 1979, с.205-220.
12. Драганов Б.Х. и др. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. М. Агропромиздат, 1990.- 463с.
13. Аксельруд Г.А. Массообмен в системе твердое тело – жидкость. – Химия, 1970. – 188 с.
14. Аксельруд Г.А., Ясыянский В.М. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость. –Д.:Химия, 1977.-254 с.
15. Захарова А. И др. Процессы и аппараты химической технологии: учеб пособие для вузов.- М.Издательский центр “Академия”, 2006.528 с.
16. Imomov Sh. Enjinerig Design Calculation of a Biogas Unit Recuperator Applied Solar Energy, September 2007, Valume 43, Issue 3, pp. 196-197.
17. Imomov Sh. Heat transfer procecc during phase back-and-forth motion with biomass pulse loading. Applied Slar Energy, June 2009, Volume 45, Issue 2, pp. 116-119.
18. Imomov Sh. Kayumov T., Usmanov K., Khakimov B., Sultonov M. The method of processing organic waste and the device for its implementation. IAP№06719, OZ. 31.01.2022.

QUYOSH PANELLARINING FIZIK XUSUSIYATLARI

A.P. Xudaynazarov., M.S. Sharipov

*Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy-ilmiy tadqiqot instituti
Toshkent shahri, Chingiz Aytmatov ko'chasi 2B, korpus 2, info@nires.uz*

Annotasiya

Quyosh panellari toza qayta tiklanadigan elektr energiya manbaining bir bo'lagi bo'lib yirik quyosh elektr stansiyalaridan tortib telefonlarni quvvatlovchi qurilmalari kabi kundalik narsalarga birlashtirildi. Ushbu qurilmalar toza va barqaror energiya manbasini ta'minlab, elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun quyosh energiyasidan foydalanadi. Quyosh panellarining samaradorligi va tejamkorligini tushunish uchun ularning fizik xususiyatlarini o'rganish juda muhimdir.

Kalit so'zlar: Quyosh elementlari, samaradorlik, harorat ko'effitsienti, baypass diodlari, degradatsiya, ultrabinafsha nurlar, quyosh panellarining o'rnatilish burchagi, fotovoltaiik

Samaradorlik. Quyosh panellarining eng muhim fizik xususiyatlaridan biri bu quyosh nurini elektr energiyasiga aylantirishdagi samaradorligidir. Samaradorlik - bu elektr quvvatining quyosh energiyasiga nisbati va odatda foiz sifatida ifodalanadi. Yuqori samarali quyosh panellari quyosh nurlarining katta qismini elektr energiyasiga aylantirishi mumkin. Fotovoltaiik texnologiyada sezilarli o'sishlar tufayli so'nggi bir necha yil ichida quyosh modullarining samaradorligi biroz oshdi. O'tgan yillar mobaynida o'rtacha samaradorlik darajasi 15% atrofida edi, ammo bugungi kunda ko'plab quyosh panellarining mavjud samaradorlik darajasi 21% yoki undan yuqori. Boshqacha qilib aytganda, ushbu panellar yuzasiga tushadigan quyosh nurlarining 21% elektr energiyasiga aylanadi.

Quyosh panelining harorat ko'effitsienti turli xil atrof-muhit sharoitlariga jumladan, harorat o'zgarishiga ta'sir qiladi. Nominal ish harorati va harorat ko'effitsienti quyosh panelining quvvati uchun muhim ahamiyatga ega. 20-30° C harorat ko'effitsienti afzalroqdir, chunki bu harorat bo'lganida panelning ishlashi barqaror bo'lishini ko'rsatadi.

Quyosh panelining spektral reaksiyasi uning yorug'likning turli to'lqin uzunliklariga nisbatan sezgirligini tavsiflaydi. Quyosh spektri ultrabinafsha nuridan ko'rinadigan yorug'likgacha (biz ko'radigan ranglarni o'z ichiga olgan) infraqizil nurgacha bo'lgan keng to'lqin uzunliklaridan iborat. Quyosh panellarida qo'llaniladigan turli materiallar va texnologiyalar turli to'lqin uzunliklariga turli darajadagi sezgirlikka ega. Barcha quyosh panellari quyosh spektri panellarning barcha qismlariga bir xil tushgani bilan bir xil natija bermaydi, agar quyosh paneli mavjud quyosh nuriga mos keladigan spektral reaksiyaga ega bo'lsa, u quyosh nurini elektr energiyasiga aylantirishda samaraliroq bo'ladi.

Quyosh panellarida Baypass diodlari blokirovka qiluvchi diodlar yoki baypass kalitlari sifatida bilishimiz mumkin, ko'plab quyosh panellari tizimlarining muhim komponentlari hisoblanadi. Ushbu diodlar quyosh panellari majmuasining umumiy ishlashi va xavfsizligini ta'minlashda, ayniqsa soya yoki yoki quyosh elementining noto'g'ri ishlashining salbiy ta'sirini oldini olish uchun quyosh panellarida qo'llaniladi.

Baypass diodlari quyosh paneli tizimining o'ziga xos talablari asosida tanlanishi kerak. Asosiy e'tibor diod kuchlanishi va oqim ko'rsatkichlari, shuningdek ularning termal xususiyatlarini o'z ichiga oladi. Bu xususiyatlar diodlar himoyalangan panellarning kuchlanish va oqim darajalariga bardosh bera olishini va ish paytida hosil bo'ladigan issiqlikka bardosh berishini ta'minlaydi. Baypass diodlari elektr tokidan shikastlangan panelni chetlab o'tishi uchun muqobil yo'lni ta'minlaydi, bu esa massivning qolgan qismiga quvvatni samarali ishlab chiqarishni davom etishiga imkon beradi.

Quyosh panellarining degradatsiyasi. Vaqt o'tishi bilan quyosh panellari yomonlasha boshlaydi. Quyosh panellarining degradatsiyasi vaqt o'tishi bilan quyosh panellarining ishlashi va samaradorligining bosqichma-bosqich pasayishini anglatadi. Bu tabiiy va kutilgan jarayon bo'lib, bunga quyosh panellariga atrof-muhit omillari ta'sir qiladi, lekin elektr energiyasini ishlab chiqarishni davom ettiradi.

Quyosh panellarining degradatsiyasiga bir qancha omillar sabab bo'ladi bularga: quyosh radiatsiyasi, quyoshdan keladigan ultrabinafsha nurlanish, quyosh ta'sirida panellaridagi materiallarning vaqt o'tishi bilan eskirishiga olib keladi, haroratning o'zgarishi, bunda ayniqsa issiq yoz va sovuq qishda harorat o'zgarishi sabab bo'ladi. Bu harorat o'zgarishlari materiallarga kichik yoriqlar keltirib chiqarishi mumkin. Yuqori namlik darajalari korroziyaga, quyosh elementlarida mikro yoriqlar va panel ichidagi elektr ulanishlari hamda qismlariga zarar yetkazadi. Quyosh elementidagi mikro yoriqlar elektr oqimiga to'sqinlik

qiladi. Yuqori sifatli panellar uchun umumiy buzilish darajasi yiliga 0,5% dan 1% gacha. Bu shuni anglatadiki, 25 yildan so'ng (ko'plab quyosh panellari uchun odatiy kafolat muddati) panelning samaradorligi 12,5% dan 25% gacha pasayishi mumkin.

Quyosh panellarini muntazam ravishda kuzatib borish va ularga texnik xizmat ko'rsatish har qanday muammolarni erta aniqlash va ularni tezda hal qilish uchun muhim ahamiyatga ega.

Quyosh panellarining egilish burchagi va yo'nalishi energiya ishlab chiqarishni maksimal darajada oshirish uchun fotovoltaiik (PV) tizimini loyihalashda hal qiluvchi ahamiyatga ega hisoblanadi. Bu omillar quyosh panellarining kun davomida va fasllarda quyosh nurini qanchalik samarali ushlab aniq qiladi.

Maksimal energiya ishlab chiqarish uchun optimal burchak:

- Quyosh panellarining optimal egilish burchagi geografik joylashuvga va kerakli energiya chiqishiga qarab o'zgaradi.
- O'rnatish uchun ruxsat etilgan optimal egilish burchagi ko'pincha joyning kengligiga teng bo'ladi. Bu burchak panellarga bir yil davomida eng to'g'ri quyosh nurini olish imkonini beradi.

Biroq, egilish burchagini mavsumga qarab biroz sozlash energiya ishlab chiqarishni yanada optimallashtirishi mumkin. Panellar qishda quyosh nurini pastroq burchak ostida olish uchun tikroq, yozda esa haddan tashqari qizib ketmaslik uchun kamroq egilishini ta'minlash kerak.

Maksimal energiya ishlab chiqarish uchun optimal burchakning ta'siri ahamiyatli. Quyosh panellarining yo'nalishi kun va yil davomida ularning energiya ishlab chiqarishiga ta'sir qiladi. Sharqqa qaragan panellar ertalab ko'proq quyosh nurini oladi va shu soatlarda quvvat talab qiladigan sohalar uchun javob beradi. G'arbga qaragan panellar tushdan keyin ko'proq quyosh nurini oladi va kunning kechki energiya talablari uchun foydalidir. Shimolga qaragan panellar energiya ishlab chiqarish uchun unchalik samarali hisoblanmaydi, lekin janubga yo'naltirish mumkin bo'lmagan maxsus bino yoki joylar uchun mos bo'lishi mumkin.

Xulosa

Quyosh panellarining fizik xususiyatlarini tushunish ularning qayta tiklanadigan energiya tizimlarida to'liq imkoniyatlaridan foydalanish uchun juda muhimdir. Samaradorlik, harorat koeffitsienti, spektral reaksiya va shu kabi omillar quyosh panelining ishlashi va muayyan joylarga mos kelishiga yordam beradi. Bundan tashqari, bypass diodlari va egilish burchagi kabi fikrlar quyosh panellarining samaradorligi va chidamliligini yanada oshirishga xizmat qiladi. Dunyo toza energiya manbalariga o'tishda davom etar ekan, bu fizik xususiyatlar quyosh energiyasi tizimlarini ishlab chiqish va joylashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Green, MA (2009). Quyosh batareyasi samaradorligi jadvallari (35-versiya). Fotovoltaiikadagi taraqqiyot: tadqiqot va ilovalar, 17 (5), 320-326.
2. Kivalov, SZ va Sato, K. (2005). Erdagi fotovoltaiik ilovalar uchun quyosh batareyalarining spektral javob o'lchovlari. Fotovoltaiikadagi taraqqiyot: tadqiqot va ilovalar, 13(1), 7-26.
3. De Soto, W., Klein, SA va Beckman, WA (2006). Fotovoltaiik massivning ishlashi uchun modelni takomillashtirish va tasdiqlash. Quyosh energiyasi, 80(1), 78-88.
4. Li, Z., Liu, B. va Jiao, Y. (2015). Maksimal quvvat nuqtasini kuzatishni boshqarish strategiyalari: keng qamrovli ko'rib chiqish. IEEE Transactions on Power Electronics, 30(7), 3770-3785.
5. Paudel, NR va Habberlin, H. (2014). Nishab burchagi va orientatsiyaning quyosh fotovoltaiik tizimining mavsumiy ishlashiga ta'siri. 29-Evropa fotovoltaiik quyosh energiyasi konferentsiyasi va ko'rgazmasi materiallarida (2225-2230-betlar).
6. Фолькер Куашинг. (2013). Системы возобновляемых источников энергии.
7. <https://naukatehnika.com>
8. <https://solarteam.com.ua>
9. <https://srcyrl.feeo-pv.com/>

INVESTIGATION OF THE SEDIMENTATION PROCESS IN MWCNT BASED NANOFLUIDS WITH AN INFLUENCE OF SURFACTANT

D. Jalilov*, T. Juraev, A Halimov, J Akhatov

Physical-Technical Institute of Uzbekistan Academy of Sciences,
Chingiz Aytmatov str. 2^b, 100084 Tashkent, Uzbekistan, *E-mail: dilshod_jalilov@list.ru

Abstract

This work carried out experimentally observation of the sedimentation process in nanofluids and also investigated the impact of surfactants on sedimentation in nanofluids. As a comparison a sedimentation process in nanofluids with surfactant was slower than in surfactant-free nanofluids. After 72 hours of observation, the process of sedimentation occurred in nanofluids at higher (0.02% and 0.03%) volume concentrations with surfactants (SDS). In addition, after 168 hours of observation, the sedimentation in surfactant free and surfactant-added nanofluids with the volume content of 0.01% and 0.02% were almost similar, whereas for 0.03 % volume concentration the sedimentation was much more different.

1. Introduction

The concept of using nanofluids as a heat carrier provides an enhancement of the thermal performance of thermal systems, i.e., solar thermal collectors. As a dilute liquid, nanofluid was first introduced in [1]. The importance of nanofluid application in energy systems includes higher thermal conductivity; good stability; and negligible influence in pumping power due to pressure drop and pipe wall attrition. Nanofluid is a product of dispersing nanoparticles of 1-100 nm [2] size in the base fluid, such as distilled water, ethylene glycol, and oil. The advantages of nanofluids are described with an increasing the heat transfer characteristics of base fluid regarding the enhancement of thermo-physical properties of the base liquid, such as thermal conductivity, specific heat capacity, density, and viscosity. Moreover, the potential using nanofluids as heat transfer fluid in solar thermal systems, by means of flat-plate solar collectors experimentally showed in [3] that the enhancement of energy efficiency up to 13.1 %, under 1000 W/m². However, some issues, such as agglomeration, coagulation, interfacial contacts between nanoparticles and nanolayers, sedimentation, ultrasonication time, and working temperature during the preparation process, can have an effect on the heat transmission properties of nanofluids. The sedimentation process, which can show the rate of stability of nanoparticles in distributed fluids, is one of the key impacts. In [4] work studied the sedimentation process in nanofluids with the various volume concentration of SiO₂ and Al₂O₃ nanoparticles, which shows the 72 h observation results for sedimentation process. Accordingly, sedimentation and agglomeration in nanofluids depend to a large extent on size and concentration of nanoparticles. As an outcome in order to remain good nanoparticles dispersed in the base fluids loading or under normal conditions, also, to obtain near zero of the zeta potentials of the surfaces. Also have been investigated the influence of Surfactant, such as polyacrylamide (PAM) and polyethylene glycol (PEG) polymers to get satirically stabilization of TiO₂ nanoparticles [5]–[7].

Moreover, it is still challenge that to study the impact of Surfactant on the stability of nanoparticles in dispersed fluid, namely reduce the occurring the process of sedimentation.

Analyzing earlier mentioned established works and publications we have pursued the aim that to investigate the process of sedimentation visually within the 720 h (30 days).

2. Methodology

2.1 Nanofluid preparation

There are several methods for preparing the nanofluids by dispersing nanoparticles in base fluids, such as the widely used "Single-step method" and "Two-step method". Numerous study studies have been conducted, and they all agree that the "two-step technique" is both popular and effective. In this stage, we will prepare MWCNT-based nanofluids under room temperature and atmospheric pressure using a "Two-step technique" with varying concentrations. MWCNT nanoparticles with the volume concentrations of 0.01%, 0.02%, and 0.03% were suggested and added to DW (distilled water) as the basic fluid. Following mechanical mixing, the suspension was ultrasonically disseminated for 30 minutes at a temperature range of 25-33 °C. The sonication strength and frequency during ultrasonic processing were 100 W and 40 kHz, respectively. The "Two-step method's" process for preparing nanofluids is shown in Fig. 1.

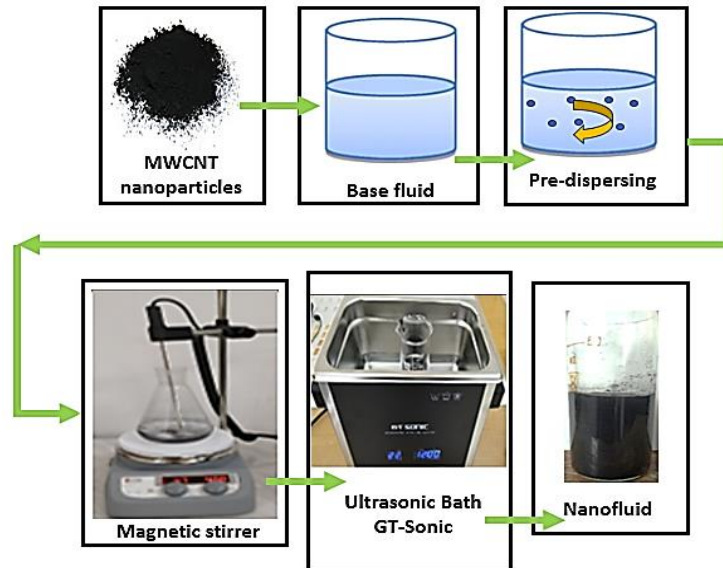


Fig. 1. Algorithm of nanofluid preparation. [8]

2.2 Surfactant additive

To achieve the stability of the nanofluids suspension, different techniques such as ultrasonic tools, pH regulation of the nanofluid, or the addition of surface-active substances (surfactants) are used in the preparation process. Generally, surfactants are utilized in nanofluid as stabilizing agents and it affect interfacial characteristics the base fluid, to avoid the sedimentation of nanoparticles in the nanofluid[9]. Various varieties of surfactants have been used in many studies for various categories of nanofluids. The detailed information about various types of Surfactants presented in Table 1.

