Qayta tiklanuvchi energiya va raqamli texnologiyalar asrida milliy energiya mustaqilligi: Farg‘ona viloyatidagi innovatsiyalar, istiqbollar va ijtimoiy ta’siri

Farg‘ona davlat texnika universitetida o‘tkaziladigan
xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya
2025-yil 7–8-noyabr

2025-yilning 7-8 noyabr kunlari O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi, Farg‘ona davlat texnika universitetida **“Qayta tiklanuvchi energiya va raqamli texnologiyalar asrida milliy energiya mustaqilligi: Farg‘ona viloyatidagi innovatsiyalar, istiqbollar va ijtimoiy ta’siri”** mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman bo‘lib o‘tdi.

TASHKILIY QO‘MITA:

Tashkiliy qo‘mita raisi: Salomov Uktam Rahimovich, texnika fanlari doktori, professor, Farg‘ona davlat texnika universiteti.

Tashkiliy qo‘mita raisining o‘rinbosarlari: Avezova Nilufar Rabbanakulovna, texnika fanlari doktori, professor FDTU.

Tashkiliy qo‘mita a’zolari:

- Polvonov Sherzod Fazlidinovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Jaxongirov Ilimdorjon, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Davlyatov Shoxrux Muratovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Dexkonov Sherzod, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Salimov Abdumajid Abduvaxobovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Ergashev Sirojiddin Fayazovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Kasimaxunova Anarxan Mamasodiqovna, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Xujamatov Halimjon Ergashevich, Toshkent, O‘zbekiston;
- Pierluigi Leone, Turin, Italiya;
- Slobodan Bojanic, Madrid, Ispaniya;
- Diogo Canvarro, Evora, Portugaliya;
- Naci Genc, Turkiston, Qozog‘iston;
- Abbasov Yorqin Sadiqovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Matchanov Nuraddin Azadovich, Toshkent, O‘zbekiston;
- Siddikov Ilxomjon Xakimovich, Toshkent, O‘zbekiston;
- Aliev Raimjon Usmonovich, Andijon, O‘zbekiston;
- Mamadaliyeva Lola Kamildjanova, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Berdiyorov Temur, Jizzax, O‘zbekiston;
- Reymov Kamal Mambetkarimovich, Karakalpakstan, Uzbekistan;
- Ismailov Nodirbek Mamasidikovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Mamatisaev G‘iyosiddin, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Toxirov Muxammadrafiq Qodirovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Egamberdiev Bunyod Gayratovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- O‘zbekov Mirsoli Odiljonovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Quchqarov Akmaljon Axmadaliyevich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Xoliddinov Ilxomjon Xosiljonovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Usmonov Shukurullo Yo‘lbarsovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Axmadaliev Bozorboy Jaboralievich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Abdukarimov Bekzod Abobakirovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Boynazarov Bekzod Baxtiyorovich, Farg‘ona, O‘zbekiston;
- Raximov Ergashali Yuldashevich, Toshkent, O‘zbekiston;
- Dalmuradova Nargiza Nurillaevna, Toshkent, O‘zbekiston;
- Xolikov Abdumalik Abduvoxob o‘g‘li, Farg‘ona, O‘zbekiston.

The International scientific-technical conference **"National Energy Independence in the Age of Renewable Energy and Digital Technologies: Innovations, Prospects and Social Impact in the Fergana Region"** was held on November 7-8, 2025 in Ferghana at the Ferghana state technical university under the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan.

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman: Prof. Uktam R. Salomov, DSc, Fergana State Technical University
Deputy Chair: Prof. Nilufar R. Avezova, DSc, Fergana State Technical University

Members of the organizing committee:

- Sherzod Fazlidinovich Polvonov, Fergana, Uzbekistan;
- Ilimdorjon Jakhongirov, Fergana, Uzbekistan;
- Shokhrukh Muratovich Davlyatov, Fergana, Uzbekistan;
- Sherzod Dekhkonov, Fergana, Uzbekistan;
- Abdumajid Abduvakhobovich Salimov, Fergana, Uzbekistan;
- Sirojiddin Fayazovich Ergashev, Fergana, Uzbekistan;
- Anarkhan Mamasodiqovna Kasimakhunova, Fergana, Uzbekistan;
- Halimjon Ergashevich Khujamatov, Tashkent, Uzbekistan;
- Pierluigi Leone, Turin, Italy;
- Slobodan Bojanic, Madrid, Spain;
- Diogo Canvarro, Évora, Portugal;
- Naci Genc, Turkistan, Kazakhstan;
- Yorqin Sadiqovich Abbasov, Fergana, Uzbekistan;
- Nuraddin Azadovich Matchanov, Tashkent, Uzbekistan;
- Ilkhomjon Khakimovich Siddikov, Tashkent, Uzbekistan;
- Raimjon Usmonovich Aliev, Andijan, Uzbekistan;
- Lola Kamildjanova Mamadaliyeva, Fergana, Uzbekistan;
- Temur Berdiyorov, Jizzakh, Uzbekistan;
- Kamal Mambetkarimovich Reymov, Karakalpakstan, Uzbekistan;
- Nodirbek Mamasidikovich Ismailov, Fergana, Uzbekistan;
- Giyosiddin Mamatisaev, Fergana, Uzbekistan;
- Mukhammadrafiq Qodirovich Tokhirov, Fergana, Uzbekistan;
- Bunyod Gayratovich Egamberdiev, Fergana, Uzbekistan;
- Mirsoli Odiljonovich Uzbekov, Fergana, Uzbekistan;
- Akmaljon Akhmadalievich Kuchkarov, Fergana, Uzbekistan;
- Ilkhomjon Khosiljonovich Kholiddinov, Fergana, Uzbekistan;
- Shukurullo Yolbarsovich Usmonov, Fergana, Uzbekistan;
- Bozorboy Jaboralievich Akhmadaliev, Fergana, Uzbekistan;
- Bekzod Abobakirovich Abdukarimov, Fergana, Uzbekistan;
- Bekzod Bakhtiyorovich Boynazarov, Fergana, Uzbekistan;
- Ergashali Yuldashevich Rakhimov, Tashkent, Uzbekistan;
- Nargiza Nurillaevna Dalmuradova, Tashkent, Uzbekistan;
- Abdumalik Abduvakhob ogli Kholikov, Fergana, Uzbekistan.

Ilmiy-amaliy konferensiya quyidagi sho‘balarni o‘z ichiga oldi:

- Milliy energetika mustaqilligida qayta tiklanuvchi energiya manbalari: global siyosat va amaliyot;
- Xalqaro platformalarda qayta tiklanuvchi energiya savdosi va blokcheyn texnologiyalarining o‘rni;
- Qayta tiklanuvchi energetika infratuzilmasini raqamli texnologiyalar orqali samarali boshqarish;
- Qayta tiklanuvchi energiya va atrof-muhit ko‘rsatkichlari monitoringi uslublari va natijalari;
- Quyosh va shamol energiyasini zahiralash va xavfsiz saqlashdagi yangi innovatsiyalar;
- Qayta tiklanuvchi energetika: Farg‘ona viloyatidagi innovatsiyalar, istiqbollar va ijtimoiy ta’siri;
- Energiya xavfsizligi va iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda milliy va xalqaro strategiyalar va yondashuvlar;
- Urbanizatsiya sharoitida qayta tiklanuvchi energiyani joriy qilish bo‘yicha yangi zamonaviy yondashuvlar;
- Qayta tiklanuvchi energetikada mutaxassislarni tayyorlashda zamonaviy texnologiyalar va uslublar (Erasmus + dasturi “101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE” loyihasi doirasida).

The conference scientific practical program includes the following sections:

- Renewable Energy Sources in National Energy Independence: Global Policy and Practice;
- The Role of Renewable Energy Trade and Blockchain Technologies on International Platforms;
- Effective Management of Renewable Energy Infrastructure through Digital Technologies;
- Methods and Results of Monitoring Renewable Energy and Environmental Indicators.
- New Innovations in the Storage and Safe Preservation of Solar and Wind Energy;
- Renewable Energy: Innovations, Prospects, and Social Impact in the Fergana Region;
- National and International Strategies and Approaches in Energy Security and Climate Change Mitigation
- New Modern Approaches to the Implementation of Renewable Energy under Urbanization Conditions;
- Modern technologies and methods in training specialists in renewable energy (within the framework of the Erasmus+ project "101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2025-CBHE")

СОЛНЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГОПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ, ПЛАВКЕ И СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ17

М.С.Пайзуллаханов, О.Р.Парпиев, Р.Ю.Акбаров, Э.З.Нодирматов *17*

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ, С СОЛНЕЧНЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

А.М.Касимахунова *30*

A TECHNICAL SYSTEM FOR THE CONVERSION OF SPENT GREENHOUSE SOIL BY ELECTROHYDRAULIC METHOD

Rustamov Nassim, Kibishov Adylkhan, Isroilov Faxriddin, Babakhan Shokhrukh..... *35*

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ДВУСТОРОННЕ-ОСВЕЩАЕМЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Р. Алиев *43*

THE COMBINED MODE-LOCKING REGIME IN LIF:F_2 AND INTRACAVITY SECOND HARMONIC GENERATION OF ND: YAG LASER

Sh.B. Reyimbaev, U.B. Uljayev, E.X. Yusupov, F.M. Safarov, A.B.Yunusova *47*

VODOROD SAQLASH UCHUN MODIFIKATSIYALANGAN BQUNT

U. X. Eshdavlatova, Z. Eshmamatov, M. Meliqulov, Sh.A. Muminova, Sh.B. Reyimbayev, E.X. Yusupov, F.M. Safarov, O‘.B. O‘ljayev *50*

MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI ASOSIDAGI QURITISH QURILMASINING QISHLOQ HO‘JALIGI MAHSULOTLARINI QURITISHDAGI AHAMIYATI

Raxmatov G‘ulomjon Raxmonberdiyevich, Xakimov Shoyatbek Xamidullo o‘g‘li, ... *54*

ADAPTIVE CONTROL MODELS OF ENERGY SOURCES IN COMMUNICATION SYSTEMS

Abubakirov Azizjan Bazarbayevich, Yo‘ldoshova Hilola Baxtiyor qizi *59*

AVTONOM ELEKTR TA'MINOTI TIZIMIDAGI KOMBINATSIYALANGAN ELEKTR STANTSIYALARI

M.Tillaboev..... *62*

SMART-ENERGIYA TIZIMLARINI JORIY ETISH ORQALI ELEKTR TA’MINOTI SAMARADORLIGINI OSHIRISH IMKONIYATLARI

Jo‘rayev Nurmaxamad Mamatovich *68*

JAHON VA O‘ZBEKISTON MIQYOSIDA QURITISH QURILMALARIDAN QISHLOQ XO‘JALIGI MAHSULOTLARINI QURITISHDA FOYDALANISH HOLATI

Nurmanova Maxfuza Urozovna..... *73*

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ТОКЕНИЗАЦИИ ВЫРАБОТКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 140 КВТ ДЛЯ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ, ОТЧЁТНОСТИ И ПРОВЕРКИ ДАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УЧЁТА

Н.Н. Далмурадова *80*

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УСОВЕРШЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВЫХОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ш.А. Муминов *84*

MATHEMATICAL MODELING OF HYDRODYNAMIC PROCESSES IN A SOLAR-DRIVEN POLYGENERATION SYSTEM FOR HOT WATER PRODUCTION AND WATER SOFTENING.
Bekzod Abdukarimov *90*

JAHONDA GIDROENERGETIKA RESURSLARI VA ULARDAN FOYDALANISHNING HOZIRGI HOLATI
Salomov U.R, Urishev O.M *97*

QUYOSH PANELLARINING TERMODINAMIK XARAKTERISTIKALARINI NOANIQ MANTIQ KONTROLLERI YORDAMIDA BOSHQARISH MODELI
Xoliddinov Ilxombek Xosiljonovich, O‘lmasov Jasurbek Fatxullo o‘g‘li *103*

RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR YORDAMIDA ENERGIYA YO‘QOTISHLARINI ANIQLASH VA KAMAYTIRISH USULLARI
Kayumov Axror Muminjonovich *115*

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI BAHOLASH MODELLARINI O‘QITISH JARAYONIGA INTEGRATSIYA QILISH
Ablaqulov Kamoliddin Bahriddinovich, Oripova Shahlo Karimovna *122*

GIBRID MUQOBIL ENERGIYA MANBALARIINI AVTOMATLASHTIRILGAN AVTONOM TIZIMLARNI ISHLAB CHIQISH VA TADQIQI
Iskandarov Usmonali Umarovich, Komilov Abdullajon Odiljon o’g’li, Iskandarov Nuriddin Usmonali o’g’li *126*

ANALYSIS OF WIND ENERGY FLOW AND DETERMINATION OF OPTIMAL WIND TURBINE LOCATION USING GIS AND STATISTICAL MODELING
Ibrokhimjonov A.B *131*

RAQAMLI MODELLASHTIRISH ASOSIDA QUYOSH-BATAREYA TIZIMLARINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI INTELLEKTUAL BOSHQARISH MODELI
O‘lmasov Jasurbek Fatxullo o‘g‘li *134*

MOBIL TARMOQLARIDA ZAXIRA ENERGIYA TA’MINOT MANBAASINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI OSHIRISH
Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li *139*

650 NM LAZER ASOSIDA QISQA MASOFALI OPTIK SIMSIZ ALOQA TIZIMINING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH
V.A.Kuchkarov, R.K.Saparbayev, I.A.Maxmudov *145*

QUYOSH KUZATISH TIZIMINI ENERGETIK QURILMALARDA QO’LLANILISHI
A.K.Tojiboev *148*

IOT, PAST QUVVATLI TARMOQLAR VA WI-FI HALOW TEXNOLOGIYASI ASOSIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKA INFRATUZILMASINI RAQAMLI BOSHQARISH VA SAMARADORLIGINI OSHIRISH
Maxmudov Isroil Abdullayevich, Toshpulatov Sherali Muxamadaliyevich, ... *154*

SIMULINK DASTURI ASOSIDA TARMOQQA ULANGAN QUYOSH PV TIZIMIDA YUKLAMA TAQSIMOTINING TAHLILI
Xoliddinov Ilxombek Xosiljonovich, O‘lmasov Jasurbek Fatxullo o‘g‘li *158*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ SMART-СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ В ОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ В МИРЕ И УЗБЕКИСТАНЕ
Ощепкова Эльвира Ахтемовна *163*

АВТОНОМНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК
Эргашев Шоҳбозжон Умарали ўғли *168*

AERODYNAMIC OPTIMIZATION OF SMALL-SCALE VERTICAL AXIS WIND TURBINES USING CFD SIMULATION TOOLS
Rustamov Baxtiyor Odiljon o'g'li 172
FORECASTING POWER AND ENERGY CAPACITY FOR RENEWABLE ENERGY SYSTEMS UNDER HIGH SOLAR–WIND PENETRATION AND ELECTRIC VEHICLE INTEGRATION
Mukhamedov Nizamjan Nurullaevich 178
NACA0021 QANOTIDA SST MODELIDA TURBULENTLIK OQIM HARKATIDA BOSIM KOEFFITSIENTINI SONLI O'RGANISH
Muxammadyoqubov Xusanboy Elmurod o'g'li 182
QUYOSH BATAREYASI UCHUN INVERTORNI LOYIHALASH
Madaminov Muhriddin Ro'ziboy o'g'li 185
KREMNIYDA NIKEL ATOMLARI DIFFUZIYASIDAN SO'NG SOVITISH SHAROITLARINING ELEKTR FAOL MARKAZLAR HOSIL BO'LISHIGA TA'SIRI
Azizjon Kurbanov, Sevaraxon Bakirova 189
АНОМАЛЬНО ВЫСОКИЙ ДИОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ АРСЕНИД-ГАЛЛИЯ.
Эргашев Шоҳбозжон Умарали ўғли 193
ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОД ЭЛЕКТРОМОБИЛИ
Хуснутдинов Азат Назипович, Лазарев Павел Сергеевич 199
ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК 1 И 2 ТИПА НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.
Абдусаматов Хасанбой Абдурахим углы 203
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ИНЕРЦИИ ЧЕТЫРЕХ НАПРАВЛЕННОГО ВЕТРА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ
Абдусаматов Хасанбой Абдурахим углы 208
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОТОКОВ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ЭНЕРГОСЕТЯМИ В КЕНИИ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ
Ёкубов Шокиржан Шукрулло угли 213
BARQAROR ENERGIYA BOSHQARUVIDA AQLLI TARMOQLAR VA MIKRO TARMOQLARNING O'ZGARUVCHAN ROLI
Faxriddin Kasimov Shadmankulovich,Dilrabo Allayorova Abdujamil qizi 218
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
У.У. Искандаров, А.О. Комилов 223
ISSIQ SUV OLISH VA SUVNI CHUCHUKLASHTIRISHGA ASOSLANGAN POLIGENERATSION TIZIMDA ISSIQLIK ALMASHINUV VA TARQALISH JARAYONLARI
Avezova Nilufar Rabbanakulovna, Abdukarimov Bekzod Abobakirovich 228
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ В СОЛНЕЧНОМ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕ
Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. 232

ВТОРИЧНЫЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПАРКЕНТСКОЙ МЕГАВАТНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

Акбаров Р.Ю. 237

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ МАЛЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК

Эргашев С.Ф., Умаралиев Н., Рахимов А.А. 242

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ ИХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Рашидов Юсуф Каримович, Исмоилов Маъмуржон Мухторович 249

BINO VA INSHOOTLARDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA QUYOSH PANELLARINING O‘RNI VA ULARNING ISHLASH PRINSIPINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH ASOSIDA BAHOLASH

I.X. Xoliddinov, M.A. O‘lmasova 257

SOLAR STATION OUTPUT PREDICTION USING WEATHER DATA

Nosirbek Abdurazakov, Sharifa Tajibayev, Muhammadbobur Mirzaahmedov, Qahhorov Jamshidbek, Avazbek Mirzaalimov, Rayimjon Aliev 261

О РЕЗУЛЬТАТАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА ПОСРЕДСТВОМ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЧЕРЕЗ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

Каримов Боходир Хошимович, Алиев Ибратжон Хатамович, Исмоилова Сарвиноз Азамжон кизи, Хомидова Мухтасархон Мамиржон кизи, Мирзаалиев Мухаммадумар Шухратжон угли 267

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРКЕНТСКОЙ МЕГАВАТНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

Акбаров Р.Ю. 272

ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION OF GRAVITY ENERGY STORAGE POWER GENERATION

Rayimdjanova Odinaxon Sadikovna, Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li. 276

ISSIQLIK TA’MINOTIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINI INTEGRATSIYALASH ASOSIDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH

Madaliyev Erkin O‘rinbayevich, Tillaboyeva Farangiz Shavkatjon qizi 280

OPTIMAL FAULT-TOLERANT CONTROL STRATEGIES FOR DISTRIBUTED SOLAR ENERGY STORAGE MICROGRIDS CONSIDERING FAULT SEVERITY LEVELS

M.I.Latipova 285

ENERGY EFFICIENCY AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CUCUMBER USING LED PHYTOIRRADIANTS IN GREENHOUSE CONDITIONS

O.Kh. Kuldashov, D.O. Nabiev 288

QUYOSH VA SHAMOL ENERGIYASIGA ASOSLANGAN GIBRID QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA TIZIMLARINING ISHLASH PRINSIPI VA ENERGETIK SAMARADORLIGI

Latipova M.I., O‘lmasova M.A. 291

QUYOSH ENERGIYASI ASOSIDAGI OPTOELEKTRON SARALASH QURILMALARINING ENERGIYA TA'MINOTI TIZIMI
Rayimdjanova Odinaxon Sadikovna, Komilov Davron Rashidjon o'g'li 296
QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYALARINI ISTE'MOLCHI TARMOG'IGA INTEGRATSIYALASHNING ASOSIY MUAMMOLARI.
A.U.Xaqiqov 302
SHAMOL ENERGETIKASINING ISTIQBOLI VA MUAMMOLARI
Madaliyev Erkin O'rinbayevich, Tillaboyeva Farangiz Shavkatjon qizi 308
SMART ENERGIYA TIZIMLARIDA QUYOSH VA SHAMOL MANBALARINI INTEGRATSIYALASH INNOVATSIYALARI
Rayimdjanova Odinaxon Sadikovna 317
FOTOELEKTRIK PANELLARDA SAMARADORLIKKA TA'SIR ETUVCHI TASHQI OMILLAR VA ULARNI KAMAYTIRISH USULLARI.
A.A. Quchqarov, A.G'. Muhammadjonov 323
QUYOSH PANELLARI SAMARADORLIGINI YAQIN INFRAQIZIL NUR VA SUNIY INTELLEKT YORDAMIDA BAHOLASH USULI
Jo'rayev Nurmaxamad Mamatovich, Toshpulatov Sherali Muxamadaliyevich, ... 329
ИННОВАЦИИ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
О.А.Рахматов 335
ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
Каримов Боходир Хошимович, Алиев Ибратжон Хатамович, Каримова Дилором Шавкатовна, Рахимова Гулшаной Рахматилла кизи, Каримов Дурдона Шавкатовна. 339
FARG'ONA VODIYSIDA MIKRO-GESLARNI QURISH UCHUN TURBINA TANLASH
Yusupova Feruza Turdaliyevna 344
EXORNIYA O'SIMLIGI BIOMASSA ENERGIYA QURILMALARINING HOM-ASHYOSI
Umaraliyev Nurmamat, Tursunaliyeva Muqaddas 348
KOMBINATSIYALANGAN MIKROGIDRO VA QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYANING ENERGIYA SAMARADORLIGINI BAHOLASH
Yusupova F.T. 352
PAST BOSIMLI SUV OQIMLARIDA ISHLOVCHI VINT TURBINALI MIKROGIDROELEKTRSTANSIYANING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO'LLARI
Ismoilov Muslimbek Murodjon o'g'li 355
QUYOSH ENERGIYASI YORDAMIDA ISHLOVCHI ISSIQ SUV SAQLOVCHI BAK AKKUMLYATORLARINI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH
Abdukarimov Bekzod Abobakirovich, Mo'minov Islombek Ikromjon o'g'li 359
REVIEW OPERATIONS AND VIBRO-ACOUSTICS IN CENTRIFUGAL PUMPS
Yuldashev Shukurullo Nematjon ugli 361
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ АКБ
Хуснутдинов Азат Назипович, Бакулин Константин Германович 367