Table.1: A list of surfactants and dispersants and their manufacturers [10]

Surfactant/Dispersant	Chemical formula	Description
Gum Arabic	Complex mixture of arabinogalactan oligosaccharides, polysaccharides and glycoproteins	Crystalline powder, slightly beige in color
Oleic Acid	$C_{17}H_{33}COOH$	Clear liquid, colorless with fatty odor
Sodium Laurate Salt	$C_{12}H_{23}NaO_2$	Solid, white in color and odorless
Sodium dodecyl benzene sulfonate (NDDBS)	$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3 Na$	Crystalline powder, white or light-yellow flakes
Nitric acid	HNO_3	Colorless
Sodium hydroxide	$NaOH$	Colorless
Sodium Dodecyl Sulphate (SDS)	$NaC_{12}H_{25}SO_4$	Solid, white

In order to observe an impact of surfactant adding within the nanofluid preparation we have chosen SDS (Sodium Dodecyl Sulphate) as a surfactant, which is shown the structure of SDS (Sodium Dodecyl Sulphate) in Fig.2.

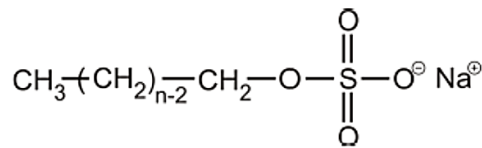


Fig. 2. Structure of Sodium Dodecyl Sulphate surfactant[11].

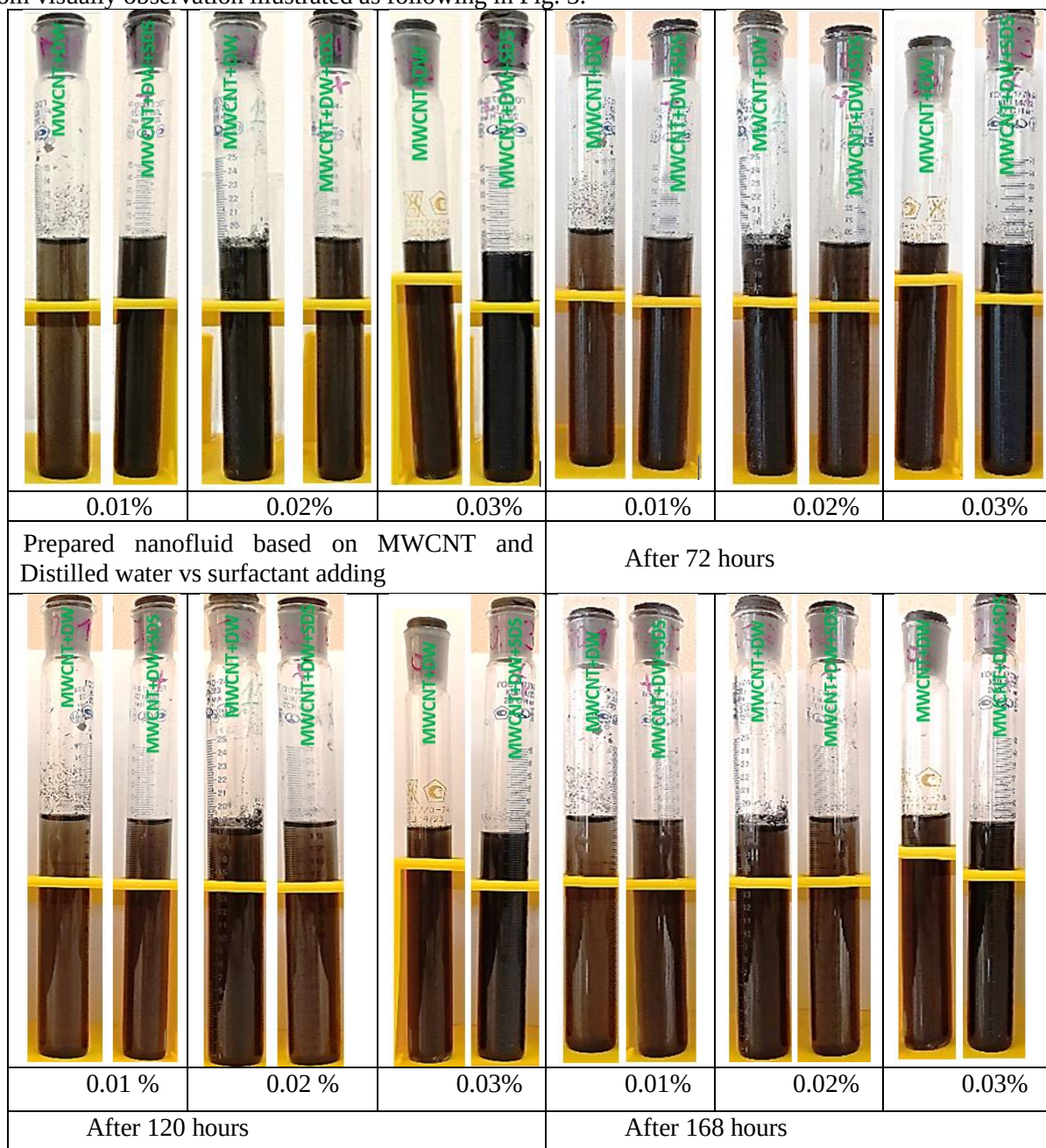
The ratio between the volume concentration of nanoparticles and surfactants are given in Table2.

Table 2. The volume fraction ratios of nanoparticles and surfactant

Nanoparticles	Base fluid		Surfactant
MWCNT (0.01 %)	DW	(distillated	SDS (0.01 %)
	water)		
MWCNT (0.02 %)	DW	(distillated	SDS (0.02 %)
	water)		
MWCNT (0.03 %)	DW	(distillated	SDS (0.03 %)
	water)		

3. Results and discussion

In accordance with conducted experiments on preparation and carried analyses, we observed the sedimentation process in nanofluids visually. As a result, the process of sedimentation increased with the increase of volume concentration, while with the addition of surfactants, this ratio was decreased. Results from visually observation illustrated as following in Fig. 3.



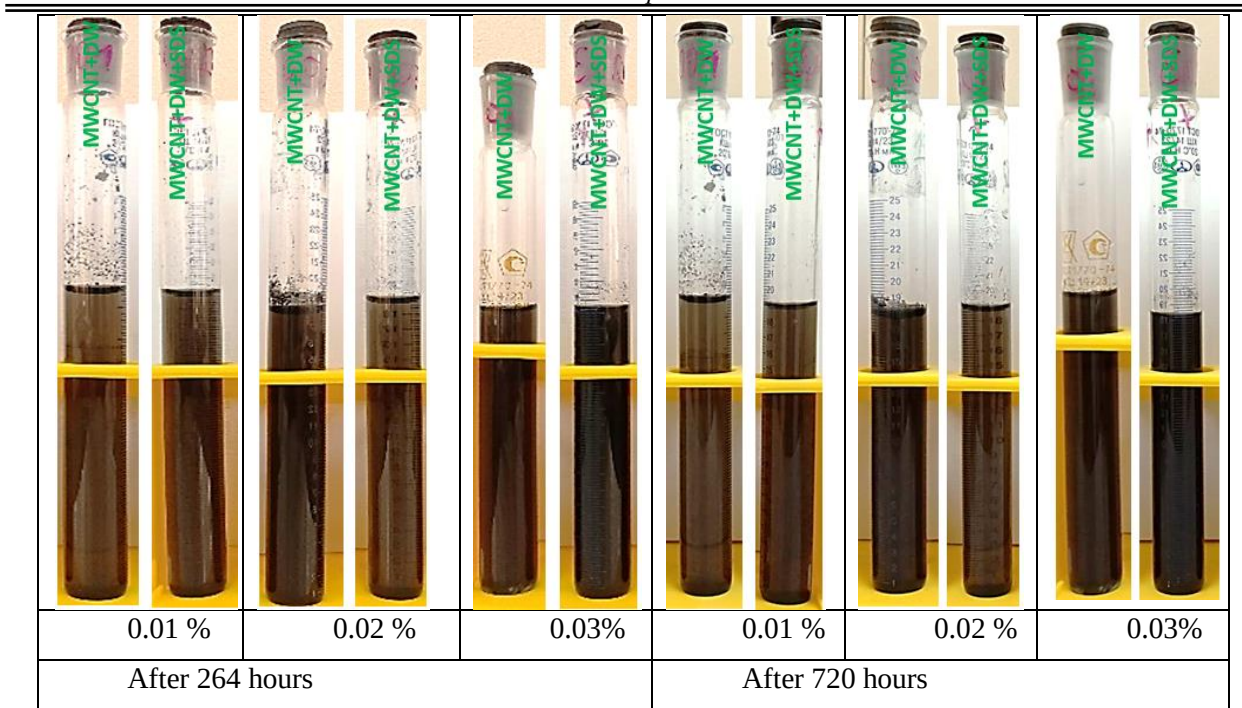


Fig. 3. Comparison the sedimentation process within the 720 hours in surfactant free and surfactant added nanofluids.

To obtain low viscosity and high thermal conductivity in order to increase the heat transfer of suspensions, larger nanoparticles should be used. [12]. But the disadvantage of using larger nanoparticles is the potential instability of nanofluids. The settlement velocity of nanoparticles (V_s) can be estimated by the formula Stokes' law, which is given in the work [13].

$$V_s = \frac{2}{9} \left[\frac{\rho_p - \rho_f}{\mu} \right] r^2 g \quad (1)$$

where g is the free fall acceleration, ρ_p is the density of nanoparticles, ρ_f is the density of the base liquid, μ is the viscosity of the suspension, r is the particle radius.

As shown in Fig.2. for prepared nanofluids based on MWCNTs, the sedimentation process was observed with and without the addition of surfactants. Accordingly, the sedimentation ratio increased with the expanding volume concentration of nanoparticles within the time processes. As a comparison sedimentation process in nanofluids with surfactant was slower than in surfactant free nanofluids. After 72 hours observation, the sedimentation occurred in nanofluids at higher (0.02% and 0.03%) volume concentrations, where in surfactant (SDS) added nanofluids. Furthermore, after 168 hours of observation, the sedimentation in free surfactant and surfactant-added nanofluids with the volume content of 0.01% and 0.02% was almost similar, whereas for 0.03 % volume concentration the sedimentation was much more different. However, the sedimentation in surfactant added nanofluids with the volume concentration of 0.03% almost was not observed, where in surfactant free nanofluids observed. As a result of visually observing the sedimentation process in surfactant-free and surfactant-added nanofluids, it can be concluded that the impact of surfactants additive in nanofluids based on various types of materials can release the interfacial forces, which might be the reason for sedimentation or agglomeration of nanoparticles.

Moreover, it should be taken into consideration that the process of sedimentation in nanofluids can influence the thermal performance of thermal systems, namely solar collectors. Producing an agglomeration and sedimentation increase the viscosity of nanofluids, which expands the pumping power in accordance decrease the energy efficiency of the solar thermal system.

4. Conclusion

To conclude that the sedimentation in heat transfer fluids (nanofluids) can impact on the viscosity of pursued nanofluids, which illustrates the destroying the power system and lowering the thermal efficiency of thermal systems, namely solar thermal collectors. As a comparison sedimentation process in nanofluids with surfactant was slower than in surfactant free nanofluids. It was found the after 72 hours observation, the sedimentation occurred in nanofluids at higher (0.02% and 0.03%) volume concentrations, where in surfactant (SDS) added nanofluids. Further, it has analyzed that after 168 hours of observation, the sedimentation in free surfactant and surfactant-added nanofluids with the volume content of 0.01% and 0.02% was almost similar, whereas for 0.03 % volume concentration the sedimentation was much more

different. Moreover, the sedimentation in surfactant added nanofluids with the volume concentration of 0.03% almost was not observed, where in surfactant free nanofluids observed.

Resulting of carried out experimental observation, it should be considered that adding the surfactants within the preparing nanofluids, can release interfacial forces, which are occurred the sedimentation, agglomeration and clustering. Using surfactant added heat transfer fluids, namely nanofluids in solar thermal systems, can provide the high thermal efficiency than ordinary types of heat carriers and surfactant free nanofluids.

References

1. J. A. Eastman, U. S. Choi, S. Li, G. Soye, L. J. Thompson, and R. J. DiMelfi, "Novel thermal properties of nanostructured materials," *Mater. Sci. Forum*, 1999, doi: 10.4028/www.scientific.net/msf.312-314.629.
2. K. Henderson, Y. G. Park, L. Liu, and A. M. Jacobi, "Flow-boiling heat transfer of R-134a-based nanofluids in a horizontal tube," *Int. J. Heat Mass Transf.*, 2010, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2009.11.026.
3. O. A. Alawi, H. M. Kamar, H. A. Mohammed, A. R. Mallah, and O. A. Hussein, "Energy efficiency of a flat-plate solar collector using thermally treated graphene-based nanofluids: Experimental study," *Nanomater. Nanotechnol.*, 2020, doi: 10.1177/1847980420964618.
4. J. S. Akhatov, E. T. Juraev, T. I. Juraev, and V. N. Avdievich, "Study of Sedimentation Process in Nanofluids with Various Concentrations of SiO₂ and Al₂O₃ Nanoparticles," *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 54, no. 6, pp. 428–432, Dec. 2018, doi: 10.3103/S0003701X18060026.
5. J. L. Deissa, P. Anizan, S. El Hadigui, and C. Wecker, "Steric stability of TiO₂ nanoparticles in aqueous dispersions," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 106, no. 1, pp. 59–62, Jan. 1996, doi: 10.1016/0927-7757(95)03353-X.
6. M. F. Islam, E. Rojas, D. M. Bergey, A. T. Johnson, and A. G. Yodh, "High weight fraction surfactant solubilization of single-wall carbon nanotubes in water," *Nano Lett.*, 2003, doi: 10.1021/nl025924u.
7. R. Bandyopadhyaya, E. Nativ-Roth, O. Regev, and R. Yerushalmi-Rozen, "Stabilization of Individual Carbon Nanotubes in Aqueous Solutions," *Nano Lett.*, 2002, doi: 10.1021/nl010065f.
8. J. S. Akhatov, T. I. Juraev, A. S. Halimov, and T. K. Karimov, "A Novel Correlation for Predicting the Dynamic Viscosity of Nanofluids based on MWCNTs," *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 59, no. 2, pp. 111–117, 2023, doi: 10.3103/S0003701X23600741.
9. J. Huang, X. Wang, Q. Long, X. Wen, Y. Zhou, and L. Li, "Influence of pH on the stability characteristics of nanofluids," 2009. doi: 10.1109/SOPO.2009.5230102.
10. H. Alias, "Engineered Nanofluids for Heat Transfer Process Intensification," no. October, p. 223, 2006.
11. B. M. Paramashivaiah and C. R. Rajashekhar, "Studies on effect of various surfactants on stable dispersion of graphene nano particles in simarouba biodiesel," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 149, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1757-899X/149/1/012083.
12. L. Li, Y. Zhang, H. Ma, and M. Yang, "An investigation of molecular layering at the liquid-solid interface in nanofluids by molecular dynamics simulation," *Phys. Lett. Sect. A Gen. At. Solid State Phys.*, 2008, doi: 10.1016/j.physleta.2008.04.046.
13. E. V. Timofeeva, D. S. Smith, W. Yu, D. M. France, D. Singh, and J. L. Routbort, "Particle size and interfacial effects on thermo-physical and heat transfer characteristics of water-based α -SiC nanofluids," *Nanotechnology*, 2010, doi: 10.1088/0957-4484/21/21/215703.

ДВУХОСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

Р.Ю. Акбаров*, Д.У. Ибрагимов, Д.А. Пулатов, Д.А. Эгамбердиев, Б. Абдусоатов

Институт материаловедения,

Ч.Айтматов 2^б, 100084, Ташкент, Узбекистан, *E-mail: aryu12@mail.ru

Аннотация

Данная работа посвящена разработке двухосных систем слежения за Солнцем для малых солнечных печей (МСП). Представлен краткий обзор по следящим системам солнечных установок. Приводится информация об известных научных центрах, где используются такие установки и области их применения. В работе представлена автоматизированная система слежения за Солнцем МСП с вертикальной оптической осью и мощностью 1500 Вт института Материаловедения АН РУз.

Ключевые слова: Солнечная установка, гелиостат, концентратор, фокус, система слежения, солнечный датчик, ось вращения, инвертор, энкодер, плата управления, блок питания, редуктор.

Введение

В настоящее время высокотемпературные солнечные установки (СУ) находят широкие применения в проведении фундаментальных и прикладных исследований в области гелиоматериаловедения, а также в других различных прикладных разработках, например, таких как получение зеленого водорода, углеводородных волокон, комплексное испытание специальных материалов и приборов и другие.

Нужно отметить, что в настоящее время многие известные научные институты и центры имеют в своем распоряжении МСП тепловой мощностью 1,5-12 кВт. Например, к их числу можно отнести NREL (USA), PROMES (France), ETH Zurich (Switzerland), DLR (Germany), The Weizmann Institute of Science (Israel) и многих других. Институт Материаловедения также ранее экспортировал аналогичные печи на известные научные центры Республики Индии и Египет. В работе [1] представлен достаточно детальный анализ технологических возможностей различных солнечных печей, используемых в решении вышеуказанных задач.

При этом необходимо отметить, что МСП должны иметь высокоточную систему слежения (СС) за Солнцем. В случае отсутствия в системе автоматизированной системы слежения за Солнцем, т.е. в ручном управлении, резко снижается эффективность установки. Например, по данным [2,3], использование СС может увеличить производительность фотоэлектрической станции в среднем от 15 до 72 % в зависимости от различных факторов.

Современные СС очень разнообразны и могут существенно различаться по стоимости, конструкции и используемым принципам управления. По типу привода различают системы с электроприводом, гидроприводом или пассивным приводом и СС могут быть одно или двухосными [4]. Таким образом, система слежения может использовать разных методов и механизмов для работы, но все они служат для того чтобы СУ путем перемещения получала как можно больше прямых солнечных лучей. Обзорные материалы и экспериментальные данные по основным характеристикам различных типов системы слежений за Солнцем представлены, например, в работах [5-8].

В последние годы в институте Материаловедения разработаны и созданы несколько высокотемпературных солнечных печей малой мощности. Одной из них является высокотемпературная солнечная печь с вертикальной оптической осью и мощностью 1500 Вт (рис.1). Диаметр цельного концентратора печи 2 м, фокусное расстояние 85 см. Единичный гелиостат размером 2.5х2.5м состоит из 25 фацет. Максимальная концентрация солнечного излучения оценивается в 6000-7000 крат, а размер фокального пятна около 3см. В данной работе вкратце представлена вновь разработанная высокоточная СС для этой печи.

Двухосная система слежения

Основными узлами системы слежения установки являются мотор-редуктор (2 шт), инвертор (2 шт), плата управления, плата блока питания, усилитель и солнечный датчик. Принцип работы СС заключается в следующем: Электрический сигнал от солнечного датчика (2 сигнала для двух взаимно перпендикулярных осей X и Y) поступает на плату управления, затем сигнал после

усиления направляется на вход инвертора. Инвертор обеспечивает правильное направления вращения оси и частоты вращения двигателя. Затем, преобразованный сигнал поступает на вход тандема двигатель-редуктор. Отметим, что в системе коэффициент редукции больше 100000. В заключительной цепочке редуктор приводит в движение вала гелиостата. Аналогичная схема управления используется и для другой оси гелиостата. На рис.2 показана принципиальная схема системы слежения гелиостата. Буквы X и Y соответствует вертикальным и горизонтальным осям гелиостата, буква М означает мотор, V электрический сигнал, А относительная скорость от энкодера (в текущем исполнении системы энкодер отсутствует). На рис.3 приведены фотографии основных разработанных узлов этой системы слежения.



Рис.1. Солнечная печь

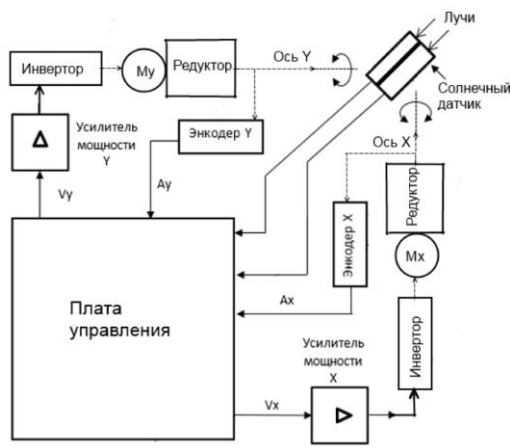


Рис.2. Принципиальная схема СС



Рис.3. Основные узлы разработанной системы слежения за Солнцем. а). Мотор-редуктор и шестерни вертикальной оси. б). Инверторы вертикальных и горизонтальных осей. в). Блок питания (слева) и плата управления (справа). г). Солнечный датчик (без корпуса).

Лабораторные испытания и тестирование узлов системы показали результаты, близкие к предусмотренным в технических заданиях. В настоящее время идет процесс монтажа системы.

Литература

1. D. Riveros-Rosas et al. Optical design of a high radiative flux solar furnace for Mexico. Solar Energy, 84(2010), pp.792–800.
2. Lee J.F., Rahim N.A. Performance Comparison of Dual Axis Solar Tracker vs Static Solar System in Malaysia. IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT), 2013, pp. 102–107.
3. Ribeiro D.B.S., Demetino G.G., Pepe I.M. Solar Trackers:Worldwide Map of Performances. 22nd International Congress of Mechanical Engineering. Ribeirno Preto, Brazil, 2013. pp.5521–5530.
4. Обухов С.Г., Плотников И.А. Выбор параметров и анализ эффективности применения систем слежения за солнцем. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т.329. №10. 95-106.
5. Emmanuel Karabo Mpodu et al. Review of dual axis solar tracking and development of its functional model. SMPM 2019. Procedia Manufacturing 35(2019), pp.580-588.
6. D V Nithin Kumar and M R Stalin John. A Review on Solar Tracking Methods. 2020 IOP Conf.Ser.: Mater. Sci.Eng. 912 042045.
7. Priti Debbarma et al. A Review on Solar Tracking System and Their Classification. International Journal of Research and Analytical Review. 2019, Volume 06, Issue 1. pp.952-958.
8. Suneetha Racharla & K. Rajan (2017). Solar tracking system - a review. International Journal of Sustainable Engineering, 10:2, 72-81, DOI: 10.1080/19397038.2016.1267816.

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-СМ

Ш.А. Аликулов, С.А. Байтелесов, Ф.Р. Кунгуров, Д.П. Таджикибаев, Д.Д. Тожибоев,
Т.Б. Файзиев

Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан, E-mail: alikulov@inp.uz

Аннотация

Выполнен анализ распределения тепловой мощности ядерного топлива в активной зоне исследовательского реактора ВВР-СМ с 24 тепловыделяющими сборками (ТВС) в активной зоне (АЗ). Расчёты распределения тепловой мощности в АЗ реактора проводились как для всех ТВС, загруженных в зону, так и каждого тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ) отдельной ТВС.

Ключевые слова: тепловыделяющая сборка, активная зона, тепловыделяющий элемент, исследовательский ядерный реактор, коэффициент запаса до начала кипения.

1. Введение

Знание тепловой нагрузки, испытываемой ТВС и её элементов, является необходимым условием безопасной работы исследовательского ядерного реактора (ИЯР). Эти расчёты проводились по программе IRT-2D [1] для конфигураций АЗ с 24 ТВС типа ИРТ-4М и представлены в таблицах 1-2 (распределение энергии нормализовано к 1).

2. Основная часть

Нами также были определены операционные пределы тепловой мощности для более высоких температур воды на входе в АЗ. Результаты анализа теплогидравлических состояний АЗ, с использованием программы PLTEMP/ANL [2], для температуры воды на входе равной 48 °С для различных конфигураций АЗ, представлены в таблице 2. Здесь представлены максимально допустимые значения операционной мощности для соблюдения каталожных рекомендаций используемых ТВС.

Все теплогидравлические параметры – тепловые потоки, температуры, параметры теплоносителя – определялись для среднего по активной зоне и максимально нагруженного ТВЭЛ. Расчет проводился для 15 точек по высоте активной зоны с координатами начиная от нижней точки ТВС (0 см) до верхней точки (60 см) через каждые 4 см.

3. Результаты

Результаты этих расчётов представлены на рис. 1.

Аксиальное распределение мощности для ТВС

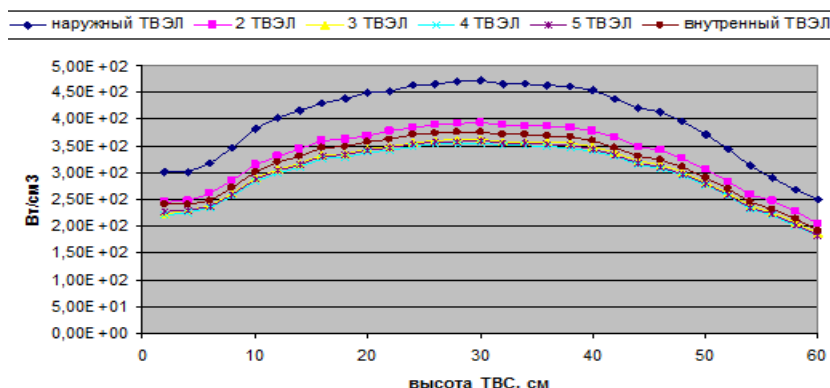


Рисунок 1. Распределение тепловой мощности по длине твэлов для ТВС в ячейке 3-4.

Из рисунка видно, что максимальное выделение тепловой мощности приходится на центральные (по высоте) области твэлов, а самым теплонапряженным местом является центр наружного твэла. Остальные 5 твэлов имеют примерно одинаковую тепловую нагрузку. Здесь уместно отметить, что при контроле герметичности оболочек ТВС необходимо обращать особое внимание на герметичность наружных твэлов.

Из таблицы 1. видно, что самой теплонапряженной является ТВС, помещённая в ячейку 3-4, но и она имеет существенный запас по тепловой нагрузке.

Таблица 1. Распределение тепловой мощности в АЗ для 24 ТВС типа ИРТ-4М

Ячейка по оси Y	Тепловая мощность, %					
6	3,918	4,314	4,207	4,038	3,577	3,247
5	3,368	4,562	5,727	5,648	4,287	2,995
4	3,3	4,471	5,615	5,568	4,332	3,109
3	3,815	4,098	3,921	3,983	4,147	3,754
Ячейка по оси X	2	3	4	5	6	7

Температура оболочки и пределы коэффициента запаса до начала кипения (КЗНК) на поверхности твэла по температуре удовлетворены для всех АЗ.

Таблица 2. Параметры установившегося теплогидравлического состояния АЗ из 24 ТВС типа ИРТ-4М.

Конфигурация АЗ	6-трубная ИРТ-4М				8-трубная ИРТ-4М			
	КЗНК	Макс. Т обол, °С	Макс. плотность энергии кВт/см ³	Положение ТВС, № ячейки	КЗНК	Макс. обол, °С	Макс. плотность энергии кВт/см ³	Положение ТВС, № ячейки
24 6-трубных ТВС	1,54	88,4	2,044	3-5				
22 6-трубных ТВС / 2 8-трубных ТВС	1,46	90,7	2,175	3-5	1,68	84,1	1,751	4-4

4. Заключение

Анализ распределения тепловой мощности ядерного топлива в активной зоне исследовательского реактора ВВР-СМ показал, что даже при консервативном подходе превышения допустимых режимов работы не происходит. При работе трех главных циркуляционных насосов, которые обеспечивают расход теплоносителя через активную зону на уровне 1250 м³/ч, кризисов теплообмена в самых энергонапряженных ТВС не возникает, а именно, температуры стенок твэлов и теплоносителя остаются ниже допустимых пределов.

Литература

- Архангельский Н.В., Программа IRT-2D, Москва, (1972), Инв. №15/642.
- Arne P. Olson and Kalimullah, "A Users Guide to the PLTEMP/ANL V3.1 Code", Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA, (2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОМНАТЫ ВАКЦИНАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО В УЧКУДУКСКОМ РАЙОНЕ НАВОИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Э.Ю. Рахимов^{1,3}, М.А. Куралов¹, А.Ю. Усманов¹, Н.Н. Далмурадова^{2,4}, М.Б. Шерматова²

¹Физико-технический институт АН РУз.

Ул. Ч. Айтматова 2Б, 100084-Ташкент, Узбекистан. www.fti.uz

²ООО "SOLAR DESIGNS",

улица Хадра 134, 4-дом, г. Ташкент, Узбекистан,

³Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики Республики Узбекистан,

⁴Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент,
ул. Университетская №2, e-mail: makuralov@gmail.com

Аннотация

В статье представлены результаты моделирования для оптимального планирования установки автономной солнечной фотоэлектрической станции для электроснабжения комнаты вакцинации медицинского учреждения, расположенного в труднодоступных местах Учкудукского района Навоинской области в рамках проекта «Оценка участков для определения потребностей в энергии и состояния инфраструктуры 30 поликлиник первичного звена в Навоийской, Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областях для разработки планов по электрификации солнечной фотоэлектрической системы» программы UNICEF. В работе были изучены технико-экономические и экологические показатели системы с учетом генерирующей мощности фотоэлектрической станции мощностью 8 кВт в Семейной поликлинике (СП) Шалхар в Учкудукском районе Навоинской области. Для анализа выходных показателей фотоэлектрической станции использовалась программное обеспечение PVsyst. При этом, для реализации исследований в программном обеспечении PVsyst, изучена и собрана база основных климатических и актинометрических показателей, таких как, температура наружного воздуха, средняя и максимальная суточная амплитуда температуры воздуха, влажность наружного воздуха, характеристика ветра, средние за сутки суммы (прямой/рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности и др. за 2005-2022 гг. на территории Навоийской области.

Ключевые слова: автономная фотоэлектрическая станция, PVsyst, моделирование, солнечная радиация, климатические и актинометрические данные, непрерывное энергообеспечение.

Введение

Экономический рост развивающихся стран тесно связан с надежным энергоснабжением, особенно в отдаленных районах, где бедность в значительной степени зависит от доступности энергетических услуг. Как заявляют многие международные организации, такие как Организация Объединенных Наций [1, 2], Всемирный банк [3] или Международное энергетическое агентство (IEA) [4], электричество обеспечивает необходимую основу для экономического, социального и человеческого прогресса, оказывая положительное влияние на промышленность, здравоохранение, образование, изменение климата, продовольствие и воду, службы безопасности и связи.

На территории РУз в качестве таких энергоресурсов наиболее актуально рассматривать использование энергии солнца, ветра, малых и горных рек, геотермальной энергии, использование отходов сельскохозяйственных производств для получения горючего биогаза. Несмотря на то, что объёмы и темпы освоения ВИЭ в стране пока значительно отстают от развитых и многих развивающихся стран, в стране за последние годы установлены значительные мощности солнечных и ветровых энергетических систем [5].

Однако известно, что из-за низкого КПД фотоэлектрических панелей (15-22%) и низкой интенсивности суммарной солнечной радиации на горизонтальной поверхности для достижения

определенного уровня мощности требуется большое пространство для установки, что в свою очередь приводит к увеличению капитальных затрат на планирование, проектирование и установку солнечных фотоэлектрических систем [6].

В рамках хоздоговора № 43363682 от 11.08.2022 «Оценка участков для определения потребностей в энергии и состояния инфраструктуры 30 поликлиник первичного звена в Навоийской, Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областях для разработки планов по электрификации солнечной фотоэлектрической системой» были разработаны проекты по электрификации 30 поликлиник первичного звена в вышеуказанных областях с помощью солнечных фотоэлектрических систем (ФЭС).

В связи с этим, в данном сообщении, на основе изучения показателей климатических данных Навоийской области и параметров электроснабжения объекта поликлиники, представлены результаты по разработке проектных решений для установки автономной ФЭС с целью непрерывного электроснабжения комнаты вакцинации семейной поликлиники (СП). Отметим, что в отдаленных по расположению от центра района медицинских учреждений необходима бесперебойное электроснабжение комнаты вакцинации для сохранности разных вакцин для их своевременного применения.

Климатические и актинометрические данные (направление и скорость ветра, влажность воздуха, минимальная и максимальная температура воздуха, атмосферное давление, наличие осадков, уровень облачности, количество поступающей прямой солнечной радиации и др.) получены из метеостанций, расположенных в Навоийской области с довольно малым временным шагом – каждые пол часа, что повышает уровень точности данных. Ниже приведены основные полученные результаты по сбору и обработке основных климатических и актинометрических показателей Навоийской области [7].