DEVELOPING A DEVICE TO CLEAN SNOW FROM SOLAR PANEL PANEL
Abdusamatov X.A, Yokubov Sh.Sh 371
QUYOSH KUZATISH TIZIMINI YARATISH TAMOYILLARI
Tojiboev Abror Kahorovich 375
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОЛЛЕКТОРА
Эргашев Сирожиддин Фаёзович, Тожибоев Аброр Кахорович, Тожибоева Мухаё Джамолдиновна 381
РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОТУРБИНЫ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ
Абдуллаев Шухрат Ахмаджанович 390
ИННОВАЦИИ В МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
О.А.Рахматов 396
DISTRIBUTED STORAGE OF ELECTRICAL ENERGY IN AN OSCILLATING CIRCUIT
Rustamov Nassim, Meirbekova Oksana, Babakhan Shokhrukh 400
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАНАРНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ
Ж.С.Калимбетова, Нажи ГЕНЧ, Ж.С. Шыныбай 408
FASADGA INTEGRATSIYALANGAN FOTOELEKTR TIZIMLARNING ENERGIYA SAMARADORLIGINI NAZARIY BAHOLASH (FARG‘ONA IQLIMI MISOLIDA)
Quchqarov Akmaljon Axmadaliyevich, Obidjonov Zafarjon Odiljon o‘g‘li 419
REMOTE MONITORING OF SOLAR PANEL ENERGY SOURCES
Ilkhomjon Siddikov, Ganisher Mustofoev 426
ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
Имамов Э.З., Аскаров М.А., Муминов Р.А., Каримов Х.Н., Имамов А.Э. 441
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ДВУСТОРОННЕ-ОСВЕЩАЕМЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
Р. Алиев 445
ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
Имамов Э.З., Аскаров М.А., Муминов Р.А., Каримов Х.Н., Имамов А.Э. 450
PARABOLOCYLINDRICAL SOLAR DEVICE FOR THERMAL ENERGY PRODUCTION
A.A.Kuchkarov, Kh.Mirzabaeva, S.Kamolboev. 455
ENERGETIKA MUHANDISLIGIDA SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA QAROR QABUL QILISH JARAYONINI O‘QITISH METODIKASI
Ablaqulov Kamoliddin Bahriddinovich, Oripova Shahlo Karimovna 465
QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKADA MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH METODIKASI
Jo‘rayev Nurmaxamad Mamatovich 469
TEXNIKA FANLARINI O‘QITISHDA IJODIY QOBILYATNING AHAMIYATI
Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi 472

YARIMO‘TKAZGICHLI VA MIKROELEKTRON QURILMALAR ASOSIDA O’QITILADIGAN FANLARNING SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA YANGI INTERFAOL METODLAR
Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi 475
QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKADA MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA ZAMONAVIY PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALARNI O‘RNI
Tojiboyev Bobur Tolibjonovich 480
ENERGETIKA MUTAXASISLARINI O‘QITISHDA CHET TILINING AHAMIYATI
Teshebayeva Lolaxon Ravshanovna 483
INTEGRATION OF ENGLISH LANGUAGE LEARNING AND MODERN TECHNOLOGIES IN TRAINING RENEWABLE ENERGY SPECIALISTS
Galiakberova Albina Rinatovna, ... 487
TEXNIKA OLIY TA’LIM MUASSASALARIDA ZAMONAVIY MUHANDISLARNI TAYYORLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH
Nasretdinova Feruza Nabiyevna 490
FROM THEORY TO PRACTICE: MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES FOR TRAINING SPECIALISTS IN RENEWABLE ENERGY
Nigmatullina Almira Shamsunovna 494
VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYALARINI BO‘LAJAK MUHANDISLARNI TAYYORLASHDA QO‘LLASHNING ZAMONAVIY USULLARI VA BOSQICHLARI
G‘aniyeva Shaxrizod Nurmaxamadovna 499
OLIY TA’LIMDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI FANINI RIVOJLANTIRISHDA XORIJIY TA’LIM GRANTLARINING O‘RNI
Qodirova Xamidaxon Nurmuxamadovna 503
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ УДАРНО-ВОЗДУШНОЙ ВОЛНЫ ВЗРЫВА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ПРИ КАРЬЕРНЫХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ
Насиров Уткир Фатидинович, Хайруллоев Шахзод Шукрилло угли 507
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
Parpieva Maxsudaxon Maxmudjanovna, ... 511
ҚУЁШ ИССИҚЛИК КОЛЛЕКТОРИНИНГ ТАЖРИБАВИЙ САМАРАДОРЛИГИНИ БАҲОЛАШ
С. М. Камалбаев, А.Б. Эргашев, Д.Д. Исломов, С.А. Тухтасинов 515
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА
Хуснутдинов Азат Назипович, Лазарев Павел Сергеевич 526
АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ И ИЗМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГИИ В ГИДРОСИСТЕМАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
Абдуллаев Бахром Халилжонович. 530
OPTOELECTRONIC THREE-WAVE MOISTURE METER OF RAW COTTON
Kuldashov G‘olibjon Obbosjonovich 535
SOVUTISH MASHINASINING TERMODINAMIK SIKLLARINI TAHLIL QILISH
J.T.Orzimatov, D.M.davronova 550

ҚЎРҒОШИН ТЕЛЛУРИДИ ТЕНЗОСЕЗГИР ЮПҚА ПАРДАЛАРИ ИШЧИ ПАРАМЕТРЛАРИНИНГ ДЕГРАДАЦИЯСИ
Каримберди Онарқулов Эгамбердиевич, Гулноза Жўраева Фазлитдиновна 556
ISITISH TIZIMI UCHUN ENERGIYA SAMARADOR RADIATORLAR
Madaliyev Erkinjon O'rinboyevich, Mo'minova Sayyoraxon Azizjon qizi 560
ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСЕЙ В РАЗНОПЛОТНОСТНЫХ ПОТОКАХ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Абдуллаев Бахром Халилжонович. 567
ПОЛУПРОВОДНИКИ КАК МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРОВ В МЕДИЦИНЕ
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна 573
ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ КАК ФАКТОРА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
Хуснутдинов Азат Назипович, Турсуналиев Санжарбек Мухамаджон угли 577
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛИНЫ ПУТИ СМЕШЕНИЯ СТОЧНЫХ И РЕЧНЫХ ВОД НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ
Абдуллаев Бахром Халилжонович. 580
QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA INFRATUZILMASINI AVTOMATLASHTIRISHDA SENSOR VA ROBOTLASHTIRISH TIZIMLARINING O'RNI
Oxunov Shohjaxon Obidjon o'g'li 587
BINO VA INSHOOTLARDA QO'LLANILADIGON ISSIQLIK TA'MINOTI TIZIMIDA ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH
Xakimov Temurbek Boxodirjon o'g'li 592
HAR BIR TUMANDA CHIQINDIXONA YONIGA MINI ZAVODLAR QURISH ORQALI ENERGIYA ISHLAB CHIQARISH
Abduxalilova Shaxnozaxon Baxtiyorbek qizi 596
ZAMONAVIY ALOQA TIZIMLAR SIGNALLARINING RIVOJLANISH TENDENTSIYASI
Ismoilov Ma'murjon Muxtorovich 600
GIDRAVLIK QARSHILIK KOEFFISENTINI ANIQLASHNING MATEMATIK MODELI
I.Mo'minov, S.A.Mo'minova. 607
PROBLEMS OF TRANSFORMER TECHNICAL CONDITION CLASSIFICATION AND WAYS TO SOLVE THEM
D.R.Abdullabekova, O.M.Kutbidinov 609
ИЧИМЛИК СУВИ ТОЗАЛАШ ТИЗИМЛАРИДА ЛОЙҚАЛАНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИНГ АТРОФ-МУҲИТ КЎРСАТГИЧЛАРИГА ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ ВА МОНИТОРИНГ УСУЛЛАРИ
Акрамов Ахрор Адхамжон ўғли 613
BIR JINSLI BO'LMAGAN YUPQA PARDALARNING VOLT AMPER BOG'LANISHINI O'RGANISH
A.A.Yuldashev 618
POLIKRISTAL YUPQA PARDALAR ZARYAD TASHUVCHILARNING HARAKATLANISH KINETIKASINI O'RGANISH
Sh.A.Islomova 622

EKO SHAHAR LOYIHASIDA GPON TEXNOLOGIYASI VA TARMOQ MONITORINGI. A.D.Yo‘ldoshev 625

ENERGIYA XAVFSIZLIGI VA IQLIM O‘ZGARISHIGA QARSHI KURASHDA MILLIY VA XALQARO STRATEGIYALAR: O‘ZBEKISTON MISOLIDA TAHLIL

Qurbonova Sarvinoz Nosirali qizi 630

ENGINEERING SOLUTIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIGITALIZATION OF TRANSPORT AND ENERGY INFRASTRUCTURE

Rustamov Baxtiyor Odiljon o‘g‘li, Kulmuradov Dilshod Istamovich 636

ISSIQLIK TA’MINOTI TIZIMLARIDA ISSIQLIK IZOLYATSIYASINING AHAMIYATI VA SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI.

Maxsitaliyev B.I. 640

BIR O‘LCHAMLI FAZODA TOLQIN TARQALISH TENGLAMASINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

D.M.Davronova; M.U.Sodiqov 647

MOBIL TARMOQLARIDA ZAXIRA ENERGIYA TA’MINOT MANBASINI PRINTSIPIAL SXEMASINI ELEKTR HISOBI

Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li, ... 649

SUV TOZALASHDA ARZON ENERGIYADAN FOYDALANISHNING SAMARADOR USULLARI

Qurbonova Sarvinoz Nosirali qizi 654

PAXTA TOZALASH KORXONALARIDA CHANGLI GAZLARNI TOZALOVCHI YANGI APPARATDA KONUSSIMON SETKALARNI QO‘LLASH

Qo‘chqarov Bobirmirzo Ulug‘bekovich 660

ИНТЕНСИВ МОДУЛЯЦИЯЛИ АЖРАТИЛГАН АКУСТИК ОПТИК ТОЛАЛИ ДАТЧИКЛАР

Эргашев Ш.У. 664

ВАЖНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Абдухалилова Шахнозахон Бахтиёрбековна 667

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОБАТАРЕИ: АНАЛИЗ И ПРОГНОЗЫ

Нурдинова Разияхон Абдихаликовна 671

ЧАНГЛИ ГАЗЛАРНИ ҲЎЛ УСУЛДА ТОЗАЛОВЧИ КОНУС СЕТКАЛИ ЯНГИ ҚУРИЛМА ЯРАТИШ

Қўчқаров Бобирмирзо Улуғбекович 675

ENERGIYA ISHLAB CHIQARISHNING EKOLOGIK OQIBATLARI VA ULARNI KAMAYTIRISH STRATEGIYALARI

Yuldasheva Nilufar Abduvaxidovna 679

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ВРЕМЕННОЙ И ТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

Эргашев Шоҳбозжон Умарали ўғли 683

STOMATOLOGIK SOHADA CBCT TEXNOLOGIYASINING AFZALLIKLARI

И.Содиқова, Х.А. Axmadalieva 689

АНАЛИЗ И ВЫБОР МОНОХРОМАТОРОВ ДЛЯ ФОТОТЕРМОГЕНЕРАТОРА СЕЛЕКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мамадалиева Лола Камилджановна 694

1. MILLIY ENERGETIKA MUSTAQILLIGIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI: GLOBAL SIYOSAT VA AMALIYOT;

1. RENEWABLE ENERGY SOURCES IN NATIONAL ENERGY INDEPENDENCE: GLOBAL POLICY AND PRACTICE.

2.XALQARO PLATFORMALARDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA SAVDOSI VA BLOKCHEYN TEXNOLOGIYALARINING O‘RNI;

2. THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY TRADE AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES ON INTERNATIONAL PLATFORMS.

7.ENERGIYA XAVFSIZLIGI VA IQLIM O‘ZGARISHIGA QARSHI KURASHDA MILLIY HAMDA XALQARO STRATEGIYALAR VA YONDASHUVLAR;

7. NATIONAL AND INTERNATIONAL STRATEGIES AND APPROACHES IN ENERGY SECURITY AND CLIMATE CHANGE MITIGATION.

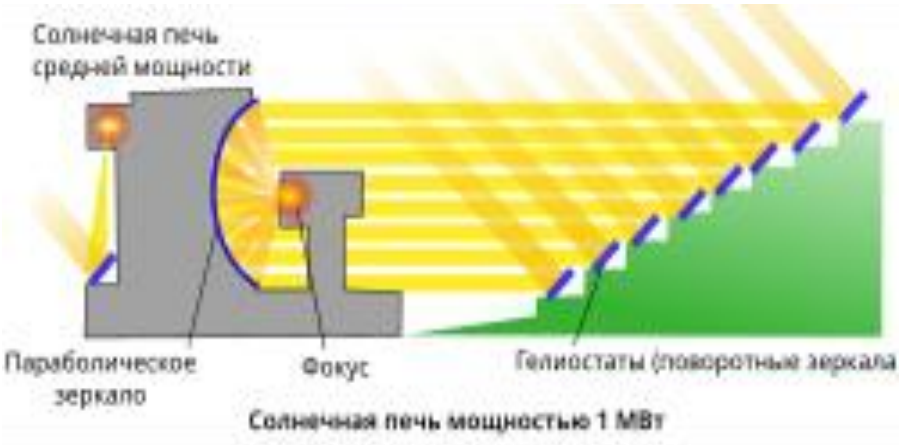
- **Moderatorlar: N.A. Matchanov, N.N. Dalmuradova.**
- **Moderators: N.A. Matchanov; N.N. Dalmuradova**

СОЛНЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГОПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ, ПЛАВКЕ И СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ

М.С.Пайзуллаханов[1,2], О.Р.Парпиев[1], Р.Ю.Акбаров[1], Э.З.Нодирматов[1]

[1]Институт Материаловедения Академии Наук, [2]Ферганский Государственный Технический Университет

В настоящее время широко используются Высокотемпературные солнечные печи в различных отраслях науки и технологий. Солнечные печи фокусируя солнечные лучи с помощью параболических зеркал или гелиостатов на центральном координационном центре формируют поле высоких температур (более 1000°C). Они применяются в промышленности для плавки металлов, а также в научно-исследовательских целях для изучения свойств материалов при экстремальных температурах. Крупнейшими примерами таких печей являются Одейлийская солнечная печь во Франции и Гелиокомплекс «Солнце» в Узбекистане.



Солнечные технологии представляют собой одну из наиболее перспективных областей в сфере энергопроизводства, переработки и синтеза

материалов. В условиях глобального изменения климата и истощения традиционных источников энергии, необходимость перехода на устойчивые и возобновляемые источники энергии становится все более актуальной. Солнечная энергия, как наиболее доступный и экологически чистый ресурс, открывает новые горизонты для эффективного использования в различных отраслях, включая промышленность и экологию.

По сравнению с «классическими» печами солнечные печи обладают рядом существенных преимуществ. Прежде всего они дают возможность получить резкий скачок температуры. Скорость «теплового удара» в них превышает тысячу градусов в секунду. Во-вторых, расплавленное вещество не соприкасается ни с топливом, ни с угольными электродами, которые обычно являются источниками загрязнения продуктов плавки. Можно вести плавку в окислительной или восстановительной атмосфере. Все это важно для получения особо чистых металлов и сплавов, для производства редкоземельных металлов, например скандия, иттрия, лантана, которые удается выделить из их окислов только при температуре более 2000^{o}C и при условии, что источник энергии не выделяет загрязнений.

Высокотемпературные солнечные установки дадут возможность выплавлять особо чистое стекло для волоконной оптики, способной произвести революцию в технике связи. Солнечные печи очень удобны для порошковой металлургии, для получения химически чистых и тугоплавких материалов, применяемых в авиации, космонавтике и ядерной энергетике.

В плане развития солнечных технологий ведутся обширные исследования по созданию заданных технологических режимов с использованием солнечных концентраторов, например, формирование однородности температуры внутри реакционных камер для обработки материалов, современные методы контроля протекающих процессов и др. Кроме того, предлагаются новые инновационные модульные системы для улавливания, концентрации и контроля концентрированного солнечного излучения

Основной характеристикой концентраторов солнечного излучения – солнечных печей, является распределение плотности концентрированной энергии в их фокальной зоне (карта распределения плотности). Важна также информация о динамике технологических процессов: интенсивность процессов, температура плавления и синтеза материалов и др.

На первом этапе интерес вызывает оценка эффективности использования функциональных возможностей Большой Солнечной Печи на сегодняшний день. Для расчета энергетических характеристик солнечной печи нужны значения коэффициента концентрации, плотности потока энергии, распределение потока в фокальной зоне, КПД оптической системы. Для их измерения используют радиометры, калориметры, системы технического зрения и оптические датчики.

В настоящее время Большая Солнечная Печь оснащена современными приборами для измерения плотности концентрированной солнечной энергии, температуры исследуемых материалов - ИК-пирометр IG-12 TSP IR «IMPAC infrared GmbH», тепловизоры, радиометры, фотометры, актинометр АТ-50.

Для начальных условий: E_0 =700 Вт/м^2 – прямая солнечная радиация, R_{sc}= R_{sg} = 0.6 - коэффициент отражения зеркал концентратора и гелиостатов, неточности зеркал концентратора и гелиостатов σ =7 (σ = σ_c= σ_g) угловых минут получены следующие результаты.

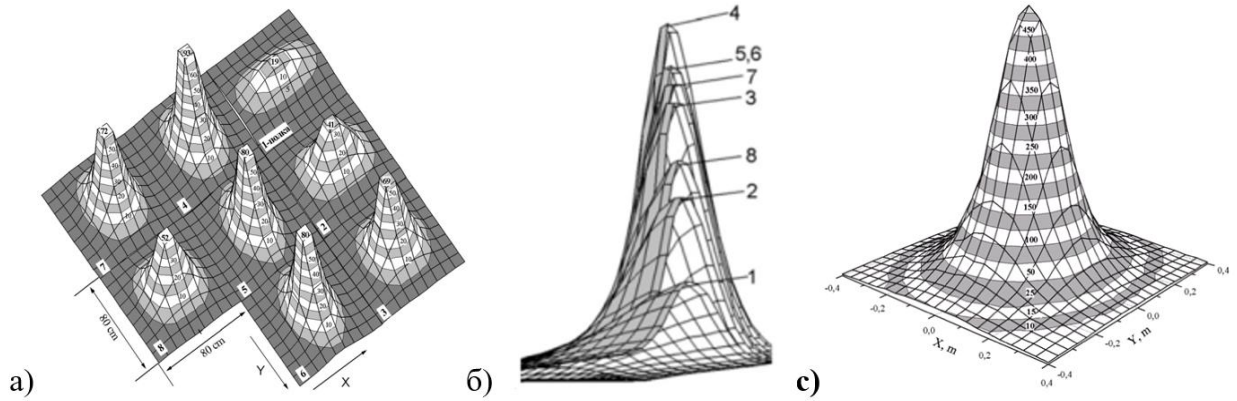


Рис.1*. а). Трехмерное распределение плотности энергии от отдельных полок гелиостатов. б). Сечение суммарного распределения на разрезе отдельных полок. с). Трехмерное распределение от всей БСП.*

В таблице 1 приведены фокальные вклады отдельных полок в формировании общего фокального пятна БСП. Измерения проводились с использованием радиометра GG01 Gardon gauge фирмы Hukseflux. Таблица 1. Фокальные облученности отдельных гелиостатов и Вклады отдельных полок гелиостатов (измерения). Здесь I - номера полок гелиостатов, II – расчетные данные интенсивности потока в фокальном пятне Вт/см^2, III – солнечная радиация, Вт/м^2, IV – экспериментально измеренные значения интенсивности потока в фокальном пятне, Вт/см^2

№	%	№	%	№	%	№	%	№	%
1	0.67	2	0.56	3	1.05	6	0.45	7	1.38
8	1.12	9	2.06	13	0.44	14	0.79	15	2.18
16	1.74	17	3.21	22	0.79	23	1.04	24	2.96
25	2.41	26	4.34	31	0.93	32	1.2	33	3.45
34	2.25	39	1.02	40	0.97	41	3.39	42	2.17
47	0.8	48	1.04	49	2.96	50	2.34	55	0.25
	1.31	57	1.24	58	2.55				

I	II	III	IV
1	Нет данных		
2	34,1	914	33,58
3	8,73	727	10,81
4	50,97	837	54,81
5	58,8	804	65,82
6	18,7	859	19,59
7,8	Нет данных		
Сумма			

Нами разработана методология комплексной оценки энергетических и технологических характеристик солнечных печей, что позволяет повысить эффективность и надежность применения солнечных печей (таблица 2).

Таблица 2. Сравнение энергетических и технологических характеристик печи

Энергетические характеристики		
Что измеряется	Методы и приборы	Зачем нужно
Коэффициент концентрации	Фотометры, радиометры, калориметры	Определение эффективности оптической системы
Плотность потока энергии в фокусе	Калориметры, тепловые датчики, датчики Фойгта	Контроль мощности нагрева
Распределение энергии в фокальной зоне	Сканирующие калориметры, CCD-камеры с фильтрами	Оптимизация равномерности нагрева образца

КПД оптической системы	Измерение энергии до и после концентрации (радиометры)	Повышение энергоэффективности печи
Технологические характеристики		
Температурный режим процесса	Термопары, пирометры, тепловизор	Для оптимальных условий нагрева
Скорость нагрева/охлаждения	Регистрация температурных кривых	Контроль термообработки и плавки
Тепловые потери	Баланс энергии (вход/выход)	Повышение эффективности печи
Химико-технологические реакции	Газоанализаторы, спектроскопия, рентгеноструктурный анализ	Контроль состава и скорости реакций
Качество материалов	Микроскопия, рентгенография, металлография	Оценка свойств получаемых материалов
Надежность оборудования	Вибродатчики, системы мониторинга зеркал и охлаждения	Предотвращение аварий и повышение срока службы

Таким образом, энергетические и технологические характеристики БСП вполне пригодны для проведения высокотемпературных процессов преобразования, плавки и синтеза материалов в потоке концентрированного солнечного излучения высокой плотности.

На втором этапе кратко опишем экспериментальные исследования по синтезу материалов, представляющих интерес для систем хранения энергетики. Это материалы для систем хранения энергии – натрий-ионных аккумуляторов. В настоящее время невозможно представить деятельность человека без

использования электрических батарей, питающие такие устройства, как смартфоны, ноутбуки и электромобили. Возможность перезарядки Li-Ion батареи с высокой плотностью энергии, удлиняет их срок службы. Однако ограниченность запасов лития на Земле стимулирует поиск потенциального его заменителя. В этом аспекте может быть интересным исследование натрий-ионной батареи (SIB) с ионами Na+ в качестве носителя заряда [1], [2]. SIB обеспечивает преимущества низкой стоимость материала и обилие источников натрия [3]. SIB состоит из катода, анода и электролита.

Особый интерес представляет соединение $NaFeO_2$ как катодный материал в аспекте его низкой стоимости. А именно обилие сырья в качестве прекурсора, нетоксичное, экологически чистое и имеющее высокую теоретическую емкость (242 мАчг$^{-1}$) [4], [5], [6]. На практике было показано, что α-NaFeO2, полученный твердофазным синтезом имеет удельную емкость 80 мАчг$^{-1}$[4] и 85 мАчг-1 [6]. Для повышения удельной емкости необходимо модифицировать микроструктуру самого материала феррата натрия. Для этого используют расплавные технологии синтеза материалов.

Для этих целей нами использован синтез методом плавления шихты стехиометрического состава Na_2CO_3 + Fe_2O_3 в потоке концентрированного солнечного излучения на солнечной печи вертикальной оптической осью (рис.1).

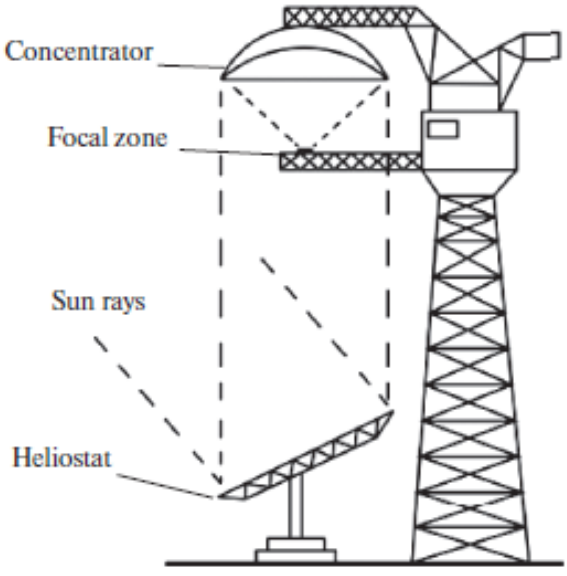


Рис. 1. *Схема солнечной печи для плавки материалов*

Плотность потока концентрированного солнечного излучения рассчитывалась на основе уравнение Стефана–Больцмана, которое описывает излучение нагретых тел,

$$Q = \varepsilon\sigma T^4$$

где ε — коэффициент черноты материала, σ = 5,67 × 10^{-8} Вт/м^{2}К^4 – постоянная Стефана–Больцмана, Т –температура тела (К).

Расплав охладили методом слива в воду. При этом скорость охлаждения составлял 10^3 град/сек. Закаленный в воду расплав измельчали до тонины 60 мкм, формовали в цилиндрики диаметром 8 и высотой 2 мм. Образцы цилиндрики спекали при различных температурах [8-10]

Рентгенофазовый анализ образцов выполняли на установке PANalytical дифрактометр Empyrean с Kα- излучением в геометрии отражения Брэгга –Брентано при λ = 1.5418 А, 20 ≤ 2θ ≤ 60° (λ –длина волны излучения; 2θ – угол Брэгга). Щелевая система была выбрана такой, чтобы пучок рентгеновских лучей полностью находился в пределах образца во всем диапазоне 2θ.

Сканирующая электронная микроскопия (JEOL JSM 6510 и HITACHI FLEXSEM 100) использовался для наблюдения за морфологией поверхности материала, FT-IR (SHIMADZU 8210ПК) анализ использовался для идентификации химических функциональных групп, а также измерялась его электропроводность по измерение импеданса (LCR-метр EUCOL 20 Гц – 5 Гц). Относительную плотность образцов ρ_r представляли в виде отношения плотности материала образца к плотности дистиллированной воды $\rho_{d.w}$= 0.98 г/см^3 при нормальных условиях. Относительная плотность $NaFeO_2$ составляла

$$\rho_r = \frac{\rho_m}{\rho_{dw}} = 4.07 \text{ г/см}^3.$$

Теплофизические исследования проводилось на синхронном термоанализаторе ТГА/ДСК/ТГ STA PT 1600/LT/ “Simultaneous thermal balance

TG-DTA/DSC STA PT 1600/LT” фирмы Linseis. Морфология образцов исследована с помощью СЭМ.

Результат DTA/TGA, показанный на рис.2, был получен путем нагревания смеси $Na_2CO_3 + Fe_2O_3$ в интервале температур от 27°C до 1000°C.

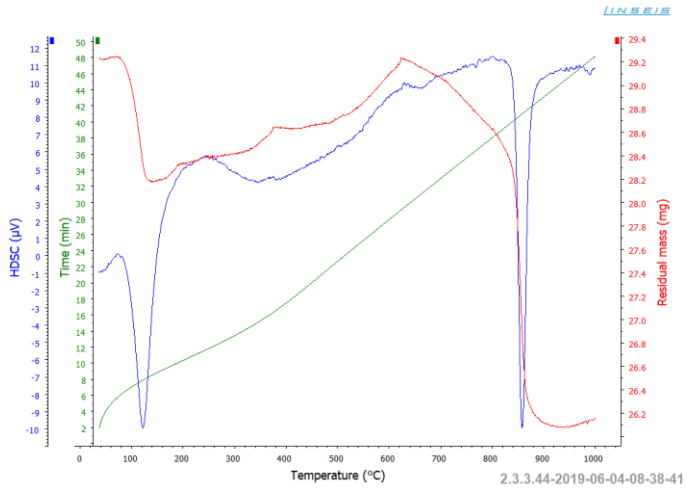


Рис. 2. *Кривые TG-DTA/DSC образца материала*

На первом этапе кривой TGA показано снижение массы синтезированного образца. Образец NaFePO4, который можно отнести к удалению адсорбированной воды при температуре от 27°C до 150°C. Дальнейшая потеря массы при температуре от 220°C до 330°C, возможно, происходит из-за испарения CO2, H2 и NH3, которые содержатся в исходных материалах. Пик при 850°C указывает на кристаллизацию и рост зерен продукта NaFeO2.

На рисунке 3 показан рентгенограмма NaFeO2, синтезированного из расплава на солнечной печи.

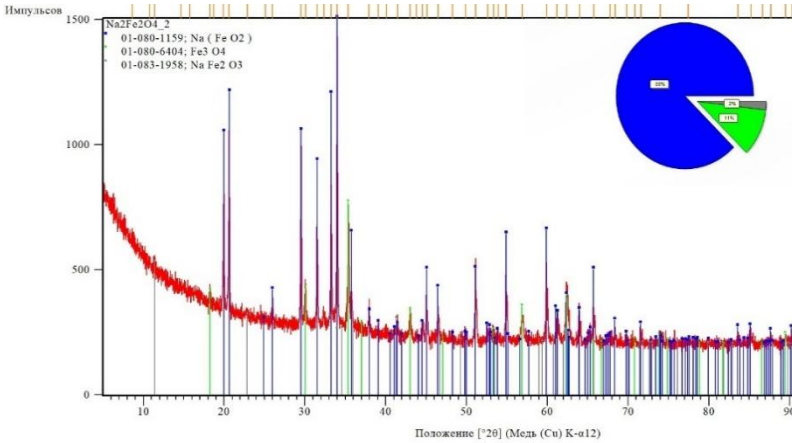


Рис.3. *Рентгенограмма образца материала NaFeO2, синтезированного из расплава на солнечной печи.*

Как показал анализ дифракционная картина (рис.3) полностью соответствует ID:mp-21880 (https://legacy.materialsproject.org/materials/mp-24974/**).** Соединение $NaFeO_2$ имеет тетрагональную кристаллическую решетку с параметрами a =5.638 Å, b =5.672 Å, c =7.279 Å. Степен кристалличности материала составляет 92%. Из рис.4 видно, что частицы имеют квазисферическую форму с высокой агломерацией и средними размерами от 0,5 до 10 мкм. Также видно, что максимальное число частиц приходится на размер 1,2 мкм.

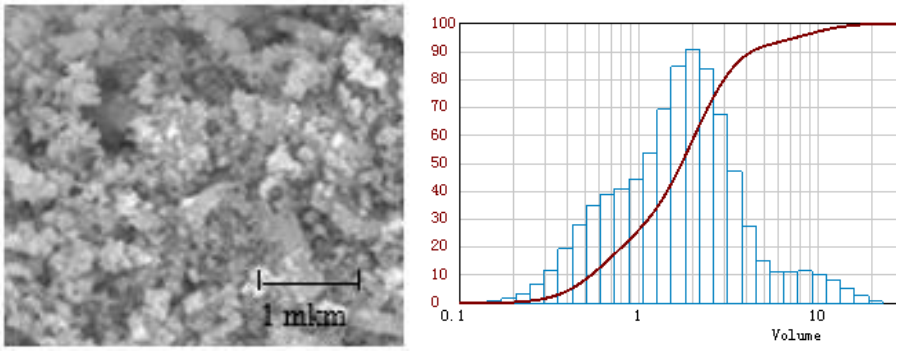


Рис. 4*. Микроскопический снимок (а) и спектр распределения частиц по размерам (б) образца материала*

Анализ вольтамперометрии установки системы Na><$NaFeO_2$><Al с Na^+/Na в качестве электрода сравнения и металлического натрия обнаруживает пик при 0,8 В при удельной емкости 110 мАч/г, что связано снижением потенциала в зависимости от Na+/Na. Это указывает на то, что $NaFeO_2$ сначала проводит Na^+ выщелачивание и поступление, а затем окислительно-восстановительный процесс Fe^{2+}/Fe^{3+}.

Таким образом, методом синтеза из расплава на солнечной печи получен материал $NaFeO_2$ тетрагональной модификации с параметрами решетки a =5.638 Å, b =5.672 Å, c =7.279 Å. Средний размер частиц материала составляет 1,2 мкм. Анализ вольтамперометрии доказывает, что $NaFeO_2$, обеспечивает окислительно-восстановительную активность Na^+/Na и окислительно-восстановительную активность Fe^{2+}/Fe^{3+}. Следовательно, NaFeO2 может быть потенциальным материалом для катода натрий-ионного аккумулятора.

В плане водородной энергетики нами проведены исследования по созданию материалов и систем получения водорода и его хранения.

Использование водорода в качестве энергоносителя ограничено проблемами его безопасного и эффективного хранения. Сегодня максимальная эффективность достигается за счет сжатия водорода до давления около 700 бар. Чтобы выдерживать такие высокие давления, резервуар должен быть достаточно прочным и непроницаемым для водорода. Однако чрезвычайно высокие давления взрывоопасны. Поэтому актуальны исследования альтернативных и более безопасных методов хранения водорода.

В этой связи перспективным является химическое связывание водорода с использованием гидридов металлов. Хранение на основе гидридов металлов позволяет безопасно хранить высокочистый водород при низких давлениях (от 1 до 40 бар) с очень высокой плотностью (до 150 кг/м^3 по сравнению с 39 кг/м^3 для водорода при давлении 700 бар) в виде обратимых гидридов металлов. Кроме того, металлогидридные аккумуляторы имеют высокое объемное содержание водорода по отношению к объему (массе) металла и могут регулироваться.

Кроме того, металлогидридные аккумуляторы характеризуются высоким объемным содержанием водорода по отношению к объему (массе) металла, регулируемым давлением и скоростью поглощения и выделения водорода, а также возможностью многократного использования. Методы и материалы. В экспериментах по гидрированию использовались такие металлы, как алюминий, титан, магний и литий. Металлы были в виде сыпучего материала или порошка. Такие методы, как рентгенофазовый анализ с использованием дифрактометра PANalytical Empyrean с излучением Kα в геометрии отражения Брэгга-Брентано при $\lambda = 1{,}5418$ A, $20 \leq 2\theta \leq 60°$ (λ – длина волны излучения; 2θ - угол Брэгга), сканирующая электронная микроскопия с использованием JEOL JSM 6510 и HITACHI FLEXSEM 100.) были использованы. Результаты. Мы провели эксперименты по гидрированию алюминия, титана, магния и лития. Процесс гидрирования металлов проводили в контейнере-реакторе из нержавеющей

стали с высокотемпературной насадкой. Образцы предварительно высушивали при 200°C, затем взвешивали на весах, помещали в реактор (рис.5).

Рис.5. *Высокотемпературный реактор*

Перед началом нагрева в реактор впускали водород, чтобы очистить камеру от воздуха. Затем закрывали кран и подавали водород под давлением P=10-15 атм и запускали нагрев в соответствии с заданным режимом. Эксперименты проводили при температуре T=150 - 700oC. Охлаждение проводили медленно в выключенной печи или быстро. Определяли массу m. Процесс гидрирования металла оценивали по соотношению сторон – отношению разности масс металла, поглощающего водород (M), и массы исходного металла (M0) к массе исходного металла

$$\alpha = \frac{M - M_0}{M_0} 100.$$

В случае пористого никеля поглощение составило 0,7 мас.% при 15 атм и 300°C. Магний поглощал водород в количестве до 1,5 мас.%. В образцах алюминиево-никелевого сплава не наблюдалось гидрирования ни при каких условиях. Порошки титана поглощали водород на уровне 3,8 мас.% при 12 атм и 700°C, что несколько ниже теоретического значения в 4,04 мас.%. TiH2. Образцы лития LiH показали высокие показатели поглощения. При температуре 700°C и

давлении 12 атм количество водорода в металлическом литии составляло 12,5 мас.%, следовательно, для получения хорошего поглощения (>6 мас.%) требуются высокие температуры (700°C) и высокие давления (>15 атм).

Было обнаружено, что разложение гидрида лития (LiH) происходит при нагревании до высоких температур (около 700°c) или при взаимодействии с водой. Термическое разложение приводит к образованию металлического лития и водорода: $2LiH \rightarrow 2Li + H2$

Когда он вступает в контакт с водой, он подвергается интенсивной реакции, которая приводит к образованию гидроксида лития и выделению водорода: $LiH + H2O \rightarrow LiOH + H2$

Расчеты показывают, что из 1 кг гидрида лития, растворенного в воде, можно получить 290 граммов водорода.

Таким образом, энергетические и технологические характеристики БСП вполне пригодны для проведения высокотемпературных процессов преобразования, плавки и синтеза материалов в потоке концентрированного солнечного излучения высокой плотности.

В частности, синтезирован материал на основе феррата натрия для использования в натрий ионных аккумуляторах хранения энергии. Разработаны гидриды металлов с высоким аспектным числом для хранения и транспортировки водорода.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Palomares, P. Serras, I. Villaluenga, K. B. Hueso, J. Carretero-González, and T. Rojo, “Na-ion batteries, recent advances and present challenges to become low cost energy storage systems,” *Energy Environ. Sci.*, 2012, vol. 5, no. 3, p. 5884.

2. G. X. Pan, F. Cao, and Y. J. Zhang, “Graphene foam integrated with lithium titanate as anode of Li ion batteries,” *Mater. Res. Bull.*, 2017, vol. 96, pp. 311–314.

3. H. Kim, R.A. Shakoor, C. Park, S.Y. Lim, J.S. Kim, Y.N. Jo, W. Cho, Miyasaka, K., Kahraman, R., Jung, Y., Choi, J.W., “Na2FeP2O7 as a promising iron-based pyrophosphate cathode for sodium rechargeable batteries” *Adv. Funct. Mater.*, 2013, vol. 23, no. 9. pp. 247-253.

4. N. Yabuuchi *et al.*, “P2-type Nax[Fe1/2Mn1/2]O2 made from earth-abundant elements for rechargeable Na batteries,” *Nat. Mater.*, 2012, vol. 11, no. 6, pp. 512–517.

5. K. Zhao, J.; Zhao, L.; Chihara, K.; Okada, S.; Yamaki, J.I.; matsumoto, S.; Kuze, S.; Nakane, “Electrochemical and thermal properties of a-NaFeO2 cathode for Na-ion batteries,” *J. Power Sources*, 2013, vol.244, pp. 752–757.

6. N. Yabuuchi, K. Kubota, M. Dahbi, and S. Komaba, “Research development on sodium-ion batteries,” *Chemical Reviews*. 2014.

7. S. Okada, Y. Tahahashi, T. Kiyabu, T. Doi, J.-I. Yamaki, and T. Nishida, “Cell Voltage [V,Na+/ Na] Specific Capacity [mAh / g],” in *ECS Meeting*, 2005, v.143, 1996, pp. 2435.

8. М. С. Пайзуллаханов,, Н. Х. Каршиева, Ф. Н. Эрназаров, С. М. Абдураимов, С. Исследование возможности применения кобальтита бария-стронция в водородной энергетике//*Теплоэнергетика, 2024, № 3, с. 102–107*

9. Акбаров Р.Ю. Парпиев О.Р., Пайзуллахонов М.-С.С., Нодирматов Э.З. Возможности извлечения металлов из техногенных отходов с применением концентрированного солнечного излучения//Металлург, 2022, №4 С.94-98

10. М.С.Пайзуллаханов, Ш.Д.Пайзиев, С.Х.Сулейманов. Моделироование процессов нагрева и охлаждения материалов//Гелиотехника. *2019, N. 6, p. 490–498*

11. International Energy Agency. The Future of Hydrogen, Seizing Today’s Opportunities // International Energy Agency: Paris, France. – 2019.

12. IRENA, Hydrogen: A renewable energy perspective, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. – 2019.

13. REN21. Renewables 2020 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat. – 2020.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ, С СОЛНЕЧНЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

А.М.Касимахунова

e-mail: anarxan.kasimaxunova@fstu.uz

ФерГТУ

Аннотация. *В тезисе доклада приводятся результаты исследования несогласования параметров электрической сети с выходными данными солнечных электростанций (СЭС). Указывается режимы ненормальных работ. Приведены рекомендации выполнения задач устранения ненормальных режимов работы по изучаемой проблеме.*

Ключевые слова: электрическая сеть, солнечная электростанция, режимы работы, задачи, решения.

Аннотация. *Ushbu ma’ruza tezisida elektr tarmoqlari parametrlarining quyosh elektr stantsiyasining (QES) chiqishi bilan mos kelmasligini o'rganuvchi tadqiqot natijalari keltirilgan. Anormal ish sharoitlari aniqlanadi. Ushbu g'ayritabiiy ish sharoitlarini bartaraf etish bo'yicha tavsiyalar berilgan.*

Kalit so'zlar: *elektr tarmog'i, quyosh elektr stantsiyasi, ish sharoitlari, muammolar, echimlar.*

Abstract. *This paper presents the results of a study examining the misalignment of electrical grid parameters with solar power plant (SPP) outputs. Abnormal operating conditions are identified. Recommendations for addressing these abnormal operating conditions are provided.* *Keywords: electrical grid, solar power plant, operating conditions, problems, solutions.*

Введение

Неуклонные рост интереса использования альтернативных источников энергии, ставит условия перед исследователями энергетики вопросы эффективного и долгосрочного использования их на практике. Это задача связана с некоторыми ненормальными и неустойчивыми режимами работы как локальных сетей, так и солнечными преобразователями [1÷3]. Поэтому, эффективное преобразование энергии солнечного излучения и оптимальная

связь их с энергетическими системами, требует изучение вопросов влияния помехов, внешних и внутренних воздействий, аварийных ситуаций и другие задачи. Исходя из этого, в настоящей работе приводятся результаты анализа работы сетей и СЭС, принципы построения задач, а также направление работ в этом пути исследования. Работа ведётся совместно с китайскими исследователями согласно международному проекту.

Постановка задачи

Как известно, активное использование потенциала регулирования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как фотоэлектрические системы, и повышение устойчивости распределительных сетей имеют большое значение для усилий Китая по повышению надежности энергоснабжения. Энергосистема Узбекистана слаба в фундаменте, а надёжность электроснабжения, практически низкая. Развитие потенциала регулирования возобновляемой энергии и повышение устойчивости распределительной сети являются важными мерами по повышению надежности электроснабжения. Отметим, что создание устойчивой распределительной сети с высокой долей возобновляемой энергии имеет большое значение для строительства новой энергосистемы.

Методика исследования

На основе методики исследования лежит изучение вопросов повышения устойчивости распределительной сети, включая гибкость, стабильность, надежность и экономичности. Это является стратегической основой и значением исследования (рис.1).