Как известно, Навоийская область расположена в центральной части республики 42°00'с.ш. 64°15'в.д. Площадь области – 110 800 км². Климат – резко континентальный, пустынный, засушливый. Климат Навои находится под влиянием местного семиаридного климата. В течение года есть небольшое количество осадков. При этом отметим, что Навои имеет холодный степной климат (BSk) по классификации климатов Кёппена-Гейгера [8]. Температура здесь в среднем 15.8°C. В год выпадает около 227 мм осадков [9, 10].

Согласно исследованиям по оценке ресурсных показателей солнечной энергии для характерных регионов Республики Узбекистан, число солнечных дней на территории Навоийской области составляет 2900-3000 часов [11]. Согласно результатам исследований, выполненным отечественными учеными [12], технический потенциал возобновляемых источников энергии в РУз составляет 270 млн. т.у.т. (из них 265,1 млн. т.у.т. технический потенциал солнечной энергии), что более чем в три раза превышает ежегодную потребность в энергоресурсах (Рис.1).

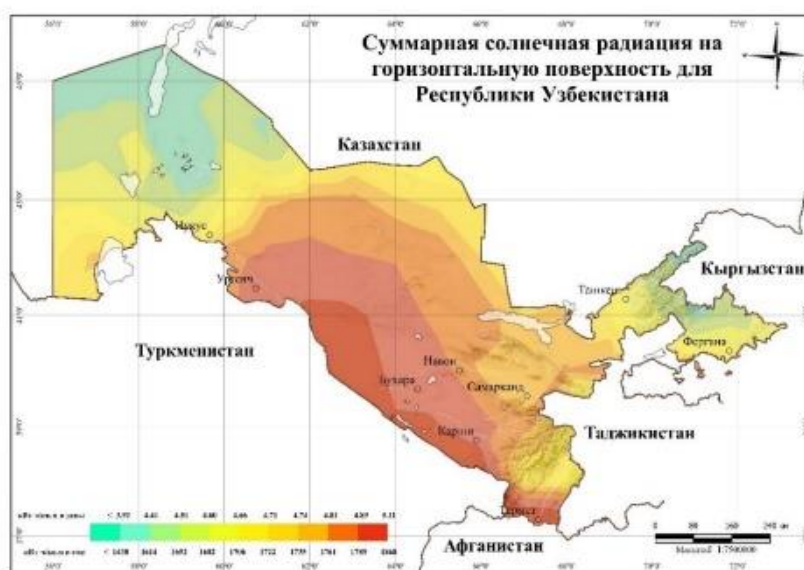


Рис.1. Карта из серии природного потенциала Солнечной энергии РУз. для определения сумм суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность (GHI).

На рис. 2 показан спутниковый снимок территории СП Шалхар, который расположен примерно в 12 км от центра Учкудукского района Навоийской области.

Как видно из рис.2. нет близкого затенения с утра до вечера и нет других препятствий для технической реализации растения [13].



а
б
Рис.2 Географическое расположение (а) и спутниковый снимок (б)
медицинского учреждения Шалхар

Авторами данной сообщения изучены технико-экономические и энергетические показатели фотоэлектрической системы генерирующей мощностью 8 кВт в Учкудукском районе Навоийской области. Для анализа показателей ФЭС использовалась программное обеспечение PVsyst.

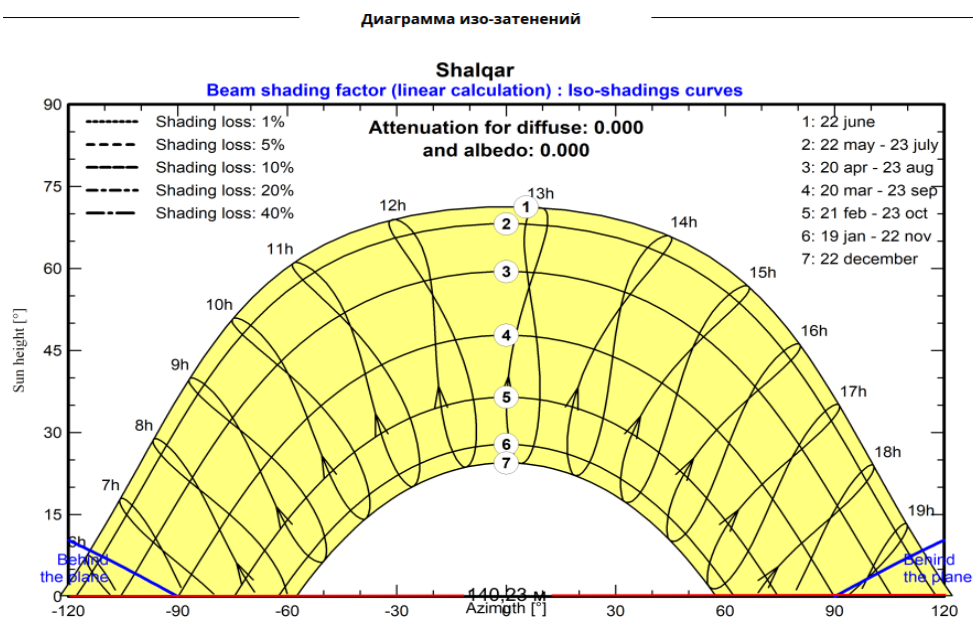


Рис. 3. Солнечный горизонт в выбранном регионе, согласно результатам PVsyst

Участок горизонта, показанный на рисунке 3, показывает, насколько доступно солнечное излучение. Красная линия представляет тень вокруг солнечного поля, а синяя линия представляет собой автоматическую тень от фотоэлектрических модулей.

Результаты моделирования установки ФЭС мощностью 8 кВт на территории медицинского учреждения Шалхар в Навоийском регионе показывают необходимость установить 16 шт. фотоэлектрических панелей мощностью 500 Вт класса А (весогабаритные размеры каждой панели – 2094x1038x35,24 кг) в южном направлении под углом 36° к горизонту, расстояние между панелями 2,20 м, 7 шт. аккумуляторной батареи емкостью по 200 Аh.

Ориентационные параметры поля включают в себя угол азимута, угол наклона, быструю оптимизацию (зима – октябрь-март, лето – апрель-сентябрь).

Полученные результаты показывают, что годовая энергия, производимая системой, составляет 11,96 МВтч/год (рис. 4).

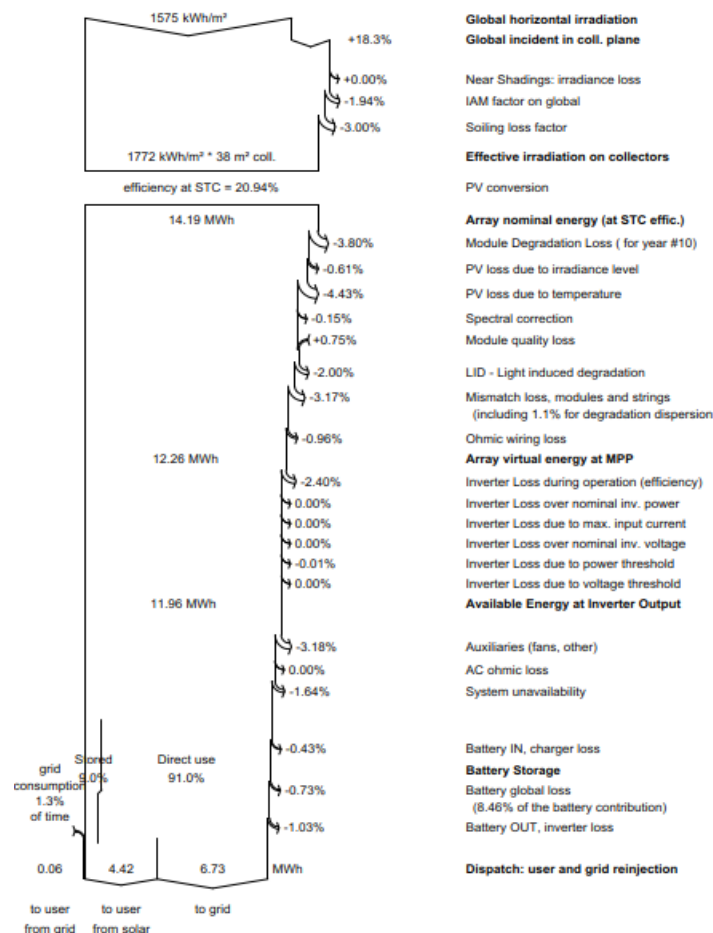
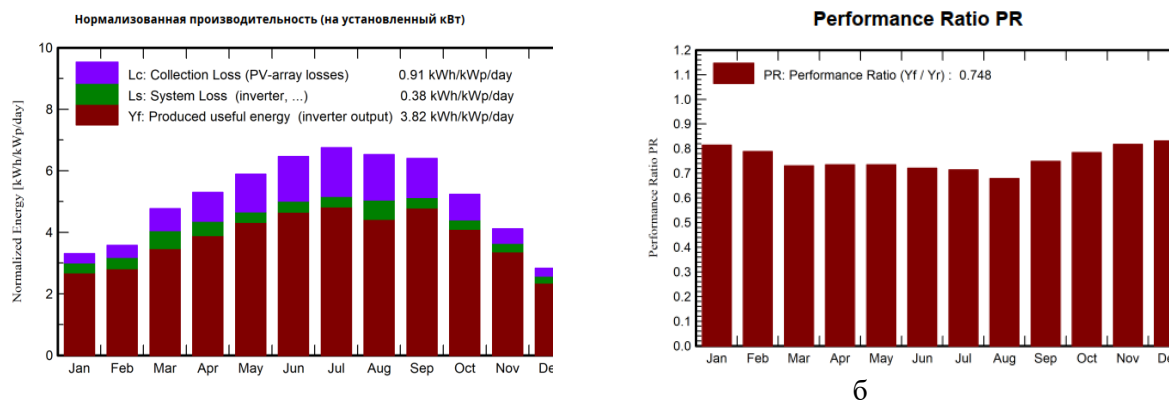


Рис. 4. Диаграмма потерь автономной фотоэлектрической системы мощностью 8 кВт.

На рис. 4 приведена диаграмма потерь фотоэлектрической системы, где при КПД 20,94% номинальная энергия батареи в стандартных условиях испытаний составляет 14,19 МВтч/год. Из-за потерь в системе, доступная энергия на выходе инвертора снижается до 11,15 МВтч/год, что показывает, что потери в системе составляют около 21,42%.



а

б

Рис. 5. Нормализованное производство (а) (на установленный кВтч/кВт/день) и коэффициент производительности (б).

Как видно из рис.5, нормализованный коэффициент выработки и производительности электростанции с использованием программного обеспечения PVSyst, так далее производство полезной энергии составляет 3,82 кВтч, а коэффициент производительности составляет 74,8%, эти значения двух параметров показывают, что система будет работать в хорошем состоянии.

Вывод. Результаты исследований показывают, что для непрерывного обеспечения электрической энергией, в расчете необходимой аккумуляции в сутки 13,5 кВт·ч для сохранения в требуемых условиях комнаты вакцинации СП Шалхар в Навоийском регионе, что в свою очередь диктует необходимость установить ФЭС мощностью 8 кВт, в которой 2,673 кВт·ч энергия будет использована для подачи на резервное устройство за час от ФЭС. При этом, можно сэкономить за год 5 017 500 сумов из расчета 450 сумов за 1 кВт·ч электрической энергии для юридических лиц (согласно законодательству).

В свою очередь, согласно методике расчета, применяемых нами [14], удельная экономия природного газа и Ангренского угля составляет 1434 Нм³ и 3,6 т в год, соответственно. Уменьшение выбросов CO₂ в окружающую среду при сжигании природного газа составляет 1959 кг и Ангренского угля (в зависимости от процентного содержания углерода в составе угля) от 12,45 и 19 т в год, соответственно.

Литература

1. United Nations Development Programme (UNDP). Sharing Innovative Experience: Examples of Successful Uses of Renewable Energy Sources in the South; United Nations Development Programme (UNDP): New York, NY, USA, 2003; Volume 8.
2. United Nations. Commercialization of Renewable Energy Technologies for Sustainable Development; United Nations: New York, NY, USA, 2000; ISBN 978-9-21-119966-6.
3. Energy and Mining Sector Board. The World Bank's Energy Program: Poverty Reduction, Sustainability, and Selectivity; World Bank: Washington, DC, USA, 2002.
4. International Energy Agency. World Energy Outlook 2018; OECD/IEA: Paris, France, 2018
5. Avezova N.R., Dalmuradova N.N., Toshev J.B., Farmonov A.A., Mardonova M.Sh. Renewable Energy: Scenario and Model of Development // Applied Solar Energy, 2019, V.55, PP.438–445;
6. Н.С. Имамвердиев. Выбор оптимальных территорий для установки солнечных фотоэлектрических станций: на примере Нахчыванской АР, Азербайджан // Альтернативная энергетика и экология, № 4-6 (2021), с.32-47.
7. Н.Р. Авезова, Э.Ю. Рахимов, Н.Н. Далмурадова, Насиба Далмурадова. Динамика изменения температуры наружного воздуха в Узбекистане за последние годы. VI - Международная научно-практическая конференция “Цели и пути устойчивого экономического развития” Уфа, 2021г, с.31-41
8. Geiger, R. (1961) überarbeitete Neuauflage Von Geiger, R. Köppen Geiger/Klima der Erde. (Wandkarte 1:16 Mill.) <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>
9. https://ru.wikipedia.org/wiki/Навоийская_область
10. <https://ru.climate-data.org/азия/узбекистан/Навоийская-область-725/>
11. Э.Ю. Рахимов. Автореф. дисс. на соискание доктора философии по техническим наукам, Т., 2021, с.147
12. R.R. Avezov, N.R. Avezova, N.A. Matchanov, et al., “History and state of solar engineering in Uzbekistan”, Applied Solar Energy, Vol. 48, no. 1, pp. 14–19, 2012.
13. Kumar, R., Rajoria, C., Sharma, A., & Suhag, S., Design and simulation of standalone solar PV system using PVsyst software. Materials Today: Proceedings, 5322-5328, 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.785>
14. Psomopoulos, C. S., Ioannidis, G. C., Kaminaris, S. D., Mardikis, K. D., & Katsikas, N. G. A comparative evaluation of photovoltaic electricity production assessment software (PVGIS, PVWatts and RETScreen). Environmental Processes, 2(1), 175-189, 2015.
15. Э.Ю. Рахимов, Н.Н. Далмурадова, М.А. Куралов. Оценка эффективного применения фотоэлектрических станций в системах электроснабжения многоэтажных домов. Международная научно-техническая конференция “Актуальные проблемы системы электроснабжения». Ташкент, 25-26 ноября, 2021 г. с. 475-477

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ.

Р.Х. Рахимов, Х.К.Рашидов, Ж.Х.Рашидов

*Институт материаловедения НПО «Физика-Солнца,
г. Ташкент, ул. Чингиз Айтматов 2Б, rashidow@gmail.com*

В настоящее время в переработку вовлекаются труднообогатимые руды сложного вещественного состава, характеризующиеся низким содержанием ценных компонентов, тонкой вкрапленностью и близкими физическими свойствами минералов. В этих условиях создание высокоэффективных, экологически безопасных технологий приобретает особенно важное значение. Одной из таких технологий является магнитная сепарация.

Магнитное обогащение – широко используемый способ для извлечения слабомагнитного элемента из железосодержащих минералов и других руд, основанный на различиях в магнитных свойствах составляющих компонентов. Этот простой технологический процесс характеризуется высокой эффективностью и его применение мало отражается на загрязнении окружающей среды. Однако различия в магнитных свойствах большинства природных минералов недостаточно велики для их эффективного разделения, что в отдельных случаях снижает технологические показатели обогащения, особенно слабомагнитных железных руд. С целью повышения эффективности обогащения необходимо увеличение этих различий физическими, физико-химическими, и даже химическими способами. В промышленных и лабораторных условиях часто используются процессы изменения объемных и поверхностных магнитных свойств.

Одним из таких объемных процессов является обжиг, который основан на превращении слабомагнитных железосодержащих минералов в магнитные модификации (магнетит или g-гематит) при определенных условиях (окислительная, нейтральная или восстановительная среда) при высоких (900°C - 1150°C) температурах. Этот процесс в промышленности является основным для изменения объемных магнитных свойств железосодержащих руд [1]. При этом главные проблемы – большое энергопотребление, высокая стоимость процесса обжига и загрязнение воздуха.

В данной работе приводятся результаты исследований по влиянию импульсного инфракрасного излучения генерируемого функциональной керамикой разработанной в Институте Материаловедения АН Узбекистана на железосодержащие сульфиды и оксиды.

В лабораторных экспериментах изучались некоторые железосодержащие сульфидные и оксидные минералы – пирит, арсенопирит, халькопирит, гематит, гетит. Обработка минеральных порошков тониной +0,074 мм производилась газовыми инфракрасными излучателями ГИИ-7, мощностью 7квт производства ЗАО «СиБШванк» [4], предоставленный ООО «Koytosh Koni». Излучающая керамическая поверхность была покрыта функциональной керамикой. Температура облучаемого образца измерялась в слое термопарой, ИК обжиг осуществлялся в интервале 0,5 – 1,0 час. Оценка магнитных свойств минералов по изменению удельного магнитного момента осуществлялась с помощью вибрационного магнитометра типа LDJ9600 (LDJ Electronic Inc., США). Фазовые превращения минералов после ИК радиационно-термической обжига определялись с помощью рентгеноструктурного анализа. Установлено, что при достижении максимальной температуры в слое концентрата 350°C-400°C под действием ИК обработки; удельный магнитный момент минералов увеличивается: в 50 раз для пирита, в 200 раз для арсенопирита и в 10 раз для халькопирита и гематита. При этом величина удельного магнитного момента минералов зависит как от температуры, так и от темпа охлаждения порошков. Большая разница между удельным магнитным моментом исходного и обработанного арсенопирита определяется большим сродством к кислороду мышьяка. Используя разницу в поведении различных сульфидных минералов в сложных по вещественному составу упорных рудах после их ИК обработки можно управлять технологическим процессом их обогащения, добиваясь при этом высоких показателей разделения. Результаты рентгеноструктурного анализа показали появление в ИК модифицированных сульфидных минералах магнитных фаз в виде Fe₂O₃, g-Fe₂O₃ и Fe₃O₄ в разных сочетаниях. Изменения магнитных свойств облученных минералов зависят как от содержания указанных магнитных фаз, так и от дисперсности образцов. Показанная возможность селективно-направленного изменения магнитных свойств железосодержащих минералов при их радиационно-

термической обработке открывает перспективы для создания эффективных, экологически чистых технологий переработки комплексных руд сложного состава и продуктов их обогащения. Одним из примеров использования ИК радиационно-термической обработки является возможность обогащения низкокачественного шеелитового концентрата поз. №1 (предоставленного ООО «Koytosh Koni») содержащих шеелит, пирит и гематит (Таблица №1)

Установлено, что ИК обработка низкокачественных шеелитовых концентратов позволяет интенсифицировать процесс их последующей магнитной сепарации. При этом в магнитную фракцию извлекается более 95% железа оксидного, 90% железа сульфидного (в виде магнитного пирротина) и возгоняется более 40 % серы поз. № 2 (Таблица №1).

Таблица 1. Химический состав до и после ИК модифицирования низкосортного шеелитового концентрата.

№, партии	WO ₃	Mo	S	P	As	ППП
1.	18,91	0,087	15,1	0,03	0,3	11,3
2.	65,38	0,33	3,24	0,01	0,32	0,036

Достоинством ИК радиационного воздействия является то, что в случае их реализации нет необходимости радикально изменять технологические схемы и оборудование обогатительных фабрик. Поиск будет направлен на определение оптимальных режимов, при которых происходят целенаправленные изменения магнитных свойств минерального сырья, и в разработке технологических схем и режимов для переработки конкретного упорного и оксидного минерального сырья с использованием высокоэффективного импульсного инфракрасного излучения.

Литература

1. «Электрические и магнитные свойства рудных минералов и их использование для решения минерагенических и геологических задач». В.Г. Романов стр.147-150; Вестник Чит ГУ №6(51) 2018 г.
2. «Обжиг, структура, магнитные свойства, кинетика, механизм, обжигмагнитное обогащение». Т.Чепуштанова. монография. Lambert Academic Publishing Saarbrucken Германия 2014 г.
3. «Ресурсосберегающая, энергоэффективная технология получения глинозема из вторичных каолинов Ангренского месторождения» Р.Х. Рахимов; Х.К.Рашидов; В.П.Ермаков; Ж.Х.Рашидов. Computational nanotechnology, 2016 г. выпуск 1 Москва стр.45-51.
4. Прайс-лист на продукцию ЗАО «Сиб Шванк» 2017 г.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТОРА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТАШКЕНТА

А.Э. Хаитмухамедов

Физико-технический институт АН РУз

Юнусабадский р-н, ул. Чингиз Айтматова, 2Б, 100084, Ташкент, Узбекистан; e-mail:

azizboykh90@gmail.com

Аннотация

В данной работе была проведена экологическая и экономическая оценка параболоцилиндрического концентратора для города Ташкента. Полученные результаты показывают, что нормированная стоимость тепла составляет \$16.98/МВтч, а срок окупаемости установки для населения составляет 2.4 года, а для промышленности 5.3 лет. В свою очередь, по результатам экологической оценки самое большое значение сокращение выбросов CO_2 в окружающую среду было выявлено в июле месяце около 1590 кг CO_2 (газ) в год.

Ключевые слова: параболоцилиндрический концентратор, прямая нормальная радиация, солнечная энергия, экологический анализ, экономический анализ.

1. Введение

В настоящее время чрезмерное использование ископаемого топлива в различных сферах жизни и промышленности приводит к огромным изменениям климата и глобальному потеплению [1]. Сегодня чтобы справиться с различными проблемами, связанными с потреблением ископаемого топлива, такими как загрязнение воздуха, сохранение ресурсов и изменение климата, использование чистых и возобновляемых источников энергии необходимо для достижения устойчивого будущего [2]. Солнечные тепловые технологии обеспечивают тепло без выбросов для многочисленных промышленных процессов, требующих низкий (ниже 150°C) или средний ($150\text{--}400^\circ\text{C}$) температуры. Промышленные компании по всему миру обращаются к решениям в области возобновляемых источников тепла, включая технологии солнечного тепла, для достижения социальных и экологических целей и достижения стабильности цен на энергию [3].

В 2022 году вступило в эксплуатацию больше солнечных станций по производству промышленной теплоты (SIPH), чем в любой другой год с момента начала исследований в 2017 году. В течение года было введено в эксплуатацию как минимум 114 проектов SIPH общей мощностью 30 МВт_т по сравнению с 78 завершенными проектами в 2021 году, хотя общая установленная мощность была ниже (по сравнению с 36 МВт_т). К концу 2022 года не менее 1089 SHIP общей мощностью более 856 МВт_т поставляли технологическое тепло предприятиям по всему миру. Наибольшее количество систем было в пищевой промышленности и производстве напитков, а наибольшая доля (59%) от общей эксплуатационной мощности принадлежала горнодобывающему сектору [3]. В большинстве действующих систем используются плоские солнечные коллекторы, за которыми следуют параболоцилиндрические концентраторы и коллекторы с вакуумными трубками.

Исходя из вышесказанного надо упомянуть, что по всему миру в настоящий момент установлено более 400 000 м² концентраторов и зеркал, вырабатывающих около 280 МВт солнечного тепла для более чем 500 промышленных производителей [4].

Концентрирующие солнечные системы способны работать с рабочей жидкостью при гораздо более высоких температурах, чем неконцентрирующие солнечные системы. Концентрирующие солнечные системы, в которых используются жидкие теплоносители, такие как Therminol VP-1, могут работать при температурах до 400°C [5]. Установлено, что большинство отраслей промышленности работают при температуре пара от 120 до 220°C , обеспечивая тепловые потребности различных отраслей промышленности, таких как бумажная, текстильная, пластмассовая, химическая и нефтяная [6,7]. В этом температурном диапазоне около 1 600 000 ГВт ежегодного энергопотребления идет на производство пара. Учитывая, что концентрированная солнечная энергия хорошо работает в этих температурных диапазонах, процессы, в которых в настоящее время используется этот температурный диапазон для пара, можно рассматривать как оптимальными вариантами на использование концентрирующих солнечных систем для производства промышленной теплоты [8].

В текущей работе было рассмотрено влияние климатических условий Ташкента [9] на производительность ПЦК в экологическом и экономическом контексте. В связи с этим, производительность ПЦК была изучена с экологической и экономической точки зрения для климата Ташкента.

2. Методология

2.1. Экономический анализ

Общая установленная стоимость проекта включает в себя два слагаемых прямых и косвенных затрат. Прямые затраты включают в себя затраты на приобретение солнечной установки, благоустройство площадки, систему теплоносителя, хранение тепловой энергии и непредвиденные расходы. Косвенные затраты включают затраты на проектирование, строительство и владение.

Годовые эксплуатационные расходы включают три условия: ежегодные расходы на техническое обслуживание, ежегодную стоимость страхования и годовую стоимость электроэнергии. Годовая стоимость электроэнергии — это стоимость, необходимая для привода насосов, используемых для перекачки теплоносителя. Предполагается, что 50% общей установленной стоимости предоставляется за счет кредита с номинальной процентной ставкой 5%.

Экономические показатели спроектированной солнечной станции по производству промышленной теплоты с параболоцилиндрическим концентратором оцениваются на основе нормированной стоимости тепла (LCOH).

$$LCOH = \$16.98/\text{МВтч}$$

$$LCOH = \frac{FCR \times TIC + OC}{ATP} \quad (1)$$

где $LCOH$ - Нормированная стоимость тепла, FCR - Фиксированная ставка, TIC - Общая установленная стоимость, OC - Годовые эксплуатационные расходы, ATP - Годовая чистая тепловая энергия, вырабатываемая системой

$$FCR = CRF \times PFF \quad (2)$$

где CRF – Коэффициент возмещения капитала, PFF - Коэффициент финансирования проекта.

2.2. Экологический анализ

Одним из потенциальных преимуществ использования параболоцилиндрических концентраторов для обеспечения тепловых потребностей промышленного производства является сокращение выбросов парниковых газов (ПГ). Природный газ является одним из основных видов топлив, используемых по всей стране для производства промышленной теплоты [10]. Хотя природный газ считается более чистым энергетическим ресурсом, чем уголь и нефть, из-за его более низких выбросов количество углекислого газа (CO_2) и других загрязняющих веществ, выделяющихся в результате сжигания природного газа, оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду. Основные загрязняющие вещества, выбрасываемые котлами, работающими на природном газе, включают CO_2 , твердые частицы (PM), оксиды азота (NO_x) и диоксид серы (SO_2). Термин NO_x включает смесь оксида азота (NO) и диоксида азота (NO_2). Хотя установка с параболоцилиндрическим концентратором выбрасывает некоторые загрязняющие вещества во время ее разработки и эксплуатации, такие значения в данном исследовании игнорируются.

Общий годовой выброс CO_2 в результате сжигания природного газа или предотвращение выбросов за счет использования параболоцилиндрических концентраторов рассчитывается следующим образом [11]:

$$\text{Annual } \text{CO}_2 \text{ emission} = \frac{44.010}{12.011} \times \dot{Q}_{th} \times \frac{CC}{LHV \times \eta_{Boil}} \quad (3)$$

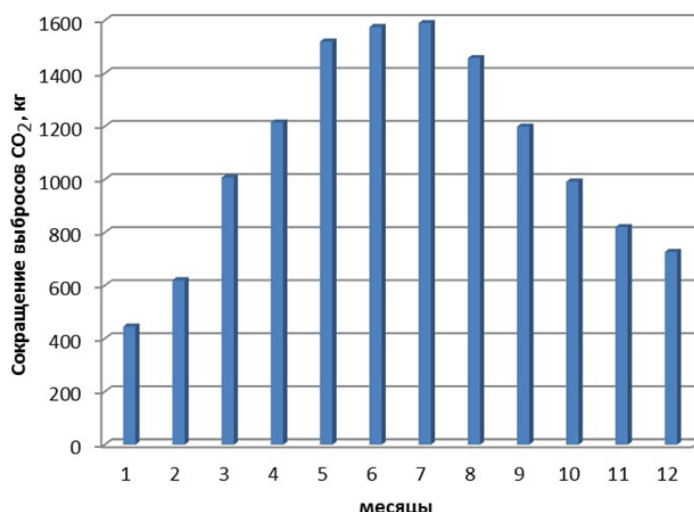


Рисунок 1. Сокращение выбросов CO₂ за счет использования параболоцилиндрического концентратора в климатических условиях Ташкента в течение года

Заклучение

В результате полученных данных, по экономической оценке, параболоцилиндрического солнечного концентратора для города Ташкента, можно сделать вывод, что нормированная стоимость тепла составляет \$16.98/МВтч. А срок окупаемости установки для населения составляет 2.4 года, а для промышленности 5.3 лет. В свою очередь, по результатам экологической оценки самое большое снижение количества выбросов CO₂ в окружающую среду получено в июле месяце около 1.6 т CO₂ (газ) за год.

Литература

1. Н.Р. Авезова, А.Э. Хаитмухамедов, М.А. Куралов. Оценка основных тепловых и энергетических показателей параболоцилиндрического концентратора. Международная научно-техническая конференция «Новые горизонты низкоуглеродного развития в мире и Узбекистане». Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии. 23-24 сентября 2022 г., г. Ташкент, стр. 117-118.
2. Kasra Mohammadi, Saber Khanmohammadi, Jake Immonen, Kody Powell. Techno-economic analysis and environmental benefits of solar industrial process heating based on parabolic trough collectors. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 47, 2021, 101412. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101412>
3. REN21. 2023. Renewables 2023 Global Status Report collection, Renewables in Energy Supply. (Paris: REN21 Secretariat).
4. Solar heat for industry. Solar payback. March 2017. Available at: <https://www.solar-payback.com/wp-content/uploads/2017/07/Solar-Heat-for-Industry-SolarPayback-April-2017.pdf>.
5. Therminol 2020 <https://www.therminol.com/product/71093459?pn=TherminolVP-1-Heat-Transfer-Fluid>
6. Fox DB, Sutter D, Tester JW. The thermal spectrum of low-temperature energy use in the United States. *Energy Environ. Sci.* 2011;4(10):3731–40. <https://doi.org/10.1039/c1ee01722e>.
7. International Renewable Energy Agency (IRENA). Solar heat for industrial processes. Technology Brief, January 2015. Available at: <https://irena.org/publications/2015/Jan/Solar-Heat-for-Industrial-Processes>.
8. Kurup P, Turchi C. Initial Investigation into the Potential of CSP Industrial Process Heat for the Southwest United States. *Natl. Renew. Energy Lab.* 2015;vol. NREL/TP-6A, no. November.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 19 – Узбекская ССР. Книга 1. – Ленинград Гидрометеиздат, стр. 280, 1989.
10. Industrial Energy Agency 2020 <http://ship-plants.info/>
11. O. May Tzuc A. Bassam L.J. Ricalde O.A. Jaramillo M. Flota-Banuelos ~ M.A. Escalante Soberanis 242 2020 118538 10.1016/j.jclepro.2019.118538.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО –ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА С РАБОЧИМ ДИАМЕТРОМ 6,36 М.

Ж. Ахадов¹, К. Самиев², М. Zhao, Y. Liu³, Б Расаходжаев¹

¹Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии,
100084, ул. Чингиз Айтматова 2Б, корпус-2. г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: ahadovj@mail.ru;

²Физико-технический институт,
100084, ул. Чингиз Айтматова 2Б, корпус-2. г. Ташкент, Узбекистан.;

³Inner Mongolia University of Technology of the Ministry of Science and Technology of the People's Republic China;

Аннотация

В данной работе результаты исследования технико –экономических показателей солнечного концентратора с рабочим диаметром 6,36 м для производства тепловой энергии и представлен экологический анализ. Средний срок окупаемости солнечного концентратора составляет 4,8 года, а годовая экономия капитала в среднем составляет \$168,31. Экологический анализ показывает, при коэффициенте выбросов CO₂ автономной системы с солнечным концентратором он составляет 0,2328 кг/кВт·час, а среднее годовое сокращение выбросов CO₂ составляет 7210,97 кг.

Ключевые слова: солнечный концентратор, технико–экономические показатели, тепловая энергия, конструкция, производительность, экологический анализ, сокращение выбросов.

Одним из путей повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения является использование солнечных концентрирующих установок для получения тепловой энергии [1-3].

Системы теплоснабжения с солнечными концентраторами во всем мире очень много применяются, но прогнозирование производительности и технико-экономический анализ солнечного концентратора для производства тепловой энергии исходя из климатических условий изучены недостаточно [3-6].

Основной целью данной научно-исследовательской работы является исследование технико-экономических показателей и проведения экологического анализа системы теплоснабжения на основе солнечного параболоидного концентратора.

В зависимости от назначения и применения солнечного параболоидного концентратора его технико-экономические показания могут существенно различаться: это солнечные параболоидные концентраторы с аккумулятором тепла, который используется в ночные время суток; комбинированные установки с другими источниками тепла, которые также могут быть использованы в ночные время суток или при облачных погодах. Исходя из вышеуказанного, учитывая последовательность работы системы преобразования и передачи солнечного тепла, целесообразно, в первую очередь рассмотрение задачи расчета технико-экономических показателей именно в "солнечной части" солнечных установок и её основных элементов (система слежения, паровой котел и выработка тепловой энергии).