Согласна методики, сначала определяется состояние исследований по повышению устойчивости интегрированной распределительной сети с небольшой нагрузкой, которая включает в себя следующие вопросы: конфигурация оптимизации хранения энергии, высокая доля защиты и контроля распределительных сетей возобновляемой энергии и контроль распределения рисков и восстановления слабых районах Ферганской области. Исходя из этого устанавливается проблемы исследования (рис.2).

Анализ состояния сети и выбор цели исследования

Основа анализа опиралась на изучение проблем, связанных со сложностью характеристик безопасности и стабильности, а также границы устойчивого режима работы распределительной сети с небольшой нагрузкой и изменчивостью во времени. На рисунке 2 показана типичная архитектура системы распределения и потребления возобновляемой энергии с высоким содержанием альтернативных источников тока. Поставлен вопрос: как разумно сконфигурировать систему хранения энергии. Следующая задача заключалась в изучении различия переходных характеристик и потенциал управления распределительной сети с небольшой нагрузкой от традиционных электросетей. Отсюда ставилась задача перед нами как мы можем добиться автономного регулирования, гибкого управления и защиты. И, как резюме исследования, поставлена проблема развязки и в сценариях больших возмущений взаимоотношение между несколькими объектами с распределительными световыми зарядами. Отсюда были выбраны цели исследования и определены технические маршруты (рис.3).

Результаты исследования и рекомендации к их выполнению

Для получения важных результатов исследования задача построилась таким образом. Сначала определяем ключевые вопросы, затем разработали

технический маршрут исследования. Результаты исследования в первом и втором наращивании потенциала должны включить в себя конфигурацию оптимизации хранения энергии с учетом баланса спроса и предложения и устойчивости к рискам, станции возобновляемой энергии должны активно поддерживать технологию и совместную оптимизацию дисциплины источников реактивной энергии. Параллельно с этим контролируется ключевые технологии, где осуществляется динамическая оценка возможностей регулирования станций ВИЭ в реальном времени, координация ресурсов внутри и между станциями. Важно получить теоретическую систему пространственно-временного скоординированного восстановления распределительной сети с высокой долей ВИЭ.

Результатом исследования является разработка интеллектуальной платформы управления, при которой производится демонстрационная операция по повышению устойчивости распределительных сетей с высокой долей возобновляемой энергии по трем основным сценам:

1.Высокая фотоэлектрическая мощность, низкая нагрузка;

2.Фотоэлектрические и само балансирующие нагрузки;

3.Низкая фотоэлектрическая мощность, высокая нагрузка.

Разделение задач и получение результатов исследования исходит из следующих пунктов:

Задача 1: Исследование оптимальной стратегии распределения хранения энергии в распределительной сети с высокой долей возобновляемой энергии для баланса спроса и предложения и устойчивости к рискам;

Задача 2: Исследование по контролю и защите для повышения устойчивости крупных распределительных сетей возобновляемой энергии.

Задача 3: Метод диспетчеризации на основе оценки рисков для многовременной и пространственной координации распределительных сетей с высокой долей возобновляемой энергии в условиях значительных возмущений;

Задача 4: Исследование пространственно – временных скоординированных методов восстановления для распределительных сетей с высокой долей возобновляемой энергии;

Задача 5: Демонстрация многосценарной устойчивой эксплуатации для распределительных сетей с высокой долей возобновляемой энергии.

Заключение

В заключении отметим, что приведённая последовательность решения задачи является практически нашей рекомендацией при выполнении исследовательской работы по рассматриваемому вопросу. Она носит конкретный характер и охватывает большинство проблем согласования локальных электрических сетей с источниками ВИЭ.

Литература:

[1]. Алексеенко С. Не откладывая на завтра. Почему необходимо осваивать ВИЭ. 2019./Российская газета-Экономика Сибири/№162 (7920)//(Электронный ресурс).

[2]. Возобновляемая энергетика 2030: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции развития//Высшая школа экономики, 2017(электронный ресурс).

[3]. Ископаемай устойчивость/Партнёрский проект РБК + Энергоэффективность, №4, 2019. (электронный ресурс).

A TECHNICAL SYSTEM FOR THE CONVERSION OF SPENT GREENHOUSE SOIL BY ELECTROHYDRAULIC METHOD

Rustamov Nassim[1], Kibishov Adylkhan[1], Isroilov Faxriddin[2], Babakhan Shokhrukh[1]

[1]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University

[2]Jizzakh Polytechnic Institute

Annotation. *The paper proposes a technical system for converting spent greenhouse soil into productive soil. At the same time, it is stated that such a system works without mechanical effects on the cultivated soil. The proposed technical system works according to the principle of the Yutkin effect. Electrohydraulic impact is performed on the wet waste soil of the greenhouse, in order to split the clay fraction of*

the waste soil to obtain concentrated minerals and humus necessary for the plant. It is noted that the proposed technical system is powered by renewable energy sources (wind turbines), which is of no small importance. It is further noted that this technology of processing spent greenhouse soil is produced without mechanical effects on the soil, in order to preserve the productive quality of the greenhouse soil.

Keywords: *Soil, Yutkin effect, construction, alternative energy source, waste greenhouse soil, waste soil fraction, humus.*

Introduction. Continuous cultivation of vegetables and other crops in greenhouses leads to depletion of the soil. At the same time, plants take away useful elements, pathogenic microorganisms appear and multiply in the ground. Crop rotation in greenhouses does not help much to increase soil fertility and quality. Only high-quality soil replacement can radically solve the problem. After all, in principle, a plant needs moisture in the root area, nutrients and breathing air for development[1]. By definition, soil is the top layer of the earth, which has fertility. Figure 1 shows the composition of the soil.

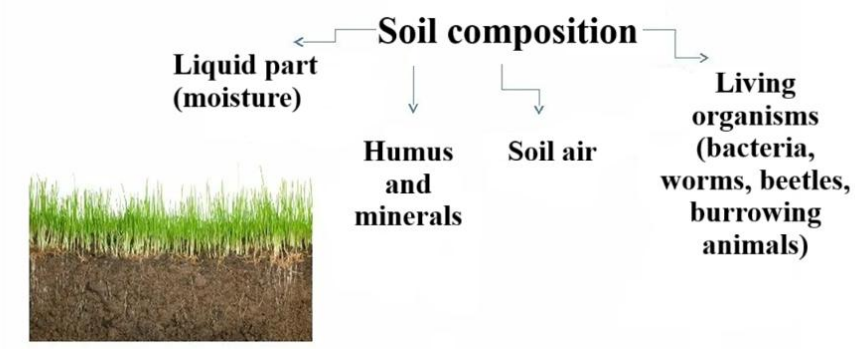


Figure 1*. Soil composition*

Plants are unable to obtain minerals and humus from the soil, which are in the fraction of silt of the earth having a dimension of 0.001 mm. At the same time, humus is the main organic matter of the soil, containing nutrients necessary for plants. Therefore, humus is an important criterion for assessing the fertility of the land. For this reason, plowing the land is the basis of the technology for obtaining humus. It is very difficult to reach the humus fraction of the soil by plowing. The way out of this situation is to use mineral fertilizers.

It is known that in modern technologies of cultivation of agricultural crops in greenhouses, the energy intensity of tillage is up to 35% of the total energy consumption. Such cultivation of greenhouse soils does not solve the issue of its reuse. This state of affairs requires the development of a new technology for cultivating the soil in greenhouses.

The purpose of the work. Development of a technology that decouples the humus fraction of the spent greenhouse soil without exposing the soil to mechanical stress..

The solution method. The classification of soils by granulometric composition is based on the percentage of two groups of fractions in fine earth: physical sand (particles from 0.01 to 1.00 mm) and physical clay (particles less than 0.01 mm). The physico-chemical properties of the soil are related to the size of the fractions and their ratio in the soil profile.

The most significant differences in the properties of the fractions are noticeable in the range of 0.001 mm. Particles smaller than this size, due to their high dispersion and special chemical and mineralogical composition, have a high absorption capacity, since clay minerals and humus predominate in their composition[2].

As is known, soils are loose polydisperse systems consisting of a continuous series of particles of different sizes, ranging from colloidal (less than 0.1 microns) to large (more than 1 mm).

The humus state of soils depends on the granulometric composition: the lighter the soil, the less humus it retains. The granulometric composition of the soil serves as a diagnostic feature of the genetic types of soil-forming rocks. From these properties of the soil, it is clear that it takes a lot of pressure to split the bonds mentioned above. On the other hand, given these properties of the soil, it is possible to turn it into fertile soil using the Yutkin effect[3]. The Yutkin effect is a physical phenomenon in which high—voltage electrical impulses cause a dielectric to rupture (for example, water, oil, air, etc.D.) with the formation of microcavitations, shock waves and plasma microbursts. This can lead to material degradation, sterilization, emulsification, and other effects. The mechanism of action itself is as follows: A high-voltage discharge is

applied to the liquid medium (usually from 20 to 100 kV). An instantaneous local breakdown occurs at the discharge site. This leads to the appearance of a plasma channel expanding at a tremendous rate. There is a shock wave that propagates in the medium. Cavitation occurs (bubbles form and collapse). The result is a mechanical impact on the material./the structure of the substance.

Thus, when a specially formed pulsed electric discharge is carried out inside a volume of liquid in an open or closed vessel, ultra-high hydraulic pressures arise around the zone of its formation, capable of performing useful mechanical work and accompanied by a complex of physical and chemical phenomena [2]. If the spent greenhouse soil is placed in a high-pressure zone (Figure 2), the spent soil splits and reveals the humus fraction (Figure 1). Such tillage promotes the transfer of trace elements, nitrogen and phosphorus contained in the soil to an aqueous solution, which increases their further assimilation by plants. The most important thing is that such cultivation of the soil occurs by non-mechanical action on the spent ground soil of the greenhouse [4].

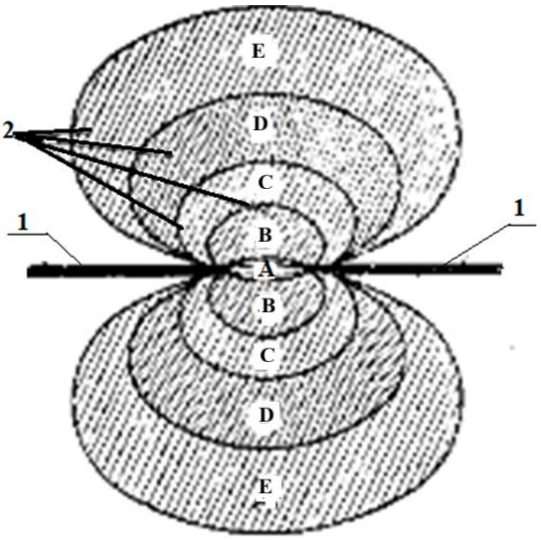


Figure 2. *The type of shape and location of pressure zones around the spark discharge in the initial period. 1-electrodes; 2- pressure zones*

By definition, Yutkin L.A. discharge zones have the following properties[3].

A is the spark discharge zone, **B** is the fracture zone; almost all materials break down into dispersed particles, and the liquid in it apparently acquires the properties of a solid, the shear modulus of the liquid is obviously less than the suggested 1010

din/cm2 wound, and the relaxation time of the liquid is much longer than previously assumed.

10-10 ÷ 10-12 seconds[3]. Hence, it seems likely that the liquid may acquire solid properties in the zones closest to the discharge zone. **E** is the compression zone; the pressure decreases very quickly with increasing distance from the source of occurrence. There is movement of large volumes of liquid. Placing metals in the destruction zone (**B**) at a distance less than half the length of the spark is not possible, since there is a breakdown on the metal (short circuit on the metal).

Zones **C, D,** and **E** surrounding the destruction zone have correspondingly large sizes and high temperatures. The instantaneous power of individual pulses is very high. Electrohydrostroke is energy compressed in time! To release all the useful energy of the discharge, it is necessary to extend the duration of the process. In our case, the cultivated soil must pass through zones **C, D,** and **E**. Our research has shown that only in this case we can get fresh, productive soils from waste soil.

As our research on the use of the electrohydraulic effect in agro-industrial sectors shows, very interesting patterns have been found[4,5]. These patterns led us to the idea of using the electrohydraulic effect to recycle waste greenhouse groundwater. Those who have been involved in growing plants in greenhouses know well that it is difficult to change the used ground of a greenhouse.

It is even more difficult to find productive soil to replace the spent land soil. This situation is already a problem. It should be noted that the appearance of universal substrates on the market is more of a marketing ploy than a real necessity. Their high demand lies in the name. Versatility means that any plant can be planted in it. But if the first substrates were good, then later their quality suffered greatly. You buy a "pig in a poke" under the name universal substrate. To achieve this goal, we have developed a technical system for obtaining fertile soil from the soil used in greenhouses and patented it[6].

Figure 3 shows the general scheme of a stationary technical system for electrohydraulic treatment of greenhouse waste soil.

The spent soil of the greenhouse is filled into the loading hopper (1). Such loading is carried out along the line (2). The soil, moving down along the envelope floor of the hopper, is mixed with water poured through pipes (4) and subjected to electrohydraulic action by means of electrodes of the disc-rod type (3). After exposure to the soil, the soil is discharged using a screw (5) to a trolley (6) and the line (7) replaces the waste soil site. Replacement of spent greenhouse soil is carried out without heavy machinery in order to avoid mechanical impact on the soil. The electrohydraulic effect is carried out according to the Yutkin principle. At the same time, the choice of electrodes generating an electric discharge is very important(3). When a specially formed pulsed electric discharge passes through a liquid, an area of ultra-high hydraulic pressures (up to 100,000 atm.) arises around the zone of its formation, capable of performing useful work[7,8]. The effectiveness of the electrohydraulic effect phenomenon is

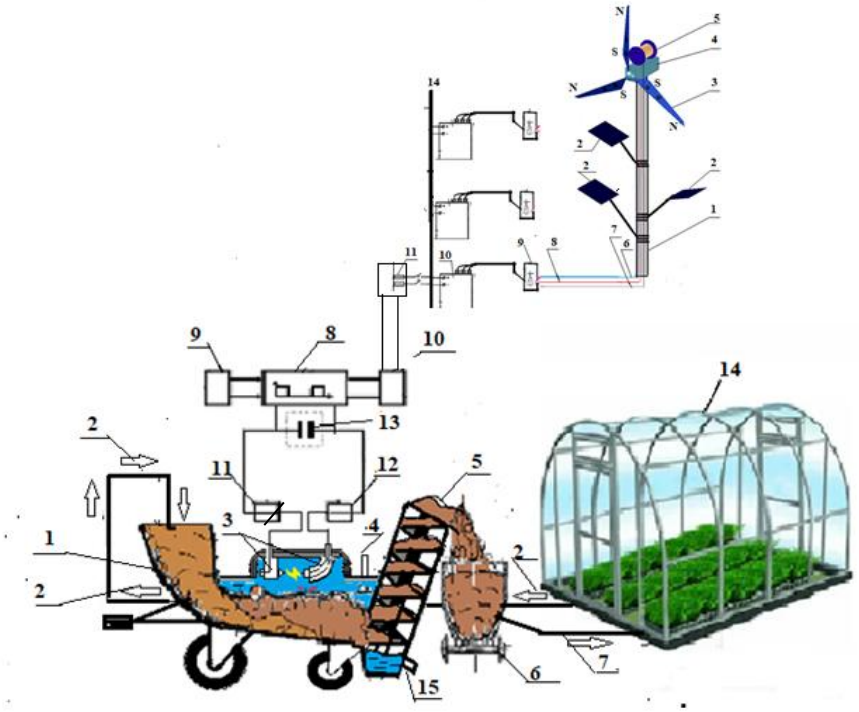


Figure 3. *Stationary device for electrohydraulic treatment of spent greenhouse soil.*

Here, 1 is a loading hopper; 2 is spent soil; 3 are "disc-rod" type electrodes for parallel discharge; 4 is water supply; 5 is a screw for unloading treated soil; 6 is a transport trolley; 7 is treated soil; 8 is a voltage converter; 9 is a control system for the

frequency and amplitude of electrical pulses; 10- the primary source of electricity; 11,12-electrical insulators; 13-storage electrical capacity; 14-greenhouse; 15- leaking water[9,11].

Conclusions. When using the electrohydraulic effect in the treatment of greenhouse waste soil, its physico-mechanical properties determine the amplitude, steepness of the discharge front, shape and duration of the electric current pulse, which affects the quality of the treatment of waste soil. Therefore, the treated soil must fall into the desired area of the electrodes (Figure 2). The technical system must be designed in such a way that the soil must be synchronously moistened by the most important factors affecting the occurrence and course of an electrohydraulic shock. This is a necessary condition for obtaining productive soil.

The practical implementation of this method has shown that the proposed design can be used in regions remote from energy sources. Such low energy independence of the proposed device proves once again the effectiveness of the proposed technology in the treatment of used land soil and obtaining productive[10,12].

Literature

1. Goltsova L. I. EGE – new in agriculture / L. I. Goltsova. – M. : Agropromizdat, 1987. – 111 p.

2. Panov I.M., Vetokhin V.I. Physical foundations of soil mechanics. Moscow: Feniks, 2008, 266 p.

3. Yutkin L. A. Electrohydraulic effect and its application in industry / L. A. Yutkin. Moscow : Mashinostroenie, 1986. 247 p.

4. Babitsky L. F., Kuklin V. A. Prerequisites for the use of the electrohydraulic effect in soil cultivation mechanization. Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University. Issue 46. Technical Sciences, 2014, pp.77-79.

5. A. S. 354683 (USSR). Method of obtaining fertilized soil/L. A. tkin , L. I. Goltsov a -Application 07.06.63, No. 946809/30—15, Publ., 1983, № 20. 71.

6. Rustamov N.T., Abdukulova Z. K., Meirbekova O. D., Babakhan Sh. A., Mukhamedzhanov N. B. Electrohydraulic system For purification of used greenhouse

soils, the Patent of the Republic of Kazakhstan for utility model No. 10776 dated 06/27/06/2025

7. Rustamov, N., Berkimbayev, K., Abdikulova, Z., Meirbekova, O., Issabekov, Z., Babakhan, S., & Rakhmetova, P. (2024). Creation of a distributed energy system for the production of thermal and electric energy. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(8 (132), 6–15. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.318785

8. Rustamov Nassim, Meirbekova Oksana, Kibishov Adylkhan, Mukhamejanov Nuridin, Babakhan Shokhrukh. Thermal Energy Generation System for Greenhouses. E3S Web of Conferences 619, 02005 (2025)

9. Rustamov, N., Berkimbayev, K., Abdikulova, Z., Meirbekova, O., Issabekov, Z., Babakhan, S., & Rakhmetova, P. (2024). Creation of a distributed energy system for the production of thermal and electric energy. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(8 (132), 6–15. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.318785 https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561902005

10. Rustamov N. T., Tulebayeva G., A. Stationary device for processing waste soils of greenhouses by electrohydraulic method. - Jizzakh, collection of materials of the international scientific and practical conference: "Innovative technologies in the environment of digitalization of higher education: problems and solutions", 2024, Part 2, pp. 956-961.

11. Kibishov, A., Kilic, G. A., Rustamov, N., & Genc, N. (2024). Thermal Analysis of Radiation Heat Transfer of Improved Fractal Solar Collectors. Applied Sciences, 14(23), 11155.

12. Rustamov, N., & Kibishov, A. (2024). Vacuum fractal solar collector. In BIO Web of Conferences (Vol. 84, p. 05024). EDP Sciences

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ДВУСТОРОННЕ-ОСВЕЩАЕМЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Р. Алиев

e-mail: alievuz@yahoo.com

Андижанский государственный университет

Будущее расширение внедрения кремниевых солнечных элементов (СЭ) в качестве перспективного способа покрытия энергоснабжения и оздоровления окружающей среды зависит от дальнейшего повышения их эффективности фотоэлектрического преобразования энергии снижения себестоимости. Важным решением такой проблемы является использование двусторонне-освещаемых (ДО) СЭ, которые могут дополнительно преобразовывать диффузионно-рассеянного или перенаправленного на тыльную сторону солнечного излучения. Согласно прогнозам ученых [1] вклад ДО СЭ будет возрасти существенно в ближайшем будущем и может достигать до 60% в общей глобальной фотоэлектрической системе в 2029 году. Но для этого целесообразно выполнять актуальные целевые фундаментальные и прикладные научные исследования, способствующие реализации эффективных процессов фотогенерации неравновесных носителей заряда в тонком базовом слое, стимулирования их разделения *p*-*n*-переходом, уменьшения рекомбинационных и оптических потерь на фронтальных и тыльных поверхностях при условии двустороннего освещения [2, 3]. Другим важным фактором использования ДО СЭ является отличительные от обычных СЭ спектров поглощения, отражения и пропускания, которые могут вызвать необходимость определения особенностей поверхностных оптических свойств и температурных коэффициентов их основных фотоэлектрических параметров [4, 5]. Данная исследовательская работа посвящена на решении вышеупомянутых актуальных научных и прикладных задач.

В качестве исследовательского метода использована система приборно-технологического моделирования “Sentaurus TCAD” и частично экспериментальные возможности лаборатории “Возобновляемых источников

энергии” при АГУ, а именно современные измерительные оборудования: “Sinton Instrument Suns-V_{oc}” и “Zolix”. Смоделирована геометрическая форма ДО СЭ со структурой p^+-n-n^+ и n^+-p-p^+на основе кремния n- и p- типа проводимости (Рис. 1).

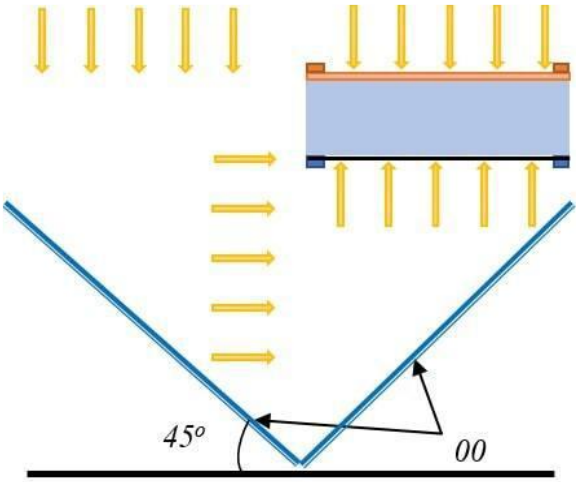


Рис. 1. *Геометрическая модель ДО СЭ при условии двустороннего освещения.*

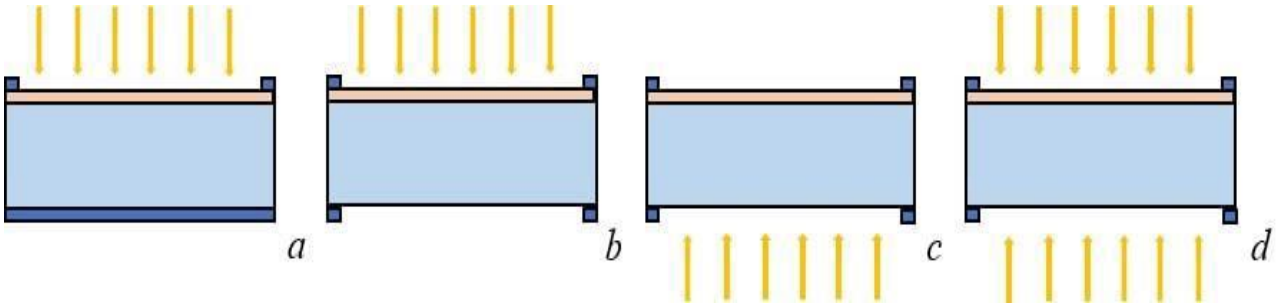


Рис. 2. *Различные условии освещения планарного (a) и ДО СЭ (b, c, d).*

На каждые конструкционные элементы (эмиттер, база, изотипный слой и электродные контакты) заданы необходимые геометрические (ширина и толщина) и физические (концентрация легирования параметры, соответствующие современным кремниевым СЭ. С целью определения оптимальных условий переноса носителей заряда в освещенном ДО СЭ варьировалась концентрации легирования соответствующими примесями в слоях эмиттера, базы и тыльного изотипного слоя в общем диапазоне от 10^{14} $см^{-3}$ до 10^{19} $см^{-3}$.

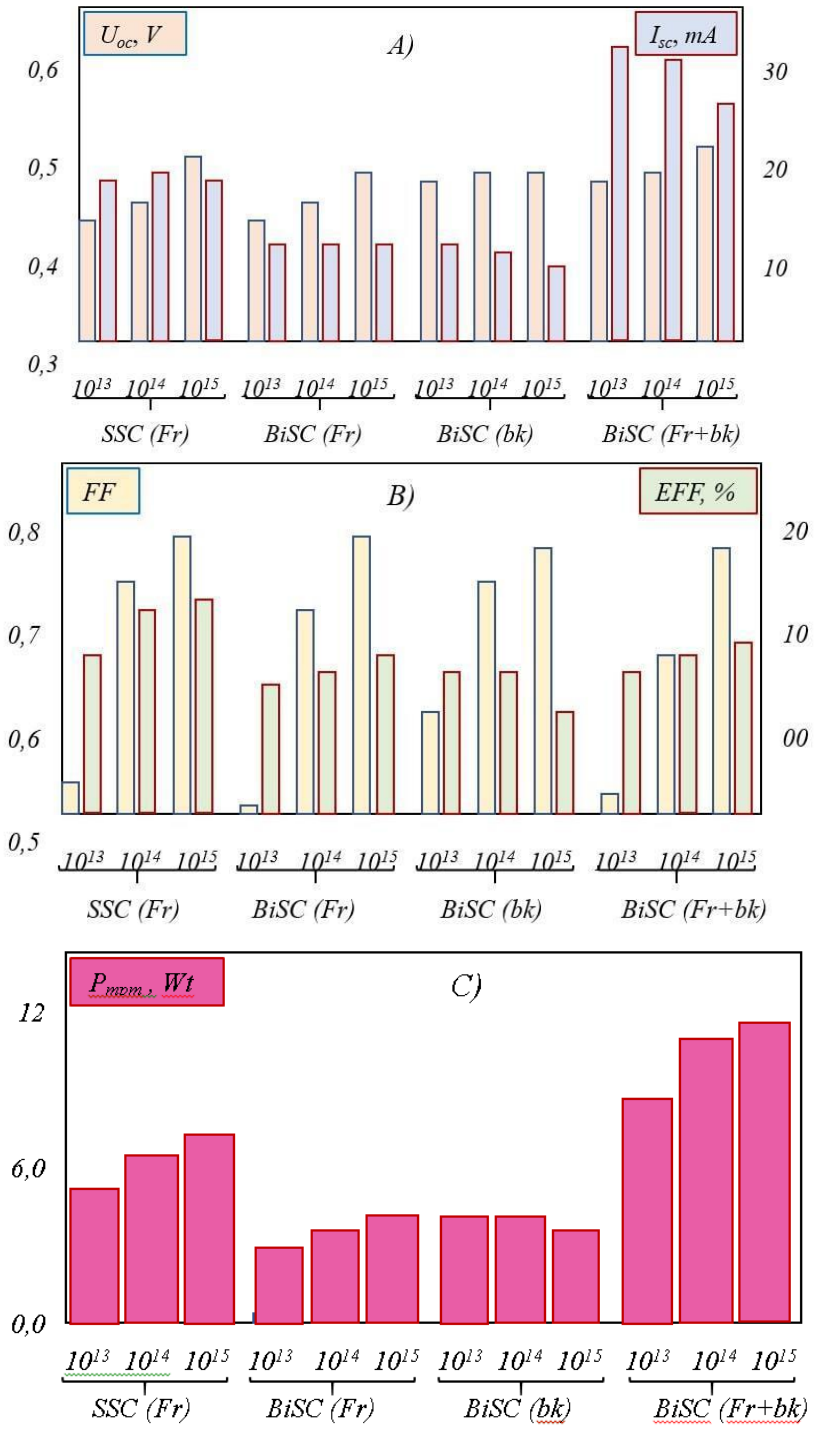


Рис. 3. *Диаграммы зависимости тока к.з. и напряжения х.х.*

(A), филл фактора и эффективности (B), максимальной выходной мощности (C) от уровня легирования базы планарного (SSr) и ДО СЭ (BiSC) при различных условиях освещения: с фронтальной (Fr), тыльной (bk) и двусторонней (Fr+bk).

Геометрическим моделированием предусмотрено различные условии освещения СЭ (с фронтальной, тыльной и одновременно-двусторонней) с

различной плотностью солнечного излучения в диапазоне от 200 до 1200 мВт/см^2 (Рис. 2). Также в расчетах учитывалось процессы тепловыделения за счет Оже рекомбинации в базе СЭ с определением температуры. Таким образом, установлено, что ДО СЭ при выборе оптимального пирамидального текстурирования и антиотражающего покрытия может показать высокие значения эффективности (до 23,9 %) фотоэлектрического преобразования. Также определены расчетные температурные коэффициенты основных фотоэлектрических параметров ДО СЭ. Относительно низкие значения температурных коэффициентов основных фотоэлектрических параметров ДО СЭ свидетельствуют о высокой их стабильности в условиях жаркого климата.

Литература

1. Chris Deline, Silvana Ayala Peláez, Bill Marion, Bill Sekulic, Michael Woodhouse, and Josh Stein Bifacial PV System Performance: Separating Fact from Fiction. // (Sandia National Labs) PVSC-46, Chicago, IL 2019.

2. Aliev R., Komilov M., Gulomova I., Mirzaalimov A., Mirzaalimov N., Aliev S., Gulomov J. Effect of temperature on the properties of a bifacial textured solar cell. // Відновлювана енергетика. №2/2025 | Сонячна енергетика. PP. 97-105. https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.2(81)97-105

3. R. Aliyev, O. Bozarov, D. Kodirov, J. Kaxxorov, D. Xonbutayeva Study on photovoltaic characteristics of bifacial solar panels. // 01016 (2024). E3S Web of Conferences. 497. ICECAE 2024, pp. 1-7. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449701016

4. R. Aliev, M. Komilov, N. Mirzaalimov, A. Mirzaalimov, S. Alive, I. Gulomova, J. Gulomov2 Textured Bifacial Silicon Solar Cells Under Various Illumination Conditions. // J. Nano- Electron. Phys. 16 No 5, 05025 (2024) https://doi.org/10.21272/jnep.16(5).05025

5. Aliev, R., Komilov, M., Aliev, S., & Gulomova, I. (2025). Comparative analysis of conventional and bifacial solar cells under various illumination conditions. // Physics and Chemistry of Solid State, 25(4), 844–852. https://doi.org/10.15330/pcss.25.4.844-852

THE COMBINED MODE-LOCKING REGIME IN LIF:F_2 AND INTRACAVITY SECOND HARMONIC GENERATION OF ND: YAG LASER

Sh.B. Reyimbaev[1,2], U.B. Uljayev[1,2], E.X. Yusupov[1], F.M. Safarov[1], A.B.Yunusova[1].

[1] Denau institute of entrepreneurship and pedagogy, 360 Denau city, Surkhandarya Region, 190507, Uzbekistan

[2] Institute of Ion-Plasma and Laser Technology, Durmon yoli str. 33, Tashkent 100125, Uzbekistan

Abstact: In this work, the possibility of generating ultrashort laser pulses in a lamp-pumped Nd:YAG laser under a passive modulation regime was investigated. The laser resonator employed a LiF:F2 crystal as a passive saturable absorber, as well as a nonlinear mirror composed of an LBO nonlinear crystal and a dichroic mirror. The results show that the nonlinear mirror (NML) technique can be effectively applied not only in diode-pumped systems but also in lamp-pumped Nd:YAG lasers to achieve stable and efficient Q-switched mode-locking (QML) operation.

Key words: saturable absorber, nonlinear mirror, second harmonic generation, Q-switched mode-locking.

Ultrashort laser pulse generation technology has found wide application in optical communications, spectroscopy, and medical diagnostics. Both active and passive modulation techniques are used to generate such pulses, among which the passive method stands out for its simplicity and stability. LiF:F_2 crystals are considered effective passive saturable absorber materials due to their high optical transparency and fast recovery characteristics [1]. In addition, a NML system composed of an LBO crystal and a dichroic mirror produces nonlinear feedback in the laser resonator through second harmonic generation [2]. In this work, the possibility of generating stable QML pulses in a lamp-pumped Nd:YAG laser using a combination of a LiF:F_2 passive absorber and a nonlinear mirror has been investigated.

The experimental setup is illustrated in Fig. 1. The laser cavity was constructed with a 6.3 mm × 75 mm Nd:YAG laser rod pumped by a flash lamp operating at a repetition rate of 1 Hz. A LiF:F_2 crystal with an initial transmission of 40% was used as a passive saturable absorber (SA), while a 2.5 mm aperture (A) was introduced to select the TEM_{00}. The NLM consisted of a 20 mm LBO crystal for e→oo type second

harmonic generation (θ = 11.6°) and a dichroic mirror reflecting over 99% at 532 nm and transmitting 28% at 1064 nm.

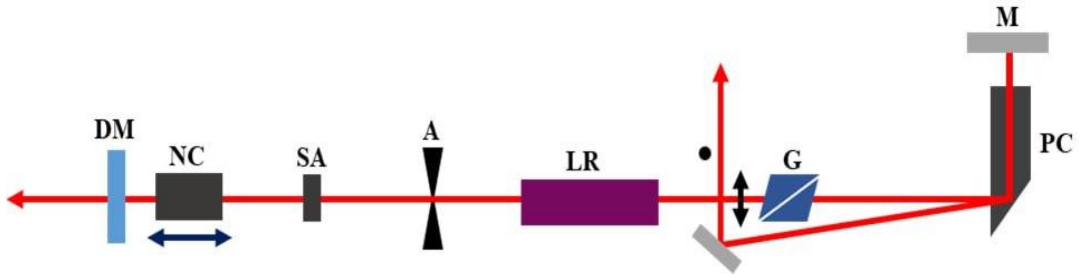


Fig.1. *Optical scheme of a laser oscillator pumped by flash-lamp:*

M: laser cavity mirror (100% reflectance at 1064 nm), PC: Pockels cell, G: Glan prism, LR is Nd:YAG laser rod, A is aperture for selection of the transverse laser modes, SA: is LiF:F_2 crystal based saturable absorber, NC is nonlinear LBO crystal. Black arrow is a polarization state (p polarization) of the train of laser pulses in the cavity and black dot is polarization state (s polarization) of the single laser pulse.

Phase shifts between the fundamental and second harmonic were compensated by air dispersion and fine-tuned using a translation stage for the LBO crystal. The total resonator length was 2000 mm, corresponding to the temporal spacing between picosecond pulses. The laser output stability was analyzed with an Ophir Nova II energy meter and an Agilent oscilloscope.

When only the LiF:F_2 crystal was placed inside the resonator, the laser operated in a Q-switched regime, and the pulse duration was measured to be 58 ns (Fig. 2a). In the next experiment, when the LiF:F_2 passive absorber was removed and the resonator consisted only of the LBO crystal and the dichroic mirror, unstable mode-locking pulses were generated. In this case, significant amplitude and phase fluctuations were observed, indicating poor stability of the output radiation. By adjusting the LBO crystal relative to the output mirror under phase-matching conditions and inserting the LiF:F_2 passive absorber into the cavity, QML pulses were obtained (Fig. 2b). This configuration improved the phase matching between the fundamental and second harmonic waves inside the resonator, enhanced nonlinear feedback, and ensured stable pulse formation. The generated ultrashort pulses were extracted from the resonator

using an optical shutter based on a Glan prism and a Pockels cell. Because of the low energy of the extracted pulses, direct measurement using an autocorrelator was not possible. Theoretical estimations indicated that the duration of a single extracted pulse was approximately 300 ps (Fig. 2c).

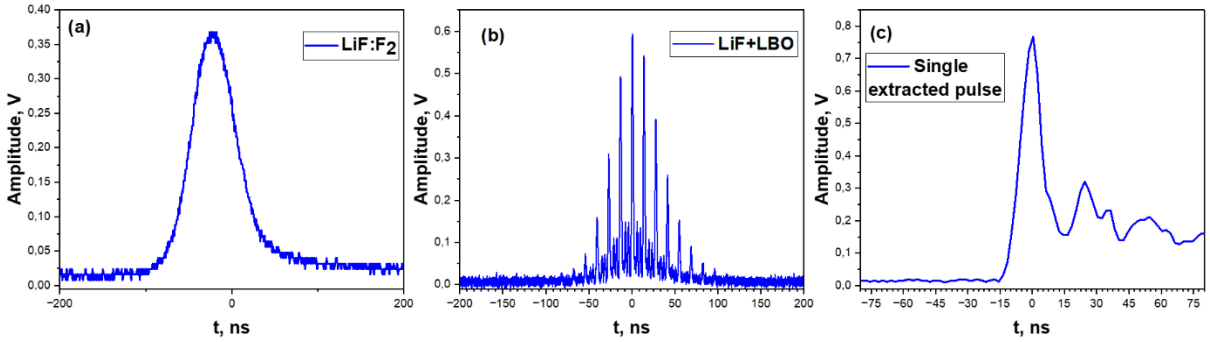


Fig.2. *Oscilloscope traces of laser pulses under different cavity configurations: (a) Q-switched pulse generated with the LiF:F_2 saturable absorber; (b) stable QML)pulses obtained with the LiF:F_2 absorber and LBO-based nonlinear mirror; (c) single extracted pulse from the QML regime using a Glan–Pockels optical shutter.*

In this study, Q-switched and QML pulse generation in a lamp-pumped Nd:YAG laser was demonstrated using a LiF:F_2 passive absorber and an LBO-based nonlinear mirror. The combination of these elements provided stable QML operation through improved phase matching and enhanced nonlinear feedback. The estimated pulse duration was about 300 ps, confirming ultrashort pulse formation and showing that nonlinear mirror techniques are effective even in lamp-pumped solid-state lasers.

References

1. X. Zhang et al., "Passive Q-switched mode-locked Nd:YAG laser with a LiF:F_2 saturable absorber," Optics Communications, vol. 356, pp. 345–349, 2015.

2. H. J. Kong et al., "Intracavity second harmonic generation in Nd:YAG lasers using LBO nonlinear crystals," Applied Physics B, vol. 67, pp. 349–353, 1998.

3. Q. Ma, H. Mo, and J. Zhao, "High-energy high-efficiency Nd:YLF laser end-pump by 808 nm diode," Opt. Commun. **413**, 220–223 (2018).

VODOROD SAQLASH UCHUN MODIFIKATSIYALANGAN BQUNT

U. X. Eshdavlatova[1], Z. Eshmamatov[1], M. Meliqulov[1], Sh.A. Muminova[1], Sh.B. Reyimbayev[1,2], E.X. Yusupov[1], F.M. Safarov[1], O‘.B. O‘ljayev[1,2]

[1] Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, 360 Denov shahri, Surxondaryo viloyati, 190507, O‘zbekiston

[2] Ion-plazma va lazer texnologiyasi instituti, Do‘rmon yo‘li ko‘chasi. 33, Toshkent 100125, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda (8,0) indeksli bir qavatli uglerod nanotrubkaning ichki qismiga turli miqdorda (n=0, 1, 4, 10, 18) palladiy (Pd) atomlari joylashtirilgan holatda vodorodning fizik adsorbsiyasi molekulyar dinamika usulida tahlil qilindi. Pd kiritilgan tizimlar gravimetrik zichlik 2,92 wt.% ga teng bo’ldi. Shuningdek, metal atomlarining yanada ko’proq kiritilishi (18 atom) adsorbsiyani kamaytiruvchi sterik to‘siqlar hosil qilishi mumkinligi ko‘rsatildi. Natijalar bir qavatli uglerod nanotrubka asosidagi metall-doplangan nanomateriallarning vodorod energetikasida istiqbolli ekanini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar. Uglerod nanotrubkasi, fizisorbsiya, vodorod saqlash, molekulyar dinamika, vodorod energetikasi.

Qazib olinadigan yoqilg‘ining kamayishi va atrof-muhitning buzilishi bilan bog‘liq muammolarning ortib borayotgani toza va barqaror energiya manbalarini izlashga undaydi [1]. Ushbu energiyamanbalarining aksariyati tabiatga zarar yetkazib kelmoqda. So’nggi vaqtda, qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanish yordamida ushbu muammoni qisman bartaraf etish mumkinligi tadqiqotlarda aniqlanmoqda. Xususan, ushbu energiya turlaridan biri bo’lgan vodorod yuqori energiya zichligi, ko‘pligi va faqat suv ishlab chiqaradigan ekologik toza yonishi tufayli istiqbolli nomzod sifatida paydo bo‘lib jadal sur’atlarda o’rganilib kelinmoqda [2].

Ushbu materiallar orasida uglerodga asoslangan nanomateriallar yengilligi va kimyoviy barqarorligi tufayli vodorodni saqlash uchun yetakchi nomzodlardir. Jumladan ushbu strukturalar orasida uglerod nanotrubkalari (UNT) katta sirt maydoni, yuqori mexanik mustahkamligi va fizisorbsiya va kimyosorbsiya orqali vodorod

sorbsiyasini kuchaytirish qobiliyati tufayli vodorodni saqlash uchun potensial materiallar sifatida keng o‘rganilgan [3].

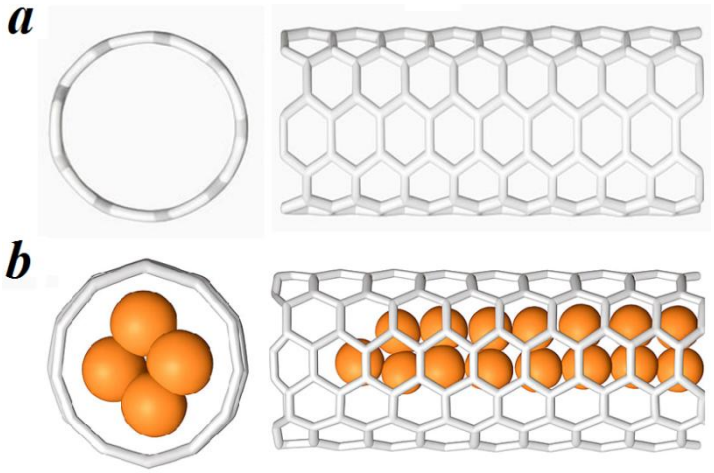
Ko’p sonli tadqiqotlarda UNT lar yordamida vodorod saqlash bo’yicha ishlar olib borilganiga qaramay, UNT ichida endoedral metall atomlari mavjud bo’lgan strukturalarda vodorod adsorbsiyasi bo’yicha tadqiqotlar o’zining ilk bosqichlarida [4]. Aytib o‘tish kerakki, ushbu metall atomlari orasida Pd vodorod adsorbsiyasini kuchaytirish uchun eng ko‘p o‘rganilgan metallar qatoriga kiradi. Pd qimmatroq bo‘lsa-da, vodorodning mukammal eruvchanligi va o‘tkazuvchanligini namoyish etadi, bu uni vodorod bilan bog‘liq texnologiyalarda namunaviy materialga aylantiradi. Ushbu tadqiqotda molekulyar dinamika (MD) simulyatsiyalari yordamida ushbu jarayonlar tahlil qilindi.