Для внедрения и распространения новой технологии или установок необходимо обоснование технико-экономические параметры [1; 4]:

- сырье и материалы, соответствующие проектной потребности;
- оборудование и технологии;
- стоимость проекта, накладные расходы, налогообложение, сметные калькуляции затрат включая амортизационные отчисления на производство.

Ниже приводится оценка технико-экономических показателей с точки зрения экономии первичной энергии за счет использования возобновляемого источника - солнечной энергии для получения тепловой энергии, которую в дальнейшем можно использовать для отопления здания и горячего водоснабжения.

Общий вид основного оборудования системы теплоснабжения, разработанного с солнечного концентратора с рабочим диаметром 6,36 м, представлен на рисунке 1.



Рис.1. Общий вид разработанного солнечного концентратора с рабочим диаметром 6,36 м.

В программе Autocad подготовлена техническая документация для создания серийного производства разработанного солнечного концентратора (Рис.1.).

Расчет технико-экономических показателей. Сроки окупаемости определяются следующим уравнением

$$SPP = \frac{C_{total}}{S} \quad (1)$$

где C_{total} - общая стоимость системы (первоначальные вложения); S - годовая экономия капитала (среднегодовые денежные поступления).

Расчеты проведены по формуле (1). При этом сроки окупаемости солнечного концентратора в среднем составляет 4.8 года, а годовая экономия капитала в среднем составляет \$168.31.

В зависимости от назначения применения солнечных концентраторов, технико-экономические показатели могут существенно различаться. Например, солнечные установки с аккумулятором тепла, которые используются в ночное время суток; комбинированные установки с другими источниками тепла, которые в ночное время суток или при облачных погодах используются как альтернатива источникам энергии; многофункциональные системы, имеющие разные аккумуляторы тепловой энергии и другие источники энергии.

Экологический анализ. Для определения сокращения выбросов CO_2 используется следующее уравнение [7]

$$M_{CO_2} = \frac{44.010}{12.011} Q_u \frac{CC_{n_gas}}{LVH_{n_gas} \cdot \eta_{Boil.n_gas}} \quad (2)$$

где Q_u - вырабатываемая (полезная) тепловая энергия; CC_{n_gas} - содержание углерода в топливе (природный газ) (0.75 кг·С/кг·топлива); LVH_{n_gas} - теплотворная способность топлива (13.889 кВт·час/кг·топлива); $\eta_{Boil.n_gas}$ - КПД котла на природном газе (0.85); 44.010/12.011 - относится к стехиометрическому термину для полного окисления углерода. Расчет экологического анализа проведен по уравнению (5), при этом коэффициент выбросов в среднем составляет 0.2328 кг/кВт·час для CO_2 .

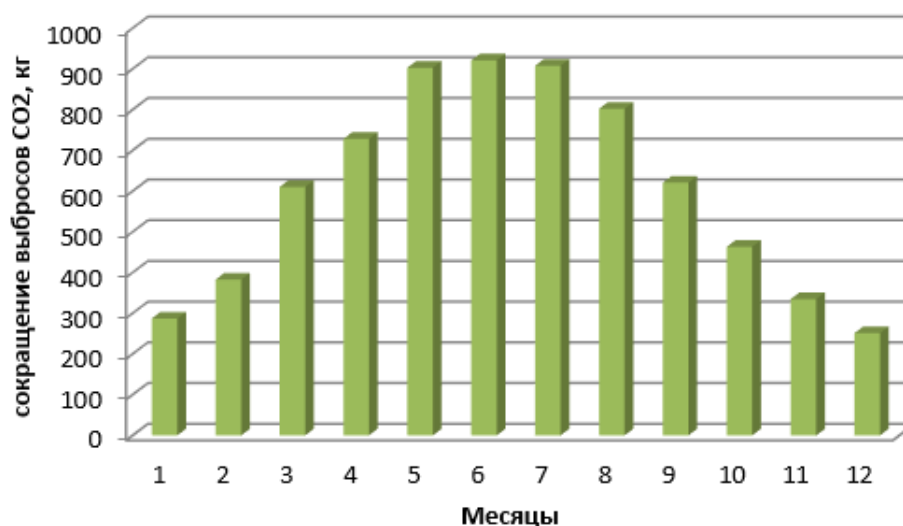


Рис.2. Зависимость сокращения выбросов CO₂ по месяцам.

Закключение

- расчеты показывают, что сроки окупаемости солнечного концентратора в среднем составляет 4.8 года, а годовая экономия капитала в среднем составляет \$168.31;
- проведенный экологический анализ показывает, что среднегодовое сокращение выбросов CO₂ в среднем составляет 7210.97 кг, при этом сокращение выбросов CO₂ в летний период высокое (900 кг в месяц).

Литература

1. Х.К.Зайнутдинова Использование солнечной энергии в Узбекистане: вопросы рынков и маркетинга // Издательство “ФАН”, Ташкент 2015г. 333 стр.
2. Smith, G. L., Wilber A. C., Gupta S. K., Stackhouse P. W. Surface Radiation Budget and Climate Classification. // Applied Optics. 2002. V. 15. PP. 1175-1188.
3. Pinker, R. T., Laszlo I. Modeling Surface Solar Irradiance for Satellite Application on a Global Scale. // Journal of Applied Meteorology. 1992, V. 31. PP. 194-211.
4. UZBTA 8008 Республика Узбекистан: Развитие солнечной энергии. Дорожная карта «Развития солнечной энергии в Узбекистане» АБР. 2014г
5. Абдурахманов А.А., Ахадов Ж.З. и другие Концентрирующие системы и выбор оптимальных параметров лучевоспринимающей поверхности //Гелиотехника, 2004. - № 3. –С.62.
6. Basem, M. Moawed, M.H. Abbood et al. The design of a hybrid parabolic solar dish–steam power plant: An experimental study / Energy Reports 8 (2022) 1949–1965
7. G.E. Carrillo Caballero, L.S. Mendoza, A.M. Martinez, E.E. Silva, V.R. Melian, O.J. Venturini, O.A. del Olmo, Optimization of a Dish Stirling system working with DIR-type receiver using multi-objective techniques, Appl. Energy 204 (2017) 271–286.

ДИНАМИКА АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА В МАТЕРИАЛЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

М.А. Салиев

В разделе приведены результаты теоретического исследования тепловых потоков внутри стены здания на основе формулы теплового поля в полуограниченном теле для периодического процесса теплопроводности [1].

Температура T_n поверхности $x = 0$ полуограниченного тела изменяется по гармоническому закону [2]

$$\vartheta_n = T_n - \bar{T} = \vartheta_0 \cos(\omega\tau) \quad (1)$$

где $\bar{T}$ - среднее значение температуры поверхности; ϑ_0 - амплитуда колебаний; $\omega = 2\pi f$ - циклическая частота колебания температуры; f - количества колебаний в единицу времени. Все эти параметры уравнения (1) определены на основе анализа данных мониторинга температуры воздуха T_v , которые близки к гармоническим колебаниям и получены для середины лета (см. ниже). Если подобные колебания продолжаются достаточно долго, то влияние начального распределения температуры на ход процесса исчезает и в теле устанавливается квазистационарное состояние, при котором температура в каждой точке совершает гармонические колебания около неизменного значения $\bar{T}$.

Распределение безразмерной температуры Θ в этом случае имеет вид

$$\Theta = \vartheta / \vartheta_0 = \cos(\omega\tau - x\sqrt{\omega/2a}) \exp(-x\sqrt{\omega/2a}), \quad (2)$$

где

$$\vartheta = T(x, \tau) - \bar{T}; \quad (3)$$

$T(x, \tau)$ - температура на расстоянии x от поверхности тела в момент времени τ ; a - температуропроводность материала тела.

Амплитуда колебаний $\vartheta_0 \exp(-x\sqrt{\omega/2a})$ быстро уменьшается с ростом x и на расстоянии, равном одной длине волны $l = 2\pi\sqrt{2a/\omega}$, составляет менее 0,2% ϑ_0 . Поэтому решение (2) можно с достаточной точностью использовать для пластины толщиной $\delta > l$.

Наряду с амплитудой изменяется и фаза колебаний температуры. В точках с координатой x момент, когда температура принимает свое среднее значение $\bar{T}$, наступает позднее чем на поверхности.

Скорость распространения тепловой волны u рассчитывается [2] как

$$u = \frac{x}{\Delta\tau} = \sqrt{2a\omega}. \quad (4)$$

Плотность теплового потока $q_{x=0}$ на поверхность полуограниченного тела:

$$q_{x=0} = \lambda \vartheta_0 \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \cos\left(\omega\tau + \frac{\pi}{4}\right) \quad (5)$$

Подставляем в (5) значения параметров периодического процесса теплопередачи стены λ , ϑ_0 , ω , и получим зависимость $q_{x=0}$ от времени τ .

Суточная динамика плотности теплового потока $q_{x=0}$ показана на Рис.1.

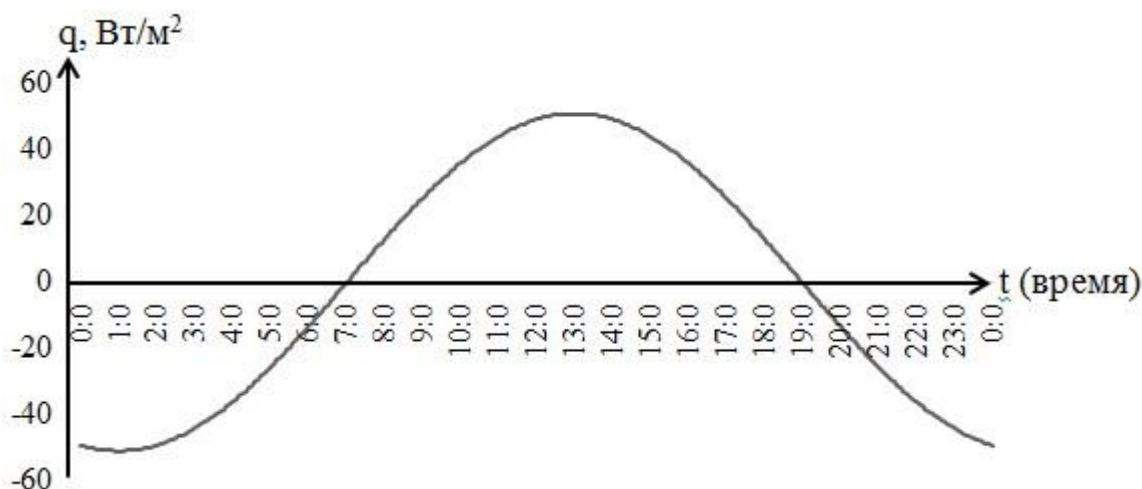


Рисунок 1 - Суточная динамика плотности теплового потока $q_{x=0}$.

Расчет тепловых потоков в ограждающих конструкциях зданий для суточных параметров температуры воздуха в условиях г.Хужанд по данным температуры воздуха середины лета дата 22.06.2021г. Исследовано суточная динамика плотности теплового потока кирпичной стены с толщиной 40 см.

Мгновенная плотность теплового потока на наружной поверхности ОК достигает 50,96 Вт/м². Интеграл от величины $q_{x=0}$ по времени t для периодических процессов равно нулю. В этом случае, суточные суммы оттока и притока энергии ОК равны и составили ± 390 Втч/м² на середину лета,

Суточная динамика среднеинтегральной температуры $T_{\text{инт}}$ стены из строительного кирпича с толщиной 0,4 м показана на рис.2 ночью с 0 до 8 часа (а), днем с 9 до 16 часов(б) и вечером с 17 до 24 часов (в).

Как видно из Рис.2 а, ночью идет процесс охлаждения наружной части стены. Днем начиная с 6 до 16 часов идет нагрев (см. Рис.2б), а вечером снова охлаждение стены (см. Рис.2в). Колебание температуры стены с наружной стороны практически не влияет на температуру стены с внутренней стороны, так как она близка к средней суточной температуре воздуха местности 30°C.

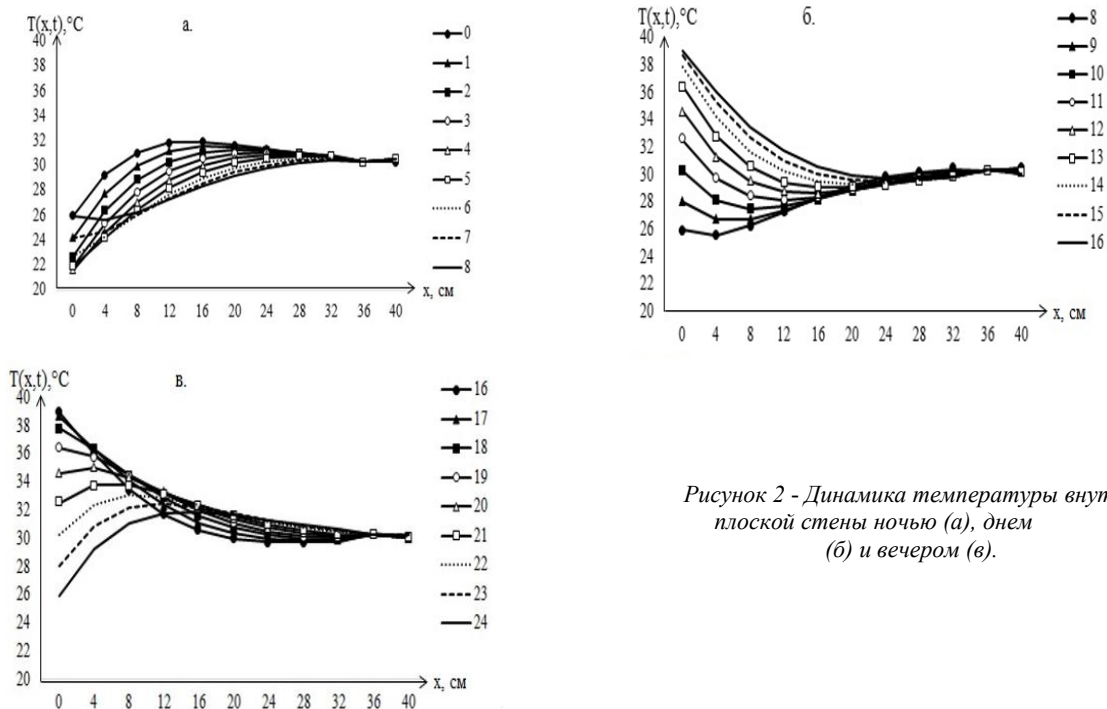


Рисунок 2 - Динамика температуры внутри плоской стены ночью (а), днем (б) и вечером (в).

Расчет суточной динамики средней интегральной температуры стены $T_{\text{инт}}$, на основе приведенной выше методики по разработанному нами алгоритму с применением средств компьютерной программы Excel.

Результаты расчета суточного хода $T_{\text{инт}}$ представлены на рис.3.

Анализ результатов расчета $T_{\text{инт}}$ представлен в таблице 3.

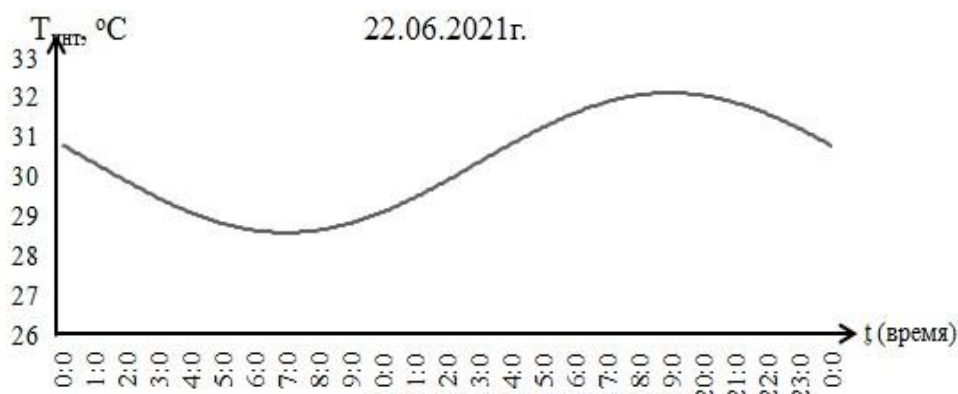


Рисунок 3 - Суточная динамика среднееинтегральной температуры $T_{\text{инт}}$ стены

Таблица 3 - Анализ результатов расчета $T_{\text{инт}}$

Интервал	Время начала	Время конца	Тинт.н	Тинт.к	Разность
отток	0.00	7.00	30,8	28,6	-2,2
приток	7.00	19.00	28,6	32,1	3,5
отток	19.00	24.00	32,1	30,8	-1,3

Расчеты показывают, что температура $T_{\text{инт}}$ стены в середине лета подвержена суточному колебанию в пределах значений от 28,6°C до 32,1°C с разностью 3,5°C. Суточное колебание $T_{\text{инт}}$ происходит по гармоническому закону. Амплитуда колебаний $T_{\text{инт}}$ составляет 1,8°C. Средняя суточная температура $T_{\text{инт}}$ стены составляет 30,3°C.