Pd atomlari bo‘lgan BQUNTlarda vodorodni saqlash jarayoni LAMMPS paketi yordamida reaktiv MD simulyatsiyalari yordamida tekshirildi. Tizimdagi atomlararo o‘zaro ta’sirlarni tavsiflash uchun ReaxFF potensialidan foydalanildi. Tizimning umumiy energiyasi turli xil qismiy energiya atamalarini o‘z ichiga oladi, masalan, bog‘lanish, ortiqcha muvofiqlashtirish, yetarli darajada muvofiqlashtirilmagan barqarorlik, yolg‘iz juftlik, valentlik burchagi, buralish, van der Vaals, kulon va o‘ziga xos o‘zaro ta’sirlar. ReaxFF oldindan belgilangan bog‘lanish topologiyasisiz bog‘lanish hosil bo‘lishi va dissotsiatsiyasini boshqarish qobiliyati tufayli tanlangan, bu BQUNT sirtlari va metall qo‘shimchalarida H_2 ning dinamik adsorbsion/desorbsiya harakatini modellashtirish uchun juda muhimdir

Ushbu ishda palladiy (Pd) bilan endoedral ravishda qo‘shilgan (8,0) xirallikli BQUNT larining tashqi yuzasida vodorod fizisorbsiyasini o‘rganish uchun amalga oshirilgan. Xususan, BQUNT ichidagi endoedral metal (Me_n@BQUNN, n=0,1,4,10,18) atomlari miqdori 0, 1, 4, 10 va 18 tani tashkil qiladi (mos ravishda Pd_0, Pd_1, Pd_4, Pd_{10} va Pd_{18}) va bu oldingi tadqiqotlarga moslashtirilgan holda tanlangan (1-rasm) [5].

Simulyatsiyalarda tizimdagi H_2 molekulalarining bosimi p=J^2nMRT/N_A sifatida hisoblanadi, bu yerda J - to‘qnashuv oqimi (nm^{-2}^ns^{-1}), N_A - Avagadro soni, R - universal gaz doimiysi, M - H_2 molekulasining molyar massasi (kg^mol^{-1}) va T

(tizimning harorati). NVT simulyatsiyasi davomida H_2 molekulalari nanotrubka yuzasini (~ 5,62 nm^2) o‘rab turgan muhitga 10 ps vaqt oralig‘ida kiritiladi.



1-rasm. *Toza BQUNN(8,0) (a) va palladiy atomli BQUNN(8,0) ning yuqori va yon tomondan ko‘rinishi.*

Har bir kiritilgan H_2 molekulasi va model tizimi orasidagi masofa kamida 12 Å (ya’ni, o‘zaro ta’sir potentsialining kesish radiusi) bo‘lishi uchun tanlanadi.

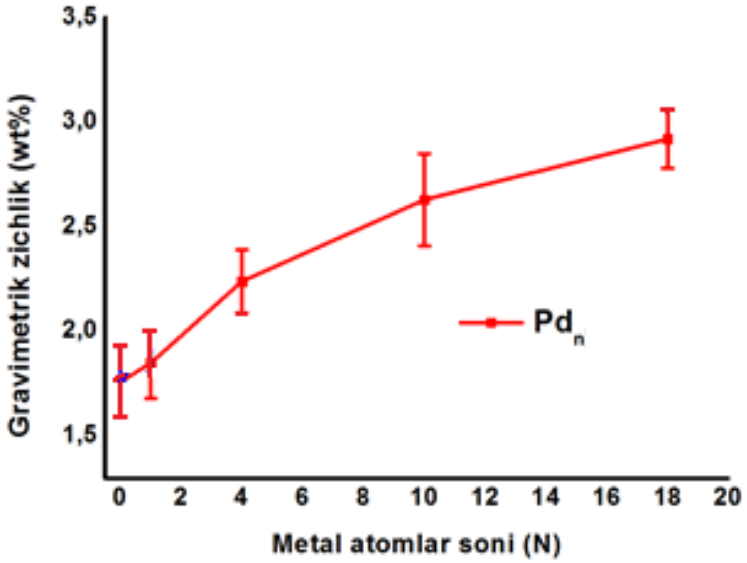
Bo‘sh (Pd_0) va Pd_n bilan to‘ldirilgan BQUNNlarda adsorbsiyalangan vodorod atomlarining gravimetrik zichligi Pd ga mos ravishda quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi:

$$wt.\%\,(Pt) = (m_H N_H \times (m_H N_H + m_C N_C + m_{Pt} N_{Pt})^{-1} \times 100\% \qquad (1)$$

H_2 molekulalarining fizisorbsiyasi orqali BQUNN yordamida vodorodni saqlashni o‘rganish vodorodni energiya manbai sifatida qayta ishlatish uchun qanday qilib osonlik bilan ajratib olishni tushunish uchun juda muhimdir. Ushbu effektlarga qo‘shimcha ravishda, bizning simulyatsiya natijalarimiz fizisorbsiya BQUNNning endoedral metall atomlariga ham bog‘liqligini aniq ko‘rsatadi.

2-rasm fizisorbsiyalangan H_2 molekulalarining gravimetrik zichligi (1) BQUNN ichidagi endoedral Pd atomlarining hajmiy ulushiga qarab qanday o‘zgarishi ko‘rsatilgan (chap tomon). Metalsiz (Pd_0) BQUNNda fizisorbsiyalangan H_2 molekulalarining gravimetrik zichligi 1,75 wt.% ni tashkil qiladi. Metal atomlar Pd_1, Pd_4, Pd_{10} va Pd_{18} bo‘lgan holatlar uchun gravimetrik zichlik mos ravishda 1,85 wt.%,

2,24 wt.%, 2,63 va 2,92 wt.% gacha ko‘tarilgan bo‘lib, toza BQUNNga nisbatan 1,06, 1,28, 1,50 va 1,67 marta yuqori.



2-rasm. *Pd atomlarining sonining funktsiyasi sifatida fizisorblangan H_2 molekulalarining o‘rtacha gravimetrik zichligiga bog‘liqligi*

Natijalar vodorod adsorbsiyasi bilan bog‘liq atom darajasidagi asosiy jarayonlarni muvaffaqiyatli aniqlashga yordam berdi. Ushbu topilmalar ilg‘or nanomateriallardan foydalangan holda vodorod energiyasining amaliy yechimlarini ishlab chiqishga qaratilgan keyingi nazariy va eksperimental harakatlar uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydanilgan adabiyotlar

[1] T. Kober, H.-W. Schiffer, M. Densing, and E. Panos, Global energy perspectives to 2060 – WEC’s World Energy Scenarios 2019, Energy Strategy Rev. 31, 100523 (2020).

[2] M. Yue, H. Lambert, E. Pahon, R. Roche, S. Jemei, and D. Hissel, Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges, Renew. Sustain. Energy Rev. 146, 111180 (2021).

[3] U. Uljayev, F. Turaev, A. Ulukmuradov, K. Mekhmonov, and U. Khalilov, Enhanced hydrogen retention in Ni-filled carbon nanotubes at high temperatures, Chem. Phys. Lett. 874–875, 142177 (2025).

[4] Shahnozakhon Muminova, Abror Ulukmuradov, Xamid Isayevb, Dildora Mamayeva, Utkir Uljayev, Impact of boron doping on charge distribution and thermal

conductivity in double-walled carbon nanotubes, East european journal of physics. 3. 390-397 (2025)

[5] U. Khalilov, U. Uljayev, K. Mehmonov, P. Nematollahi, M. Yusupov, and E. Neyts, Can endohedral transition metals enhance hydrogen storage in carbon nanotubes?, Int. J. Hydrog. Energy 55, 604 (2024).

[6] U. Uljayev, S. Muminova, K. Mehmonov, I. Yadgarov, and A. Ulukmuradov, "Boron interaction with double-walled carbon nanotubes across temperature ranges, Mod. Electron. Mater. 10, 3 (2024).

MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI ASOSIDAGI QURITISH QURILMASINING QISHLOQ HO‘JALIGI MAHSULOTLARINI QURITISHDAGI AHAMIYATI

Raxmatov G‘ulomjon Raxmonberdiyevich, Xakimov Shoyatbek Xamidullo o‘g‘li,
gulomjon.rahmatov@gmail.com, +998906346563
Farg‘ona davlat universiteti

Mamlakatimizda yetishtirilayotgan qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlash va uning eksport salohiyatini oshirish uchun agrosanoat korxonalarini rivojlantirish hamda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish muhim vazifalardan biri bo‘lib hisoblanadi. Dunyoning ko‘plam mamlakatlarida qishloq xo‘jaligi mahsulotlari yig‘ib olingandan so‘ng, ularning 30-35 % nobut bo‘lishi kuzatilmoqda. Bunday salbiy holatlarni oldini olish yo‘llaridan biri, ularni qayta ishlash va quritishdir. Qishloq xo‘jaligida mahsulotlarni quritish asosida ularni uzoq muddat saqlash imkoniyati paydo bo‘ladi. Oxirgi o‘n yil ichida bu muammolarni yechimini topishda zamonaviy texnologiyalar va bir qator quritish uskunalari ishlab chiqilgan.

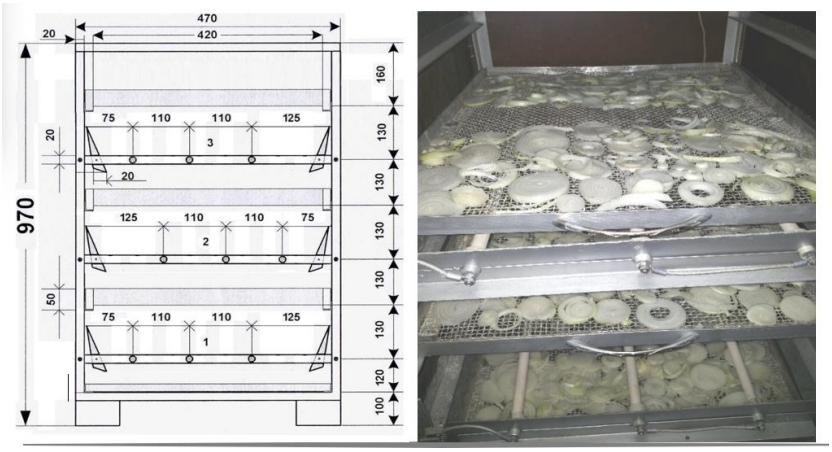
Mahalliy mahsulotlarni quritish jarayoni bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarimiz doirasida funksional keramika asosidagi infraqizil nurlanish asosida mahsulotlarni quritishga mo‘ljallangan eyesperimental uskuna Materialshunoslik instituti va Farg‘ona davlat universiteti olimlari tomonidan yaratildi. Quritish uskunasi yuqori namlikka ega bo‘lgan qishloq ho‘jalik mahsulotlarini infraqizil nurlanish

asosida quritishga asoslangan bo‘lib, qishloq xo‘jalik mahsulotlarini an’anaviy quritish usullaridan farq qiladi.

Birinchidan, uskunada qayta ishlanadigan mahsulotni ifloslanishiga olib keladigan issiqlik tashuvchining bo‘lishi talab etilmaydi.

Ikkinchidan, mahsulot issiqlik uzatuvchi yuza yaqinida kuyib qolmaydi. Chunki, issiqlikning ajralib chiqishi mahsulotning hajmida sodir bo‘ladi va uning temperaturasi quritish uskunasi devorlaridan yuqori hisoblanadi.

Uchinchidan, isitish intensivligi mahsulotning agregat holatiga bog‘liq bo‘lmay, faqat uning optik va dielektrik xususiyatlariga bog‘liq bo‘ladi. Uskunaning pastki va yuqori qismida o‘rnatilgan funksional keramik nurlatgichlardan ajralib chiqadigan infraqizil nurlanish natijasida mahsulotni quritish intensivligi 1,5-2,0 martaga oshadi va shu bilan birga energiya xarajatlarini 1,5 martaga tejash imkoniyatlari paydo bo‘ladi.



1-rasm. *Mahsulotlarni infraqizil quritish uskunasining sxematik va ish jarayonidagi ko‘rinish sxemasi*

Ishlab chiqilgan quritish kamerasida issiqlik hosil qilish hamda mahsulotning ichki kapilyar strukturasidagi suyuqlik tomchilarining molekulyar harakatini tezlashtirish maqsadida ikki xil to‘lqin uzunligida nurlangan energiya beruvchi funksional keramik nurlatgichlardan foydalanildi. Vaqt birligida mahsulot tarkibidagi namlik, temperatura shuningdek quritish kamerasining butun hajmi bo‘yicha havoning nisbiy namligi va temperaturasining chegaraviy qiymatlarini aniqlash imkonini beruvchi o‘lchov asboblar bilan jihozlangan quritish qurilmasi kombinatsion

texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, unda infraqizil nurlanish hamda konvektiv quritish usullaridan foydalanildi.

Ishlab chiqilgan eksperimental qurilma cho‘lg‘ami har xil temperaturaga ega bo‘lgan, to‘lqin uzunliklari 5,25 mkm dan 21,0 mkm diapazonidagi funksional keramik nurlatgichlar bloki jamlanmasidan iborat.

Maxsus termolegulyator o‘rnatilgan, funksional keramik nurlatgichlar orasida panjarali konteynerlarga mahsulotlar joylashtirildi. Korpusning o‘ng va chap tomonlarida ejektor tizimi qo‘llanilgan bo‘lib, konvektiv havo oqimi yordamida quritiladigan material namligini uskunaning yuqori qismiga haydab chiqaradi.

Mahsulotning qatlamlari bo‘yicha temperatura o‘zgarishlarini, havo nisbiy namligining o‘zgarishini avtomatik ravishda qayd etib borish, o‘zgaruvchi parametrlarni rostlash uchun uskuna boshqaruv tizimi bilan jihozlangan.

Muhokamalar: Mahsulotlarni infraqizil nurlanish orqali quritish uchun tavsiya etilgan uskunaning texnik natijalari quyidagilardir:

– infraqizil nurlanishning pastdan va yuqoridan bir vaqtda va bir xil ta’siri natijasida quritiladigan mahsulot sifati oshadi;

– nurlanish beruvchi manbalarning energiyasi silindrik lokal muhitda konsentratsiyalanishi natijasida energiya xarajatlari pasayadi.

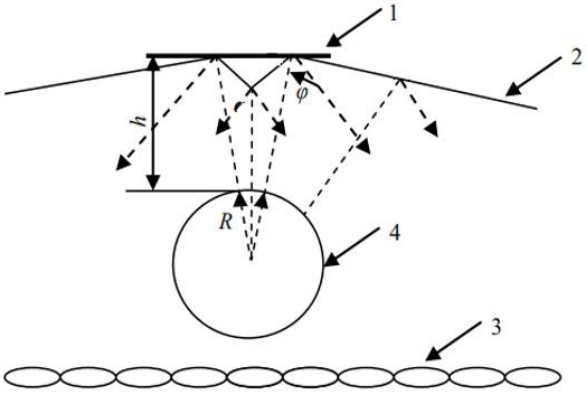
Qurilmaning ishchi zonasida balandlik 500 mm, eni 350 mm, uzunligi 500 mm ni tashkil qiladi. Qurilmaning yuqori va quyi qismida 4 donadan jami 8 dona 500 mm qalinlikdagi shisha nayli nurlatgich joylashgan. Nurlatgichlarning orqa qismida nur qaytargich falga qog‘oz hamda zanglamaydigan tunuka ma’lum yarim yarim uchburchak shaklda o‘rnatilgan.

Ishlab chiqilgan quritish kamerasida issiqlik hosil qilish hamda mahsulotning ichki kapilyar strukturasidagi suyuqlik tomchilarining molekulyar harakatini tezlashtirish maqsadida ikki xil to‘lqin uzunligida nurlangan energiya beruvchi funksional keramik nurlatgichlardan foydalanildi. Vaqt birligida mahsulot tarkibidagi namlik, temperatura shuningdek quritish kamerasining butun hajmi bo‘yicha havoning nisbiy namligi va temperaturasining chegaraviy qiymatlarini aniqlash imkonini beruvchi o‘lchov asboblar bilan jihozlangan quritish qurilmasi kombinatsion

texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, unda infraqizil nurlanish hamda konvektiv quritish usullaridan foydalanildi.

2-rasm. Folga qog‘ozi qoplangan nurlatgich.

Qurilmaning asosiy vazifasi qishloq xo‘jaligi mahsulotlari tarkibidagi suvni bug‘latish. Bug‘lanish jarayonidagi asosiy ko‘rsatkichlardan biri bug‘langan namlikni ishchi zonadan tezlik bilan tashqariga chiqarib yuborishdan iborat. Nurlatgichning ortgi tomonida nur qaytargich falga qog‘oz hamda zanglamaydigan tunuka ∧ shaklda o‘rnatilgan. Bunda nurlanishning tarqalish hamda mahsulot tarkibiga bir tekislikda singishi aniqlangan, natijalar olingan. $CaMgSi_2O_6$ va $LnSrO_3$ aralashmalariga $CuCrO_2$ ultradispers kukunlari qo‘shilganidan impulsli funksional keramika olingan.



3-rasm. *Infraqizil nur qaytargich sxemasi. 1-2-nur qaytargich moslama, 3-mahsulot, 4-nurlatgich*

Tajribalar asosida funksional keramika asosidagi infraqizil nurlarning mahsulotga kirib borish chuqurligi qanchalik katta bo‘lsa, radiatsiya to‘lqin uzunligining qiymati shunchalik kichik bo‘lishi aniqlandi. Infraqizil nurlanish bilan isitiladigan

materiallarga issiqlik uzatishning o‘ziga xos xususiyati, konvektiv uzatish bilan solishtirganda, issiqlik oqimining bir necha baravar ko‘p zichligini hosil qiladi.

Taklif etilayotgan kombinatsiyalangan quritish usuli boshqa amaldagi quritish usullariga nisbatan mahsulotni suvsizlantirish vaqtini 1,3-1,7 barobarga, energiya sarfini esa 1,9 barobarga qisqartirish imkonini beradi.

Adabiyotlar

1. Bo‘riyev X. Ch., Jo‘rayev R., Alimov O. Meva sabzavotlarni saqlash va daslabki ishlov berish. – T.: Mehnat, 2002.
2. Rakhmatov, G., & Kayumov, A. M. (2024, March). Analysis of process intensity and quality indicators of cotton drying using infrared radiation. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
3. Rahmonberdievich, R. G. (2016). Physical principles of dry vegetables fruit products under the influence of infrared. *European science review*, (9-10), 203-205.
4. G‘.R. Raxmatov , F. Yusupova. Quritish qurilmasining texnik kattaliklarini asoslash //O'zbekistonda fanlararo innovatsiyalar va ilmiy tadqiqotlar jurnali. – 2023. – Т. 2. – №. 15. – С. 84-88.
5. Raxmonberdievich, R. G., & Komilovna, Y. F. (2023). Analysis of some indicators in a conveyor belt dryer. *Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities*, *11*(3), 424-430.
6. Onarqulov, K., & Raxmatov, G‘. Namlikni kamaytirishda ayrim usullar. O‘zbekiston respublikasi oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi Termiz davlat universiteti, 293.
7. Gulomjon, R. (2022). Infraqizil nurlanish asosidagi sinov qurilmaning texnik kattaliklarini asoslash. *Физико-технологического образование*, (6).
8. Рахматов, Г. Р. (2018). Некоторые физические методы сушки сельскохозяйственной продукции. in *инновационное развитие и потенциал современной науки* (pp. 94-98).
9. Raxmonberdiyevich, R. F. (2022). Infraqizil qurilmada qishloq ho‘jaligi mahsulotlarini quritish samaradorligi. *Scientific Impulse*, *1*(3), 239-242.

10. Onarqulov, K. E., Raxmatov, G., & Xoldorov, M.B. (2023). Qishloq xo’jaligi mahsulotlarini infraqizil qurutish va sifatli saqlashdagi ayrim tahlillar. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(4-2), 295-300.

ADAPTIVE CONTROL MODELS OF ENERGY SOURCES IN COMMUNICATION SYSTEMS

Abubakirov Azizjan Bazarbayevich, Yo‘ldoshova Hilola Baxtiyor qizi
Nukus State Technical University

Abstract:This article discusses the issues of managing energy sources in modern communication systems through adaptive control models to improve energy efficiency. The possibility of evaluating the energy supply state in real-time, considering the variability of the load and external factors, and developing optimal control strategies is analyzed.

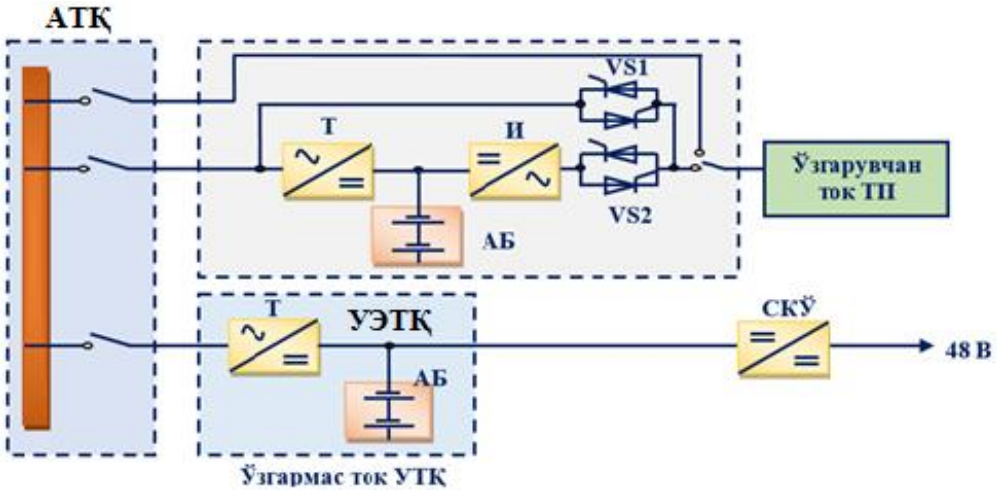
Keywords:Communication systems, energy sources, adaptive control, real-time mode, optimal control model.

The communication networks of the Republic of Uzbekistan are one of the main systems that serve the sustainable development of all economic sectors of the country. Modern communication systems consist of various technical means, forming a complex set of systems that ensure the transmission of different messages over a given distance with specified quality parameters.To date, new digital automatic telephone exchanges, mobile communication, multi-channel densification, data transmission systems, and other services have been introduced, with information transmission now taking place via artificial satellites. Currently, international, regional, city, and rural communication networks in Uzbekistan are fully digitized.Consequently, modern electronic devices in communication systems impose strict requirements on power supply sources. These energy sources include various devices for power monitoring, which ensure reliable and high-quality electricity supply for communication equipment. Power supply sources, which are part of computer systems, measuring

instruments, and communication devices and systems, determine their operational reliability, material consumption, and other technical-economic indicators.

The quality of communication equipment’s operation is largely determined by the reliability of the electrical energy sources. The power supply source must ensure the uninterrupted operation of communication equipment even in the event of an emergency in the supply network.Providing uninterrupted energy supply remains a critical issue in connecting remote population centers to communication networks, mobile communications, and the Internet. In order to ensure the uniformity, stability, and safety of the operation of energy supply devices for communication equipment, the state standard of Uzbekistan, O’z DSt 3055:2016 "Communication Networks. Institutional ATSs. General Technical Requirements and Control Methods," has been developed and is being implemented.The power supply of communication systems includes uninterrupted DC and AC power supply, voltage sensors and stabilizers, switching devices, and power distribution networks linking energy supply devices.The energy supply system of communication devices is required to operate both in normal and emergency modes. In the normal operation mode, high-quality electricity is provided to the communication devices according to established standards, and the energy supply system operates without the involvement of service personnel. In the emergency mode, the quality of electrical energy for communication devices is not guaranteed, and therefore, the involvement of service personnel is required. During operation, devices prone to irreparable damage (e.g., batteries discharging below the allowed level or overcharging) or violating safety standards must be automatically disconnected.The power supply system of communication objects (ETT) requires continuous supply of AC and DC electricity (-48 V). The functional diagram of the system is shown in Figure 1. The AC and DC power source consists of a rectifier (T), inverter (I), accumulator battery (AB), and an uninterruptible power supply (UPS) that connects to the AC network and can be reconnected as needed. The AC loads are connected to the UPS through a distribution panel (TP). The UPS then connects the

communication object's electrical devices to the main distribution box (ATQ) via an automatic switch.



1-figure. *Functional schematic of the communication object's power supply system (ETT)The main elements of the DC power source are the rectifier and the accumulator battery connected to it.*

Conclusions

This article discussed the issues of effective management of energy sources in communication systems based on adaptive control models. The research results show that adaptive control approaches play a crucial role in improving energy efficiency, ensuring the system's stability and reliability. The effectiveness of the proposed models was confirmed through simulations and practical experiments. In the future, these approaches can be widely applied to optimize the energy management and enhance the stability of communication systems.

REFERENCES

1. Aguila-Camacho, N., & Duarte-Mermoud, M. A. (2016). Improving the Control Energy in Model Reference Adaptive Controllers Using Fractional Adaptive Laws. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 3(3), 332–337.
2. Nguyen, T., et al. (2024). Adaptive Energy Management System for Enhancing Efficiency and Stability in Hybrid Renewable Energy Systems. E3S Web of Conferences, 121, 01015.

3. Wu, Q., Suzuki, S., Shinkuma, R., & Takahashi, T. (2015). Adaptive Communication System with Renewable Energy Source. IEICE Transactions on Communications, E98-B(8), 1571–1578.

4. Mourad, A., & Hamdi, M. (2025). Adaptive Energy Management Strategy for Sustainable xEV Charging Stations Using ANFIS Controller. STET Review, 2025(1), Article 0366.

AVTONOM ELEKTR TA'MINOTI TIZIMIDAGI KOMBINATSIYALANGAN ELEKTR STANTSIYALARI

M.Tillaboev

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Kalit so'zlar: kombiat elektr stansiyasi, elektr ta'minoti, avtonomiya, qayta tiklanadigan energiya manbai, generator.

Elektr energetika tizimining rivojlanishiga qaramay, energiya ta'minoti bugungi kunda muhim masala bo'lib qolmoqda. Bu, birinchi navbatda, olis hududlarda joylashgan ob'ektlarni elektr energiyasi bilan ta'minlashga taalluqlidir, ular uchun elektr uzatish liniyalari orqali mavjud elektr tarmog'iga ulanish imkonsiz yoki foyda keltirmaydi. Bundan tashqari, umumiy va sanoat elektr tarmoqlariga kirish imkoni bo'lmagan, elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyoji vaqtinchalik bo'lgan iste'molchilar alohida e'tiborga loyiqdir. Bularga qurilish loyihalari (shu jumladan vaqtinchalik binolar va inshootlar, texnologik elektr jihozlari va boshqalar), xususan, transport ob'ektlarini qurish va yo'l qurilishi uchun zarur.

Hozirgi vaqtda bunday avtonom iste'molchilar uchun energiya ta'minoti birinchi navbatda benzin generatorlari va dizel generatorlari tomonidan ta'minlanadi, bu esa yuqori yoqilg'i sarfi va atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatishi bilan bog'liq. Bundan tashqari, ushbu uskunani ishlatishda yoqilg'i va atrof-muhit ko'rsatkichlarini yaxshilash uchun o'zgaruvchan yuk sharoitida ularning ishlashini optimallashtirishning hech qanday usuli yo'q.

An'anaviy dvigatel-generator bloklari bilan bir qatorda elektr va issiqlik energiyasini birgalikda ishlab chiqarish orqali katta iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydigan kogeneratsiya tizimlarini alohida ta'kidlash kerak. Ushbu yondashuv chiqindi energiyadan foydalanishga imkon beradi - chiqindi gazlar issiqlik va ichki yonuv dvigatellari sovutish tizimlari. Biroq, yoqilg'i samaradorligi masalalari bu holatda ham dolzarbligicha qolmoqda.

Shunday qilib, avtonom energiya ta'minoti turli iqtisodiy tarmoqlarni va geografik hududlar talabiga ega, ammo elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqarishda yoqilg'i va atrof-muhit samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi echimlarni amalga oshirishni talab qiladi.

Ushbu muammolarni hal qilish yo'llaridan biri uglevodorod yoqilg'isi, energiyani saqlash qurilmalari va qayta tiklanadigan energiya manbalari bilan ishlaydigan agregatlarning afzalliklarini o'zida mujassam etgan elektr stansiyalaridan foydalanishdir.

Avtonom energiya ta'minoti muammosining holati va dolzarbligi

Mavjud elektr tarmoqlaridan ajratilgan yoki turli sabablarga ko'ra vaqti-vaqti bilan elektr energiyasi bilan ta'minlangan hududlarda joylashgan iste'molchilar (kichik shaharlar va qishloqlar) mavjudligi avtonom elektr ta'minotini tashkil qilishni talab qiladi. Hozirgi vaqtda statsionar elektr ta'minoti manbalarida, asosan, dizel generatorlari yoki benzin bilan ishlaydigan generatorlar ishlashi uchun zarur bo'lgan uglevodorod xom ashyosidan foydalaniladi. Biroq, elektr tarmog'ida o'zgaruvchan yuk jadvali bilan ishlash sharoitida bunday uskunadan foydalanish agregatning resursidan samarasiz foydalanish, past samaradorlik rejimlarida ishlashi va yoqilg'i sarfining yuqori ko'rsatkichlari bilan birga keladi, bu esa bog'liq muammolarni, shu jumladan ekologik muammolarni kuchaytirishga yordam beradi. Yoqilg'i etkazib berish muammosi ham alohida ta'kidlanishi kerak. Shunday qilib, e'lon qilingan ma'lumotlarga ko'ra, yoqilg'i yetkazib berish qiyin bo'lgan va katta iqtisodiy xarajatlar bilan birga bo'lgan chekka hududlarida quvvati 100 kVt gacha bo'lgan dizel generatorlaridan olinadigan 1 kVt•soat elektr energiyasining narxi turli hisob-kitoblarga ko'ra, narxi qimmatga tushadi.

Avtonom elektr energiyasi iste'molchilari uchun ilg'or energiya manbalarini ishlab chiqish va yaratish muhimligi ko'plab sanoati rivojlangan mamlakatlarda uzoq vaqtdan beri e'tirof etilgan. Cheklangan qazib olinadigan yoqilg'i zahiralari, uglevodorod yoqilg'isi narxining oshishi bilan bog'liq mavjud vaziyat va ekologik vaziyatning yomonlashuvi qayta tiklanadigan tabiiy resurslarni elektr energiyasini ishlab chiqarishda o'zlashtirish va ulardan foydalanishga turtki bo'lmoqda. Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish qayta tiklanadigan energiya manbalarini umumiy elektr tarmog'i bilan birlashtiruvchi tizimlardan foydalanish bilan uzviy bog'liqdir.

AQSH va Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida resurslarni tejash va atrof-muhitning degradatsiyasi masalalari ustuvor masalaga aylandi. Yashil energiya sektori bozorining muhim ulushini xususiy uylarni, shu jumladan quyosh panellari va mustaqil generatorlar bilan jihozlangan qurilmalarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun mo'ljallangan qurilmalar tashkil etadi.

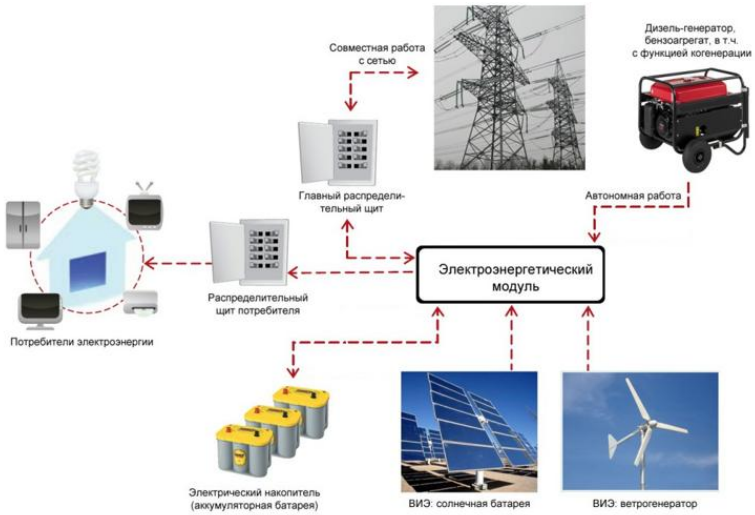
Mamlakatimizda avtonom energiya ta'minoti muammolarining dolzarbligi va uning chet elda rivojlanishi elektr energiyasini olish, saqlash va konvertatsiya qilishning samarali vositalaridan foydalangan holda mustaqil energiya ta'minotini ta'minlaydigan tizimlarga nisbatan tadqiqot va ishlanmalar zarurligini belgilaydi.

Elektr tarmog'iga kirish imkoniga ega bo'lmagan iste'molchilarning ko'pchiligi qazib olinadigan yoqilg'iga qaram bo'lishi elektr energiyasining asosiy manbai sifatida benzin va dizel generatorlaridan foydalanish bilan bog'liq. Ushbu tizimlar ishonchli, nisbatan oson ishlaydi va barqaror yoqilg'i ta'minoti bilan ishlaydi. Biroq, so'nggi o'n yil ichida dizel yoqilg'isi va benzin oxirgi iste'molchi uchun deyarli bir xil bo'lib qoldi. Yoqilg'i narxining yuqoriligi chekka hududlardagi iste'molchilar uchun elektr va issiqlik ishlab chiqarish xarajatlarini sezilarli darajada oshiradi. Bu iste'molchilarga yoqilg'i narxlarining o'zgarishi salbiy ta'sir ko'rsatadi va yuqori operatsion xarajatlarga, shu jumladan yoqilg'i-moylash materiallarini tashish va saqlashga tushadi. Shuni ham ta'kidlash kerakki, dizel generatorlari atrof-muhitni ifloslantiruvchi manba hisoblanadi.

Chekka hududlardagi iste'molchilardan tashqari, davlat tarmoqlariga ulangan korxonalar va ayrim xususiy kommunal xizmatlar ham mavjud elektr ta'minoti tizimiga

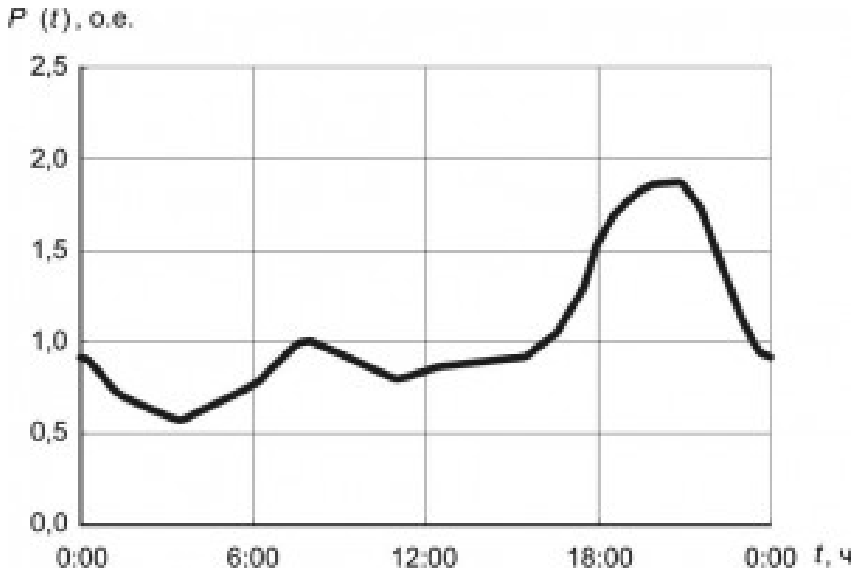
yanada moslashuvchan qaramlikni ta'minlaydigan arzon zaxira quvvat manbalaridan foydalanishdan manfaatdor.

An'anaviy avtonom elektr ta'minoti tizimlari



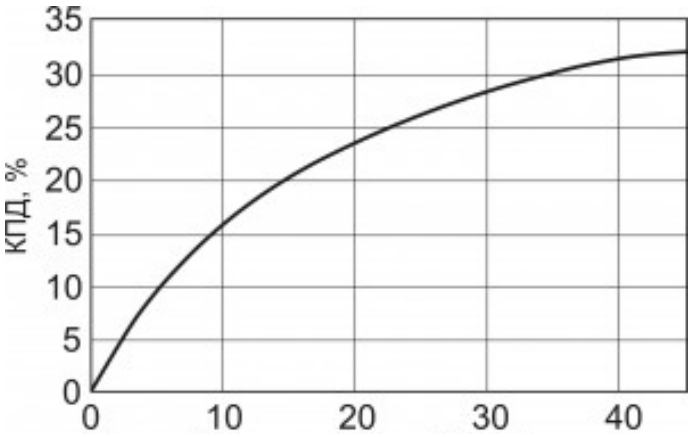
1-rasm. *kombinatsiyalangan elektr stantsiyalari*

Chekka hududlardagi iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashning ikkita asosiy usuli mavjud: elektr tarmog'ini kengaytirish va dvigatel-generator majmualaridan foydalanish. Elektr uzatish liniyalari orqali elektr energiyasini etkazib berish ba'zi hollarda ancha qimmatga tushishi mumkin, shuning uchun masofaviy elektrlashtirishning yagona mavjud varianti uglevodorod yoqilg'isi yordamida to'g'ridan-to'g'ri joylarda energiya ishlab chiqarishdir. Biroq, elektr energiyasidan foydalanish sxemalari, ayniqsa, kichik shaharlar va qishloqlarda, kunning vaqtiga qarab sezilarli darajada farqlanadi. Taxminan 400 000 aholiga ega bo'lgan odatiy shahar uchun elektr energiyasidan foydalanish grafigi 1-rasmda ko'rsatilgan, bu erda P (t) - p.u.da faol quvvat iste'molining o'zgarishi.



1-rasm. *O'rtacha kunlik elektr energiyasi iste'moli jadvali (haftaning ish kunlari, aholisi taxminan 400 ming kishi bo'lgan shahar) [2]*

Eng yuqori soatlarda elektr tarmog'idagi yuk energiya tizimi uchun mavjud bo'lgan maksimal zarur quvvatga ta'sir qiladi. Shu sababli, ushbu soatlarda iste'molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun tizimning quvvat quvvati tanlanadi. Biroq, tungi vaqtda, energiya talabi kechqurunga qaraganda 2-3 baravar kam bo'lsa, dvigatel-generatorlarning samarasiz ishlashi muammosi paydo bo'ladi, chunki ularning maksimal mumkin bo'lgan quvvati haddan tashqari ko'p. Bunday energiya ishlab chiqarish tizimi "cho'qqi" deb ataladigan vaqtlarda past yuklarda - ichki yonish dvigatelining momentining past qiymatlarida ishlaydi. Doimiy nominal kuchlanish va tarmoq chastotasini ta'minlash uchun an'anaviy dizel generatorlari belgilangan tezlikda ishlashi kerak. Biroq, bu holat yuqori o'ziga xos yonilg'i iste'moli bo'lgan joylarda, ya'ni past samaradorlik rejimlarida ichki yonish dvigatelining ishlashiga yordam beradi. Nominal quvvati 50 kVA bo'lgan dizel generatorining yuk kuchiga samaradorlikning odatiy bog'liqligi 2-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. *Generatorning bir qismi sifatida dizel dvigatelining samaradorligining mil kuchiga bog'liqligi*

Bunday samarasiz ishning natijasi yoqilg'i sarfini oshiradi. Bundan tashqari, kam yuk bilan ishlash elektr stantsiyasining tarkibiy qismlarining ishlash muddatini qisqartiradi.

Foydalanolgan adabiyotlar

1. A. A. Abdurakhmanov, K. K. Zainutdinova, M. A. Mamatkosimov, M. S. Paizullakhanov, and G. Saragoza, “Solar technologies in Uzbekistan: State, priorities, and perspectives of development,” *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, 2012, doi: 10.3103/S0003701X1202003X.

2. N. Avezova, A. Khaitmukhamedov, and A. Vokhidov, “uzbekistan renewable energy short overview: programs and prospects,” *Int. J. Energy Smart Grid*, 2017, doi: 10.23884/ijesg.2017.2.2.03.

3. E. Y. Rakhimov, S. E. Sadullaeva, Y. G. Kolomiets, K. K. Tashmatov, and N. O. Usmonov, “Analysis of the solar energy potential of the Republic of Uzbekistan,” *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, 2017, doi: 10.3103/S0003701X17040120.

SMART-ENERGIYA TIZIMLARINI JORIY ETISH ORQALI ELEKTR TA’MINOTI SAMARADORLIGINI OSHIRISH IMKONIYATLARI

Jo‘rayev Nurmaxamad Mamatovich

nmjuraev61@gmail.com

Farg‘ona davlat texnika universiteti dotsenti

Elektr ta’minoti tizimi har qanday davlat iqtisodiyotining barqaror rivojlanishida muhim o‘rin tutadi. Zamonaviy ishlab chiqarish korxonalari, transport, aloqa, maishiy xizmatlar va boshqa sohalarning samarali faoliyati to‘liq elektr energiyasi bilan ta’minlanish darajasiga bog‘liq bo‘lgani bois elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlarining uzluksizligi va ishonchliligi iqtisodiy xavfsizlikning asosiy omillaridan biri hisoblanadi.

Energiya resurslaridan samarali foydalanish zarurati iqtisodiy hamda ekologik ahamiyatga ega bo‘lib, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan keng foydalanish hamda mavjud tizimlarni raqamlashtirish – energiya xavfsizligini ta’minlashning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan “smart-energiya tizimlari” (aqlli energiya tizimlari) tushunchasi bugungi kunda alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Energiya samaradorligini aniqlash formulasi:

$$\eta = \frac{P_{chiqish}}{P_{kiritish}} \times 100\% \qquad (1)$$

Bu yerda:

η — tizim samaradorligi (%),

$P_{chiqish}$ — foydali energiya chiqishi (kVt·soat),

$P_{kiritish}$ — kiritilgan umumiy energiya miqdori (kVt·soat).

Mazkur tadqiqotning maqsadi — smart-energiya tizimlarini joriy etish orqali elektr ta’minoti samaradorligini oshirish imkoniyatlarini tahlil qilish, ularning iqtisodiy va texnologik ustunliklarini aniqlash hamda amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari esa quyidagilardan iborat:

- Smart-energiya tizimlarining mohiyati va tuzilishini o‘rganish;
- Elektr ta’minoti samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni tahlil qilish;
- Smart tizimlar joriy etilishi orqali energiya yo‘qotishlarini kamaytirish yo‘llarini aniqlash;
- Farg‘ona viloyati misolida raqamli energiya boshqaruvining istiqbollarini asoslash.

Bunday tizimlarning asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat:

1. Aqlli hisoblagichlar (Smart Meters) – iste’mol qilingan energiya miqdorini aniq o‘lchash, tahlil qilish va avtomatik uzatish imkonini beradi;
2. Sensor tarmoqlari – energiya oqimlarini, harorat, kuchlanish va boshqa texnik parametrlarni kuzatish uchun ishlatiladi;
3. Ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish markazlari (Data Centers) – real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilishni ta’minlaydi;
4. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (SCADA, IoT) – energiya taqsimotini avtomatik tarzda boshqarish, uzilishlarni oldini olish va tizim yuklamasini muvozanatlashtirish imkonini yaratadi;
5. Foydalanuvchi interfeyslari – iste’molchilar uchun energiya sarfini kuzatish va boshqarish imkoniyatini beradi.

Smart-energiya tizimlarining joriy etilishi natijasida energiya taqsimoti markazlashgan emas, balki tarmoqli (decentralizatsiyalashgan) shaklga o‘tadi, bu esa tizimning barqarorligini oshiradi.