Суточная динамика интегральной плотности потока тепла и её составляющих на наружных и внутренних поверхностях стены показана на рис.4. Согласно теоретическим расчетам, для гармонических колебаний на внутренней поверхности стены средняя суточная температура стены равна 30,3°C для середины лета в условиях г. Худжанд. Тепловая энергия, аккумулированная стеной из строительного кирпича площадью 1 м² с толщиной 0,4 м составляет 2,11 МДж в интервале притока с 7.00 по 19.00 за день 22.06.21г. Ночью происходит отток этой энергии через наружную и внутреннюю поверхность стены.

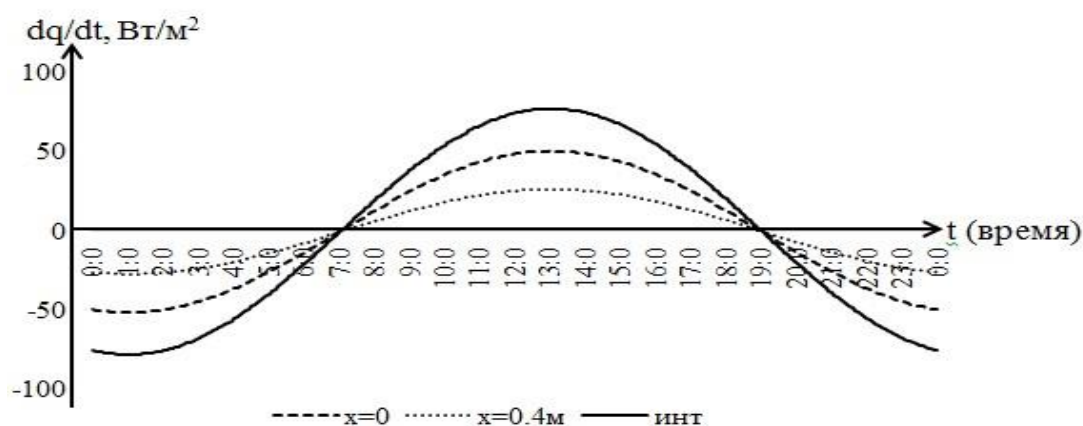


Рисунок 4 - Суточная динамика интегральной плотности потока тепла и её составляющих на наружных ($x=0$) и внутренних ($x=0,4$ м) поверхностях стены.

Как показано на Рис.4 мощность теплового потока через поверхности достигает после полудня в пике 50,9 Вт/м² и 26,7 Вт/м², соответственно.

Интегральная мощность потока тепла в пике достигает $77,6 \text{ Вт/м}^2$.

Таким образом, выявлена суточная динамика аккумулированной энергии в пассивных элементах ОК в летний период. Получена оценка величины аккумулированной энергии в дневное время и максимального значения мгновенной мощности удельных тепловых потоков через плоскую стену в летний период в условиях Центральной Азии.

Данная работа опубликована в журнале Худжандского госуниверситета [1].

Литература:

1. Динамика аккумулирования тепла в материале ограждающих конструкций зданий / М.З. Юсупова, Ф.О. Мирзокобилова, Р.Р.Назаров, М.А.Салиев // Ученые записки ГОУ «ХГУ им. акад. Б.Гафурова». Серия: Естественные и эконом. Науки. Худжанд, 2021, Т.59, №4, С.49-56.
2. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Под общей редакцией В.А.Григорьева и В.М.Зорина. М., Энергоатомиздат, 1983, 552 с.

ДИНАМИКА СРЕДНЕИНТЕГРАЛЬНОЙ ОБЪЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛОСКОЙ СТЕНЫ

М.А. Салиев, М.З. Юсупова, Ф.О. Мирзокобилова, Р.Р. Назаров

В работе [1] получена оценка изменения среднеинтегральной температуры пятиэтажного кирпичного здания при изменении наружной температуры на 1°C , которая составила $0,54^{\circ}\text{C}$. Нами исследована динамика суточного колебания среднеинтегральной объемной температуры плоской стены на основе теории периодических тепловых процессов [2].

В данной работе получены оценки изменения среднеинтегральной температуры плоской стены для условий стационарной и нестационарной теплопроводности, которые сравниваются с результатами работы [1].

В случае стационарной теплопроводности распределение температуры внутри плоской стены в направлении x определяется выражением [3,4]

$$T(x) = C_1 x + C_2.$$

Находим постоянные C_1 и C_2 по граничным условиям, которые задаются температурой наружной T_n и внутренней T_b поверхности стены:

$$T(x) = C_2 \text{ при } x = 0,$$

$$\text{или } C_2 = T(0) = T_n,$$

$$T(x) = T_b \text{ при } x = \delta,$$

$$C_1 = (T_b - T_n) / \delta,$$

$$(T_b - T_n) = \Delta T,$$

$$C_1 = \Delta T / \delta$$

где δ – толщина стены, ΔT – разность температур поверхностей стены.

В стационарном процессе температура неизменна во времени во всех точках твердого тела. Среднеинтегральная температура плоской стены равна средней температуре (или температуре в середине стены в точке $x = \delta/2$)

$$T_{\text{инт}} = T_{\text{ср}} = T(\delta/2) = (\Delta T / \delta)(\delta/2) + T_n = T_n + \Delta T/2$$

или

$$T_{\text{инт}} = T_n + \Delta T/2 = T_n - (T_b - T_n) / 2 = (2T_n - T_b + T_n)/2 = (3T_n - T_b) / 2.$$

Сравним $T_{\text{инт}}$ для двух стационарных условий T_n и $T_n + 1^{\circ}\text{C}$, т.е.

$$T_{\text{инт}} = (3T_n - T_b)/2 = 3T_n / 2 - T_b / 2$$

$$\text{и } T'_{\text{инт}} = [3(T_n + 1^{\circ}\text{C}) - T_b] / 2 = 3T_n / 2 + 1^{\circ}\text{C} / 2 - T_b / 2.$$

Откуда находим

$$\Delta T_{\text{инт}} = T'_{\text{инт}} - T_{\text{инт}} = 0,5^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, среднеинтегральная температура изменится на $0,5^{\circ}\text{C}$ при изменении наружной температуры стены на 1°C для стационарных условий.

Для нестационарных условий скорость изменения среднеинтегральной температуры $T_{\text{инт}}$ ограждающих конструкций зависит от скоростей изменения температур наружного и внутреннего воздуха.

Проведем расчет изменения $T_{\text{инт}}$ при разности температуры 1° для случая периодического колебания наружной температуры кирпичной стены. В этом случае сравниваются результаты расчета $T_{\text{инт}}$ при двух значениях амплитуды колебаний температуры наружной поверхности стены A_0 и $A_0 + 1^{\circ}$.

Обозначим $A_{\text{инт}}$ амплитуду колебаний $T_{\text{инт}}$. Согласно нашим данным, приведенным в работе [2] при амплитуде $A_0 = 8,7^{\circ}\text{C}$, $A_{\text{инт}}$ составила $1,75^{\circ}\text{C}$.

При линейной зависимости амплитуд получим два выражения

$$A_{\text{инт}} = k A_0 \quad \text{и} \quad A'_{\text{инт}} = k (A_0 + 1^{\circ}).$$

Находим коэффициент k по известным значениям A_0 и амплитуды $A_{\text{инт}}$

$$k = A_{\text{инт}} / A_0 = 1,75^{\circ}\text{C} / 8,7^{\circ}\text{C} = 0,2.$$

Находим изменение амплитуды $\Delta A_{\text{инт}}$ при изменении $\Delta A_0 = 1^{\circ}\text{C}$.

$$\Delta A_{\text{инт}} = A'_{\text{инт}} - A_{\text{инт}} = k (1^{\circ}\text{C}) = 0,2^{\circ}\text{C}$$

Таким образом, изменение амплитуды среднеинтегральной объемной температуры стены при изменении амплитуды температуры на наружной поверхности стены на 1°C для условий теплообмена составляет $0,2^{\circ}\text{C}$.

При периодическом колебании температуры наружной поверхности стены имеется динамическая характеристика равная отношению амплитуды колебаний среднеинтегральной температуры стены и амплитуды колебаний температуры поверхности стены $k = A_{\text{инт}} / A_0$.

Изменение амплитуды среднеинтегральной объёмной температуры стены при изменении амплитуды колебаний температуры на наружной поверхности стены на 1°C для нестационарных условий периодического процесса теплообмена составляет $0,2^\circ\text{C}$.

При суточном колебании разность среднеинтегральной температуры в максимуме и минимуме составляет $3,5^\circ\text{C}$ и равняется двум амплитудам $1,75^\circ\text{C}$. В точках экстремумов суточного колебания среднеинтегральной температуры стены для двух случаев ΔT и $\Delta T + 1^\circ\text{C}$, разность среднеинтегральной температуры достигает 2 амплитуды и составляет $0,4^\circ\text{C}$.

В работе [1] показано, что для пятиэтажного кирпичного дома объемом 19730 м^3 при статической отопительной характеристике $q_{\text{ст}} = 0,233 \text{ Вт}/(^\circ\text{C м}^3)$ максимальная мощность системы отопления в статическом режиме составляет 233 кВт. При изменении температуры наружного воздуха на 1°C мощность тепловых потерь изменяется на 4,66 кВт. В течение суток расход тепла на компенсацию тепловых потерь за счет приращения мощности тепловых потерь на 4,66 кВт составит 0,4 ГДж. Средняя интегральная температура по окончании переходного процесса изменится на $0,54^\circ\text{C}$, аккумулированное ограждающими конструкциями тепло изменится на 1 ГДж. Потери тепла плоской стеной в зимний период близко к стационарному процессу. В летний период имеет место нестационарный периодический процесс теплопередачи.

Таким образом, получена теоретическая оценка изменения среднеинтегральной объёмной температуры плоской кирпичной стены при изменении температуры наружного воздуха на 1°C , которая составляет $0,5^\circ\text{C}$ и $0,2^\circ\text{C}$, соответственно для стационарного и нестационарного случаев.

Полученные в данной работе результаты могут быть использованы для расчета динамических тепловых характеристик ограждающих конструкций, динамики тепловых потерь зданий, управления режима отопления зданий с учетом реальной динамики температуры наружной поверхности стен. Это позволяет совершенствовать программы автоматического управления систем отопления зданий, обеспечит работу системы в экономных режимах.

Литература

1. Афанасьев, В.В. Исследование нестационарных тепловых режимов отопления зданий и сооружений / В.В. Афанасьев, В.Г. Ковалев, В.А. Тарасов, В.В. Тарасова и др. // Вестник Чувашского университета. - 2015. № 1. - С.20-28.
2. Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О., Назаров Р.Р., Салиев М.А. Суточная динамика аккумулирования тепла ограждающими конструкциями зданий / Ученые записки ХГУ им. акад. Б.Гафурова. Естеств. и эконом. науки. - 2021г. - №4 (59). - С. 49-56.
3. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция / В.Н. Богословский, В.П. Щеглов, Н.Н. Разумов // М.: Стройиздат. -1980. -296стр.
4. Крейт Ф., Блек У. Основы теплопередачи / М.: Изд. «Мир». -1983. -512 стр.
5. Салиев М.А., Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О., Назаров Р.Р.- Динамика среднеинтегральной объёмной температуры плоской стены. Материалы республиканской научно-практической конференции ХГУ им. акад. Б.Гафурова, Худжанд, 16-17 март 2023г., стр. 236-238.

МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВОЙ МАССЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

М.А. Салиев, Э. Джураев

Введение

Ранее нами была теоретически получена формула для временной зависимости $T_{\text{инт}}$ для периодического теплового процесса с помощью которого могут быть определены мгновенные, средние часовые, суточные, месячные значения $T_{\text{инт}}$ и $W_{\text{акк}}$, также для другого заданного интервала времени [1]. В данной работе исследуется динамика тепловой массы ограждающих конструкций (ОК) зданий в летний период. Обоснована методика исследования суточной динамики тепловой массы ОК здания на основе данных мониторинга температуры наружной $T_{\text{нар}}$ и внутренней $T_{\text{вн}}$ поверхности ОК зданий и сооружений. Описывается разработанная нами устройство для автоматического контроля и управления тепловой массой.

Устройство представляет собой информационную систему для непрерывного мониторинга температуры и влажности воздуха, $T_{\text{нар}}$ и $T_{\text{вн}}$.

Устройство обеспечивает измерение, индикацию, запись, хранение данных. Оно состоит из микрокомпьютера, блока питания, датчиков температуры, панели индикации, флеш-карты с объемом памяти 8 Гбайт.

1. Обоснование методики определения динамики тепловой массы здания

Методика контроля и управления тепловой массы зданий, сооружений основана на определении суточной и сезонной изменений аккумулированной энергии $W_{\text{акк}}$ в материале ограждающей конструкции (ОК) здания.

Мгновенное значение $W_{\text{акк}}$ равна произведению массы $m_{\text{ок}}$, теплоёмкости $c_{\text{ок}}$ и среднеинтегральной объёмной температуры $T_{\text{инт}}$ ОК. По определению

$$W_{\text{акк}} = m_{\text{ок}} c_{\text{ок}} T_{\text{инт}} \quad (1)$$

Уравнение (1) имеет константу $m_{\text{ок}} c_{\text{ок}}$ и одну переменную величину $T_{\text{инт}}$.

Динамика аккумулированной энергии $W_{\text{акк}}$ ОК полностью определяется суточным и сезонным изменением $T_{\text{инт}}$.

Для оценки суточного изменения тепломассы ОК зданий предложено использование разности максимального и минимального значения аккумулированной тепловой энергии в течении дня:

$$\Delta W_{\text{акк}} = c_{\text{ок}} m_{\text{ок}} \Delta T_{\text{инт}} \quad (2)$$

$$\Delta W_{\text{акк}} = W_{\text{акк}} (\text{max}) - W_{\text{акк}} (\text{min}),$$

$$\Delta T_{\text{инт}} = T_{\text{инт}} (\text{max}) - T_{\text{инт}} (\text{min}) \quad (3)$$

Формулы (1) – (3) ниже используются для расчета изменений тепломассы ОК.

2. Суточная динамика аккумулированного тепла ОК зданий

В работе [1] проведен расчет суточного колебания $T_{\text{инт}}$ для середины лета с применением теории периодической теплопередачи плоской стены. Показано, что амплитуда $A_{\text{инт}}$ колебаний температуры составляет $1,8^\circ\text{C}$ при амплитуде колебаний температуры наружной поверхности $T_{\text{нар}}$ плоской кирпичной стены составляет $8,5^\circ\text{C}$ при интервале значений $22^\circ\text{C} < T_{\text{нар}} < 39^\circ\text{C}$.

Суточное изменений $\Delta W_{\text{акк}}$ ОК зданий определяется выражением (2)

$$\Delta W_{\text{акк}} = c_{\text{ок}} (\rho V) \Delta T_{\text{инт}} \quad (4)$$

где

$$\Delta T_{\text{инт}} = T_{\text{инт}} (\text{max}) - T_{\text{инт}} (\text{min}) = 2A_{\text{инт}} = 3,5^\circ\text{C} \quad (5)$$

Величина $\Delta T_{\text{инт}}$ определяется разницей суточного максимального и минимального значения $T_{\text{инт}}$, равной двойной амплитуде колебаний $2A_{\text{инт}}$.

Проведем расчет суточного изменений $\Delta W_{\text{акк}}$ для стены из строительного кирпича толщины 0.4 м, площади стены равной 1 м^2 :

$$\Delta W_{\text{акк}} = (837 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})) (1800 \text{ кг}/\text{м}^3) (0,4 \text{ м}) (1 \text{ м}^2) (3,5^\circ\text{C}) = 2109240 \text{ Дж}$$

Аккумулированная тепловая энергия стеной $\Delta W_{\text{акк}}$ составляет 2,11 МДж для интервала притока с 7.00 по 19.00 за день 22.06.21г. Ночью происходит отток этой энергии через наружную и внутреннюю поверхность стены.

4. Сезонная динамика аккумулирования тепла ОК

Мониторинг $T_{\text{нар}}$ и $T_{\text{вн}}$ в период летнего максимума солнечного излучения с мая по август 2023 года представлены на Рис.1 а, б, в, г.

Величина $T_{\text{нар}}$ в летний период имеет периодическое суточное колебание близко к гармоническим колебаниям, кроме облачных и дождливых дней, которые редко проявляются в отдельные дни в условиях летнего антициклона.

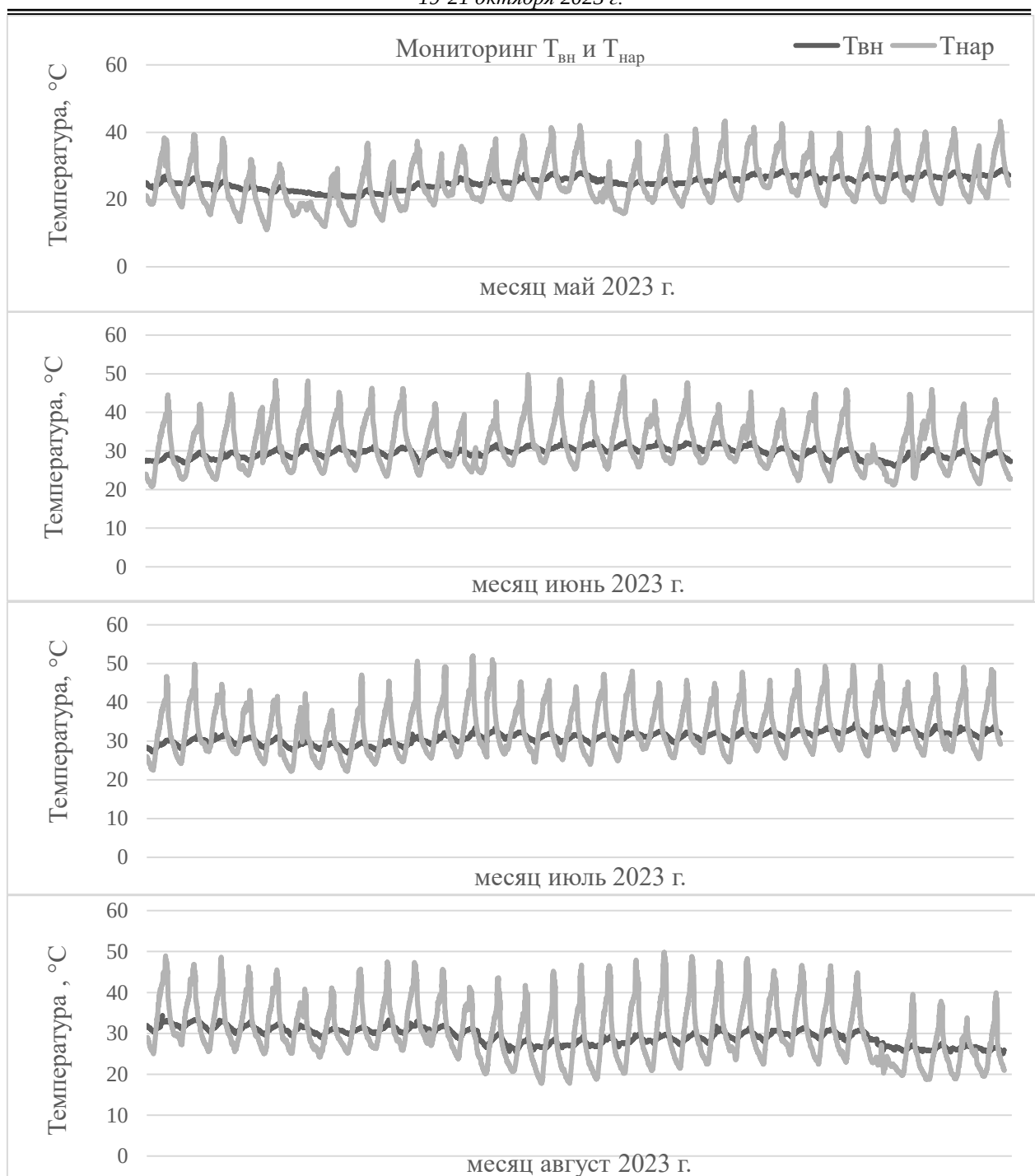


Рис. 1 а, б, в, г. Мониторинг $T_{\text{нар}}$ и $T_{\text{вн}}$ поверхностей плоской стены здания в период летнего максимума солнечного излучения с мая по август 2023 года

Анализ данных мониторинга $T_{\text{нар}}$, $T_{\text{вн}}$, $\langle T_{\text{инт}} \rangle$ ОК приведен в таблице 1.

Оценка сезонного изменения тепломассы ОК зданий проводится на основе изменения среднemesячной аккумулярованной тепловой энергией $\langle \Delta W_{\text{акк}} \rangle$, определяемой среднemesячным значением $\langle T_{\text{инт}} \rangle$ по формуле:

$$\langle \Delta W_{\text{акк}} \rangle = c_{\text{ок}} (\rho V) \langle T_{\text{инт}} \rangle \quad (6)$$

где $c_{\text{ок}} (\rho V) = (837 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})) (1800 \text{ кг}/\text{м}^3) (0,4\text{м}) (1\text{м}^2) = 602640 \text{ Дж}/^\circ\text{C}$.

Расчеты, проведенные в [1], показали, что среднесуточные значения $\langle T_{\text{инт}} \rangle$ совпадают с средним от среднесуточных значений $\langle T_{\text{нар}} \rangle$ и $\langle T_{\text{вн}} \rangle$, т.е.

$$\langle T_{\text{инт}} \rangle = (\langle T_{\text{нар}} \rangle + \langle T_{\text{вн}} \rangle) / 2 \quad (7)$$

Среднemesячное значение $\langle T_{\text{инт}} \rangle$ также определяется по среднemesячным значениям измеренных температуры наружной $T_{\text{нар}}$ и внутренней $T_{\text{вн}}$ поверхности плоской стены.

Полученные данные мониторинга $T_{нар}$ и $T_{вн}$ использованы для расчета среднемесячные значения $\langle T_{инт} \rangle$, которые приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Анализ данных мониторинга $T_{нар}$, $T_{вн}$, $\langle T_{инт} \rangle$ ОК зданий

месяц	$T_{нар}$			$T_{вн}$			$\langle T_{инт} \rangle$
	максимум	минимум	средняя	максимум	минимум	средняя	среднемесячная
май	43,38	11	25,01	28,81	20,19	25,17	25,1
июнь	49,81	21,19	31,58	32,94	26,03	29,55	30,6
июль	52	22,19	33,04	34,5	26,88	30,87	32,0
август	49,81	17,75	30,12	34,31	25,06	29,3	29,7

Сравнение среднемесячных значений $\langle T_{инт} \rangle$ показывают сезонную динамику аккумулированной тепловой энергии в ОК зданий, которая увеличивается за май, июнь и июль и начинает уменьшаться в августе.

Находим летних изменений среднемесячных температур $\langle \Delta T_{инт} \rangle$:

$$\langle \Delta T_{инт} \rangle = \langle T_{инт} \rangle (\text{июнь}) - \langle T_{инт} \rangle (\text{май}) = 30,6^\circ\text{C} - 25,1^\circ\text{C} = 5,5^\circ\text{C}$$

$$\langle \Delta T_{инт} \rangle = \langle T_{инт} \rangle (\text{июль}) - \langle T_{инт} \rangle (\text{июнь}) = 32,0^\circ\text{C} - 30,6^\circ\text{C} = 1,4^\circ\text{C}$$

$$\langle \Delta T_{инт} \rangle = \langle T_{инт} \rangle (\text{август}) - \langle T_{инт} \rangle (\text{июль}) = 29,7^\circ\text{C} - 32,0^\circ\text{C} = -2,3^\circ\text{C}$$

Для расчета изменений $\langle \Delta W_{акк} \rangle$ в формуле (6) подставляем $\langle \Delta T_{инт} \rangle$

$$\langle \Delta W_{акк} \rangle = 3314520 \text{ Дж} = 3,315 \text{ МДж за июнь}$$

$$\langle \Delta W_{акк} \rangle = 843696 \text{ Дж} = 0,844 \text{ МДж за июль}$$

$$\langle \Delta W_{акк} \rangle = -1386072 \text{ Дж} = -1,386 \text{ МДж за август}$$

Таким образом, получены оценки роста тепломассы для площади 1 м^2 кирпичной стены за июнь, июль, август 2023г.

Заключение

1. Разработано устройство для контроля и управления тепломассы зданий.
2. Приведены данные мониторинга температуры $T_{нар}$ и $T_{вн}$ ОК здания за период с мая по август 2023 года, которые показывают надежность работы разработанной электронной схемы, монтажа отдельных частей устройства в условиях летнего максимума инсоляции.
3. Приведены результаты расчета суточной и сезонной динамики среднеинтегральной объёмной температуры $T_{инт}$, динамики аккумулированного тепла $W_{акк}$ ОК зданий в летний период.
4. Предложен метод оценки суточного и сезонного изменения тепловой массы на основе определения аккумулированного тепла ОК зданий и сооружений.

Литература

1. Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О., Назаров Р.Р., Салиев М.А. Суточная динамика аккумулирования тепла ограждающими конструкциями зданий / Ученые записки ХГУ им. акад. Б.Гафурова. Естеств. и эконом. науки. - 2021г. - №4 (59). - С. 49-56.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СИСТЕМЕ $Zn - ZnO$ В СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

С. Сулейманов*, Б. Оксенгендлер, Н. Кулагина, Д. Саттарова, Н. Нурматов, Р. Уринбоев

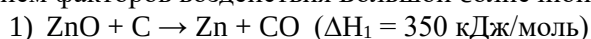
Институт материаловедения Академии наук Республики Узбекистан,
ул. Чингиза Айтматова, 2 Б, 100084 Ташкент, Узбекистан *E-mail: javlonbek@gmail.com

Abstract

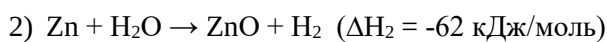
Экономико-демографические исследования, осуществляемые с начала XIX века, выявили квадратичную зависимость потребляемой энергии от численности народа-населения Земли: $\log E = \text{const} + 2 \cdot \log N$, что указывает на неизбежность энергетического кризиса. Борьба с этим в настоящее время происходит путем крупных вложений, причем с отходом от узкотехнических решений, но с привлечением фундаментальных законов физики, химии, биологии и кибернетики. Начало такой конвергенции естественных наук было положено еще в 1977г. в Санта Фе (США) и обозначено как Complexity [1]. Подход к решению очерченной проблемы, обозначенной как «водородная энергетика», на наш взгляд, содержащей все признаки сложности (ввиду своей многоступенчатости) вполне оптимистичен.

Key words: водородная технология, термохимический цикл, Большая солнечная печь, принцип Умова-Пойнтинга, спиновая химия, «Complexity»

Феноменологический анализ. Принятая нами схема содержит два этапа термохимического цикла (рис. 1) с привлечением факторов воздействия Большой солнечной печи (БСП):



Цинк необходим в виде нанопорошка; всё происходит в присутствии концентрированной солнечной энергии.



Реакция идет на поверхности наночастиц цинка, продукт ZnO возвращается в реактор, завершая термохимический цикл.

В силу многофакторности излучения БСП, энергетический цикл Борна-Габера вполне удовлетворяется, что соответствует закону сохранения энергии, не нарушая весь цикл. Однако необходима проверка вопроса сопряжения потоков на интерфейсах, где трансформируется энергия (удовлетворение принципу Умова-Пойнтинга). В общем виде сопряжение потоков по принципу Умова-Пойнтинга выглядит так $\vec{j}_1 = \rho_1 \vec{v}_1 = \rho_2 \cdot \vec{v}_2 + (\vec{q}_{1-2})$; здесь ρ_i и v_i – плотность энергии и скорость переносчика энергии с двух сторон интерфейса; $\vec{q}_{1-2}$ – вектор оттока теплоты.

При идеальном сопряжении, когда $j_1 < j_2$, деградация интерфейса отсутствует; при условии $j_1 > j_2$, т.е. $q > 0$, возможна деградация.

В последнем случае, для обсуждаемой нами схемы это означает, что случай деградации соответствует перекристаллизации порошинок наночастиц цинка с резким уменьшением каталитической активности поверхности цинка и торможении процесса [2].

Микроскопический анализ. Выявление механизмов процессов на стадиях, являющихся «узким горлом» всего выхода водорода – совершенно необходимый этап общего исследования. Концепция «bonds and bands», сочетающая идеи квантовой теории с химией, является подходящей базой для изучения сложных процессов на фоне многофакторного облучения от БСП. На рисунке 2 демонстрируется механизм распада двухатомной молекулы с основным синглетным состоянием S. При воздействии пролетающего электрона или в присутствии парамагнитного иона происходит переворот любого из спинов, в результате чего происходит превращение синглет $\rightarrow$ триплет ($S \rightarrow T$), после чего триплетное неустойчивое состояние распадается. Энергия этого процесса черпается у поглощенного фотона; однако такое превращение нарушает принцип спиновой симметрии, и поэтому для его осуществления необходим третий спин. Этот третий спин может быть любым спином от близлежащего парамагнитного иона, либо от пролетающего электрона, задерживающегося в поле деформированного синглета. Вероятность такого трех спинового процесса, включающего обмен между спином синглета и сторонним спином (процесс называется flip-flop ($f - f$)) легко оценивается во втором порядке теории возмущения [2]. Применительно к нашим объектам это может оказаться важным для распада двух связей Н-О в молекуле воды,

расположенной на поверхности наночастицы цинка, однако возможна и масса других вариантов (отметим, что поверхность цинка может стать стоком или источником фононов, которые могут быть полезны для юстировки энергетического баланса в момент f - f процесса).

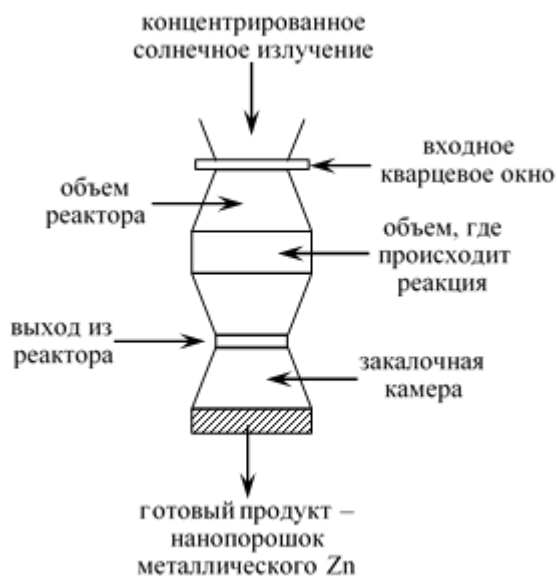


Рис. 1 Схема фрагмента оборудования

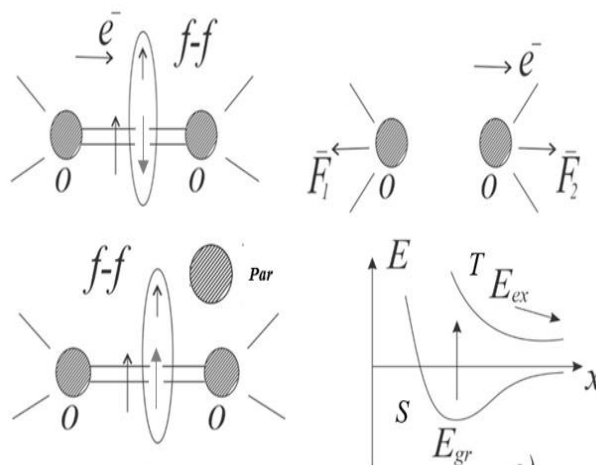


Рис. 2 Схема f - f процесса, приводящего к реакции $S \rightarrow T$ с последующим распадом молекулы при поглощении фотона

References

1. П. Бак, Как работает природа. –М.: Либроком, УРСС, 2013. 276 с.
2. К.М. Салихов, 10 лекций по спиновой химии. –Казань: УНИПРЕСС, 2000. 158 с.

Физико-технический институт АН РУз

Адрес: 100084, Чингиз Айтматов 2-Б, Ташкент.
Тел: +998-71-2331271;
Факс: +998-71-2354291
E-mail: ftikans@uzsci.net,
Web: www.fti.uz

Институт Материаловедения АН РУз

Адрес: 102226, Ташкентская область,
Паркентский район, поселок «Солнце»
Тел: +998 70 722 53 00;
E-mail: info@imssolar.uz,
Web: www.imssolar.uz



Physical-Technical Institute of UzAS
Address: 100084, Chingiz Aytmatov 2-B, Tashkent.
Tel: +998-71-2331271;
Fax: +998-71-2354291
E-mail: ftikans@uzsci.net,
Web: www.fti.uz

Institute of Materials Science of UzAS
Address: 102226, Tashkent region,
Parkent district, "Sun" settlement.
Tel: +998 70 722 53 00;
E-mail: info@imssolar.uz,
Web: www.imssolar.uz