Energiya yo‘qotishlarini aniqlash formulasi:

$$Q_{yo‘qotish} = I^2 * R * \mathrm{t} \qquad (2)$$

orqali tarmoqlardagi yo‘qotish miqdorini hisoblab ko‘rsatish mumkin.

Smart-energiya tizimlari an’anaviy energiya tizimlariga nisbatan energiya tejamkorligi, uzilishlar va nosozliklarni tez aniqlash, energiya oqimlarini optimallashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiya, xavfsizlik darajasining oshishi kabi ustunliklarga ega. Bu afzalliklar texnik samaradorlik bilan birga iqtisodiy va ekologik barqarorlikni ham ta’minlaydi.

An’anaviy va Smart-energiya tizimlarining taqqoslanishi:

1-Jadval

Ko‘rsatkichlar	**An’anaviy tizim**	**Smart-energiya tizimi**
Energiya yo‘qotishlari	10–15 %	5–7 %
Monitoring usuli	Qo‘lda	Real vaqt rejimida
Boshqaruv	Markazlashgan	Avtomatik va tarmoqli
Iste’molchi nazorati	Cheklangan	Aqlli hisoblagichlar orqali
Xizmat ko‘rsatish	Rejalashtirilgan	Prediktiv (oldindan tahlil asosida)

Smart-energiya tizimlarini joriy etish elektr ta’minoti sohasida iqtisodiy samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Eng avvalo, energiya ishlab chiqarish va taqsimot jarayonlaridagi yo‘qotishlar kamayadi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartiradi.

An’anaviy tizimlarda energiya yo‘qotishlari o‘rtacha 10–15% atrofida bo‘lsa, smart-texnologiyalarni joriy etish natijasida bu ko‘rsatkich 5–7% gacha kamayadi. Natijada, elektr energiyasi ishlab chiqaruvchilari va iste’molchilari uchun moliyaviy tejash yuzaga keladi.

Shuningdek, aqlli hisoblagichlar yordamida iste’molchilar energiya sarfini aniq nazorat qilishi, ortiqcha to‘lovlarning oldini olishi va o‘z xarajatlarini optimallashtirishi mumkin. Bu esa iqtisodiyotda energiya tejash madaniyatini shakllantirishga xizmat qiladi.

Smart-energiya tizimlarining texnologik samaradorligini baholashda quyidagi mezonlar qo‘llaniladi:

- Tizimning ishonchlilik darajasi (Reliability Index) – energiya uzilishlarining chastotasi va davomiyligi qisqaradi.
- Avtomatlashtirish darajasi – inson omilisiz ishlaydigan jarayonlar soni ortadi.
- Ma’lumotlar aniqligi – aqlli sensorlar yordamida o‘lchovlarning aniqligi oshadi.
- Integratsiya imkoniyatlari – quyosh, shamol kabi qayta tiklanadigan manbalar bilan muvofiqlashuv darajasi.

Texnologik samaradorlik, shuningdek, tizimning real vaqt rejimida boshqaruv imkoniyati bilan ham belgilanadi. Bu orqali operatorlar energiya oqimlarini muvozanatlashtirib, haddan tashqari yuklamani oldini olishlari mumkin.
Moliyaviy samaradorlik formulasi:

$$E_{tejash} = (E_{an'anaviy} - E_{smart}) \times C_{energ} \quad (3)$$

Bu yerda:

$E_{an'anaviy}$ — eski tizimda sarflangan energiya,

E_{smart} — smart tizimda sarflangan energiya,

C_{energ} — 1 kVt·soat elektr energiya narxi.

Farg‘ona viloyati O‘zbekistonning eng zich aholi yashaydigan va sanoati rivojlangan hududlaridan biri bo‘lib, bu yerda elektr energiyasiga bo‘lgan talab yuqori. Ayni paytda hududda quyosh va shamol energiyasidan foydalanish uchun katta salohiyat mavjud.

Smart-energiya tizimlarini Farg‘ona viloyatida joriy etish orqali elektr tarmoqlaridagi yo‘qotishlarni 30% gacha kamaytirish, qayta tiklanuvchi manbalarni (quyosh va shamol stansiyalari) yagona tarmoqqa integratsiya qilish, iste’molchilarni aqlli hisoblagichlar bilan ta’minlash orqali energiya sarfini aniq nazorat qilish, energiya uzilishlari sonini kamaytirish va xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish kabi natijalarga erishish mumkin.

Demak, smart-energiya tizimlarini keng joriy etish milliy energetika xavfsizligini mustahkamlash, ekologik barqarorlikni ta’minlash va innovatsion iqtisodiyotga o‘tishda muhim omil hisoblanadi.

Farg‘ona viloyati misolida olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, hududda smart-energiya infratuzilmasini joriy etish elektr ta’minotidagi uzilishlarni kamaytirish, qayta tiklanadigan manbalar ulushini oshirish, energiya iste’moli bo‘yicha real vaqt rejimidagi monitoringni yo‘lga qo‘yish, iqtisodiy tejash va ekologik barqarorlikni ta’minlash imkonini beradi.

Farg‘ona viloyati uchun smart-energiya joriy etish natijasida kutilayotgan iqtisodiy ko‘rsatkichlar:

2-Jadval

Ko‘rsatkich	**Hozirgi holat**	**Smart tizimdan keyin**	**O‘zgarish (%)**
Elektr yo‘qotishlari	12 %	6 %	−50 %
Elektr uzilishlari (soat/yil)	150	60	−60 %
Tejalgan energiya (mln kVt·soat/yil)	—	45	+45 mln
Iste’molchilar qamrovi (aqlli hisoblagich bilan)	10 %	70 %	+60 %

Tadqiqot natijalariga asoslanib, Smart-energiya infratuzilmasini kengaytirish, aqlli hisoblagichlar tizimini ommalashtirish, raqamli ma’lumotlarni qayta ishlash markazlarini tashkil etish, mahalliy ishlab chiqaruvchilarni qo‘llab-quvvatlash, kadrlar tayyorlash va ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirish, qayta tiklanuvchi energiya

manbalari bilan integratsiyani kuchaytirish, normativ-huquqiy bazani takomillashtirish takliflari ilgari suriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Salomov, U., Abduraxmonov, S., Urishev, O., & Juraev, N. (2024). RETRACTED: Calculation of the water flow rate of Micro HPP depending on the water fall angle in ideal cases. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 84, p. 05028). EDP Sciences.

2. Otajonov, S. M., Khalilov, M. M., Rayimdjanova, O. S., Juraev, N. M., & Djalilov, B. O. (2025, July). Mechanisms of spectral analysis of polycrystalline PbTe films by the Romanovsky method and spectroscopy analysis. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3304, No. 1, p. 020012). AIP Publishing LLC.

3. Urishev, O., Salomov, U., Ergashev, S., Kuchkarov, A., Madaliev, M., Abdukarimov, B., & Juraev, N. (2025). Efficiency assessment of micro hydropower for agriculture using modern modeling. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 173, p. 03031). EDP Sciences.

JAHON VA O‘ZBEKISTON MIQYOSIDA QURITISH QURILMALARIDAN QISHLOQ XO‘JALIGI MAHSULOTLARINI QURITISHDA FOYDALANISH HOLATI

Nurmanova Maxfuza Urozovna

maxfuzaxon1483@gmail.com

[1]Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi dots.v.b,(PhD)

Annotatsiya.*Ushbu maqolada jahon va O‘zbekiston miqyosida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritishda foydalanilayotgan quritish texnologiyalari va uskunalarining holati, ularning afzalliklari hamda kamchiliklari tahlil qilingan. Quyosh energiyasi, issiqlik generatorlari va innovatsion energiya tejovchi qurilmalar asosida ishlovchi quritish tizimlarining samaradorligi o‘rganilgan. O‘zbekiston sharoitida ekologik toza, energiya tejamkor va iqtisodiy jihatdan samarali quritish texnologiyalarini ishlab chiqish va joriy etish bo‘yicha tavsiyalar berilgan.*

***Kalit so‘zlar**: Quritish texnologiyasi, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari, energiya tejamkor qurilmalar, quyosh quritgichi, issiqlik almashinuvi, agrotexnologiya, innovatsion yechimlar.*

Kirish. Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va ularning sifatini uzoq muddat davomida saqlab qolish jarayonida quritish eng muhim bosqichlardan biri hisoblanadi. Dunyo bo‘yicha qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish texnologiyalarida zamonaviy, energiya tejamkor va ekologik toza yechimlardan foydalanish tendensiyasi ortib bormoqda. O‘zbekiston agrar sektori uchun ham bu yo‘nalish dolzarb bo‘lib, quyosh energiyasidan samarali foydalanish, chiqindisiz texnologiyalarni joriy etish masalalari alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Birlashgan millatlar tashkilotining oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi sohasidagi ma’lumotlariga ko‘ra, 2010-2050 yillarda jahon miqyosida aholi soni 2,3 milliardga o‘sishi bashorat qilingan. Statistik ma‘lumotlarga ko‘ra jahon miqiyosida paxta tolasi iste’moli 2015 yilda quyidagi ulushlar bilan taqsimlanishi; 32 % Xitoyga, 24,6 % Hindistonga, 9,8 % Pokistonga va 6,3 %Turkiya davlatlariga to‘g‘ri keladi [1].

Unga ko‘ra, 2050 yilda 70% aholi shaharlarda (bugungi kunda 47 %) yashaydilar. 2050 yilda 9,1 mlrd aholini oziq-ovqat va sanoat mahsulotlari bilan ta’minlanishi uchun bugungi kunga nisbatan 70%, rivojlanayotgan davlatlarda 2 baravarga oshirish zaruriyati tug‘iladi. Jahonda oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, aholi turmush darajasini yaxshilash muhim hisoblanadi [2]. Shuning uchun jahon miqyosida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritishda quritish qurilmalaridan foydalanishda sifati va talablariga javob beruvchi oziq-ovqat va sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish salohiyatini oshirish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Oziq-ovqat va sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarishda energiya tejamkor, qayta tiklanuvchi energiya turlaridan foydalanilmoqda. Xususan quritish qurilmalarining yangi avlodlarini yaratish va mavjudlarini takomillashtirish muhim o‘rin tutadi [3].

Quritish qurilmasi yordamida quritilgan mahsulotlar sifat ko‘rsatkichlari mahsulotning rangi, ta’mi, o‘lchamlari va dog‘lik darajasi bilan belgilanadi va xalqaro bozorlarda o‘z o‘rnini egallaydi. Agar to‘qimachilik sanoatiga e‘tibor qaratadigan bo‘lsak, unda asosiy xom ashyo sifatida paxtadan foydalaniladi.

Jumladan, jahon miqyosida to‘qimachilik sanoatida yetakchi paxta tolasi asosiy xomashyo hisoblanadi va to‘qimachilik sanoatida paxta tolasining to‘qimachilik sanoatida ulushi 49% ni tashkil etadi [4].

Asosiy qism. Jahon miqyosida quritish texnologiyalari tez sur’atlar bilan rivojlanmoqda. Xususan, AQSH, Germaniya, Yaponiya va Xitoyda avtomatlashtirilgan, namlik darajasini aniq nazorat qiluvchi, energiya tejamkor quritish tizimlari keng qo‘llanmoqda. Ushbu qurilmalar mahsulotning tabiiy rangini, ta’mini va oziqaviy qiymatini maksimal darajada saqlab qolish imkonini beradi.O‘zbekiston sharoitida esa asosan tabiiy quyosh energiyasi yordamida quritish usullari keng tarqalgan. Ammo an’anaviy usullar ko‘p hollarda gigiyenik talablarni to‘liq qondirmaydi va mahsulot sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, so‘nggi yillarda energiya tejamkor quyoshli quritgichlar, issiqlik nasoslari asosida ishlovchi qurilmalar va avtomatik boshqaruv tizimlari joriy etilmoqda.

Jahonda yengil sanoatga ixtisoslashgan yetakchi mamlakatlar orasida 2015-yilning o‘zida Xitoy 5,3 mln, Pokiston 2,3 mln,Turkiya esa 3,5 mln tonna paxtani toylab import qilganligini aytish mumkin.

O‘zbekistonning iqtisodiyotini diversifikatsiyalash sharoitida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritishda quyosh quritish qurilmalaridan foydalanish dolzarb hisoblanadi.

Bunda, meva-sabzavot, paxtachilik va ipakchilik sanoati tarmog‘ida samaradorlikni oshirish va iqtisodiy rivojlantirishda energiya tejamkor qurilmalardan foydalanish alohida o‘rin tutadi.

Keyingi yillarda mamlakatimiz qishloq xo‘jaligini isloh qilish, xususan sohadagi islohotlar davlat boshqaruvi darajasiga ko‘tarilmoqda. Mamlakatimizning barcha sohalaridagi kabi mahsulotlarini quritishda quritish qurilmalaridan innovatsiya asosida foydalanish davr talabidir [8].

Bugungi kunda oziq-ovqat va sanoat mahsulotlarini sifatli qilib quritish va energiya tejash sohasiga hukumatimiz tomonidan katta e’tibor qaratilgan. Jumladan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 29-iyuldagi “Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini chuqur qayta ishlash va oziq-ovqat sanoatini yanada rivojlantirish

bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4406-sonli Qaroriga asosan quyidagi ishlar amalga oshirilgan [5]:

Texnologik qism. Zamonaviy quritish qurilmalari ikki asosiy turga bo‘linadi: konvektiv (havo oqimi yordamida) va radiatsion (quyosh yoki infraqizil nurlanish asosida).

Konvektiv quritgichlar – issiq havo yordamida mahsulotdan namlikni chiqaradi. Bunda havo harorati, tezligi va namlik darajasi muhim ahamiyatga ega.

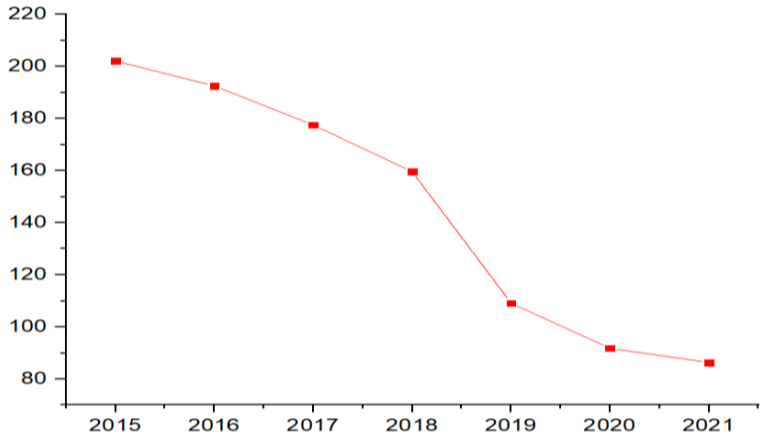
Quyosh quritgichlar – O‘zbekiston sharoitida eng maqbul variantlardan biri bo‘lib, quyosh nurlari yordamida tabiiy va arzon energiya manbai sifatida ishlaydi.

Gibrid tizimlar – quyosh va elektr yoki gaz energiyasini birgalikda qo‘llash orqali samaradorlikni oshiradi.

Innovatsion texnologiyalarda sensorlar orqali namlik, harorat va havo aylanishi avtomatik boshqariladi. Bu esa mahsulotning sifatini yaxshilash va quritish vaqtini 30–40% gacha qisqartirish imkonini beradi.

2022 –yildagi ma’lumotlarga asosan umumiy qiymati, 2662,7 mlrd so‘mli, quvvati, 1526,5 ming tonna qishloq xo‘jaligi mahsulotlari quritilib eksport qilingan. Yuqori darajadagi sifatli mahsulotlarni bozorga olib chiqishda xomashyoning sifatiga alohida baho berilmoqda. Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtiruvchi, qayta ishlovchi va sotuvchi subektlarini quyosh quritish qurilmalaridan foydalanishga bo‘lgan e’tibor kun sayin ortib bormoqda. Sohaga investitsiyalar jalb qilinmoqda. Energiya tejamkor texnologiyalar joriy etilmoqda. Mahsulotlarni talab darajasida quritishda quyosh quritish qurilmalarini energiya tejamkor texnikalar bilan ta’minlash borasida muayyan ishlar amalga oshirilmoqda [6].

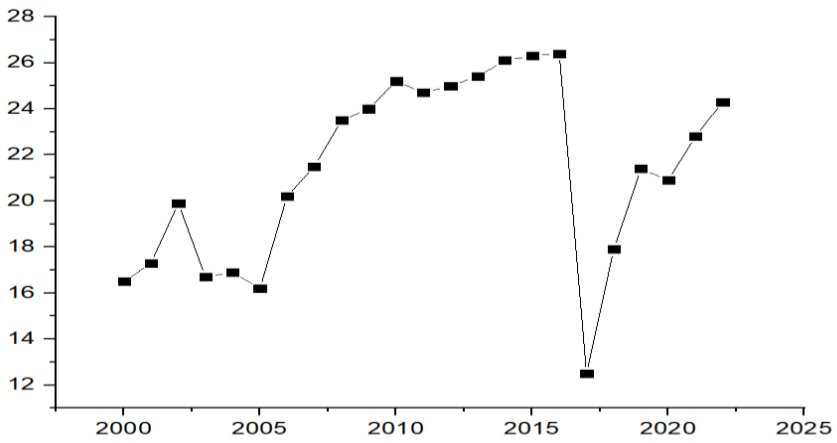
Mamlakatimizda gigroskopik xususiyatga ega bo‘lgan paxta, pilla va kanop kabi mahsulotlar asosidagi to‘qimachilik va tekstil sanoati rivojlanishiga ham alohida e’tibor qaratilmoqda.



1-rasm. *Dunyo bo‘yicha ipak ishlab chiqarish (metrik tonnada)[7].*

Xalqaro ipakchilik komissiyasi (International Sericultural Commission INSERCO) ma’lumotlariga ko‘ra, jahon to‘qimachilik bozorida ipakning ulushi ham alohida o‘rin tutadi. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi ipak tolasini yetishtirish bo‘yicha mamlakatlar orasida uchinchi o‘rinda turadi (5,5%). Asosiy ishlab chiqaruvchilar Xitoy (2021 yilgi ma‘lumotlariga ko‘ra 54,1%) va Hindiston (40,4%) hisoblanadi (1-rasm).

O‘zbekistonda 1 quti ipak qurti urug‘idan o‘rtacha 55 kilogrammdan pilla hosili olinadigan bo‘lsa, Xitoy va Hindistonda bu ko‘rsatkich 80-85 kilogrammga yetadi. Biroq jahon miqyosida ipak tolasining yetishtirish sohasiga e’tibor qaratadigan bo‘lsak, 2015-2017 yillarda keskin pasayishni ko‘ramiz.

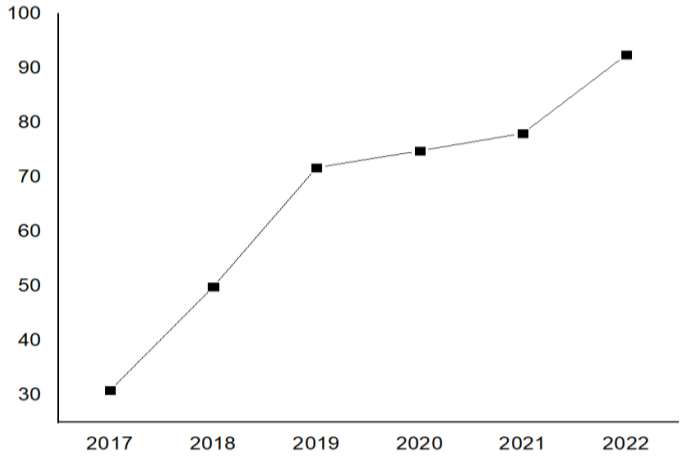


2-rasm. *O‘zbekiston Respublikasida ipak yetishtirish (ming tonna) [8]*

Buni 2-rasmdan ipak tolasini yetishtirish ham 2000-2016-yillarda ortib borganini va 2016 –yildan keyin keskin kamayganini ko‘ramiz.

Ipak xomashyosini mamlakatimizda qayta ishlash ulushi 25 foizdan oshmaydi, qolgan qismi eksport qilinadi. Taqqoslash uchun: 2022-yilda O‘zbekistondan barcha to‘qimachilik mahsulotlari eksporti 3,2 milliard AQSH dollarini, shu jumladan, kalava ip 1,4 milliard AQSH dollarini tashkil etdi.

O‘zbekistondan ipak eksporti tarkibida (2021 yil uchun ma’lumotlar) pilla xomashyosi (68,2%) ustunlik qiladi. Ipak gazlama va tola ulushi ko‘p emas (31,8%). Ammo so‘nggi yillarda gazlama eksporti sezilarli darajada o‘sdi. 2017- yildagi 210 ming dollardan 2021-yilda 23,8 million dollargacha (o‘sish 113,5 barobar). Ma’lumki, pillachilik tarmog‘ida bir atagi ipakning narxi va ipakdan olingan kalavadan yuqori turadi. Mato to‘qib, undan tayyorlangan kiyim-kechak narxi orasidagi tafovut kamida 10-12 baravarni tashkil etadi. Ipak kalavasidan to‘qilgan gilamlarning narxi esa bundanda qimmat.



3-rasm. *O‘zbekiston Respublikasidan ipak, shu jumladan, ipak tola va gazlama eksporti, million AQSH dollarida [9].*

1.3-rasmdan ko‘rinadiki, tarmoq mahsulotlarini xomashyo sifatida emas, tayyor mahsulot sifatida eksport qilindi. Daromadni bir necha barobar oshirishga imkon beradi. Bunda O‘zbekiston iqtisodiyotida tarmoqning rivoji uchun zarur bo‘lgan mahalliy xomashyoning mavjudligi, malakali ishchi kuchining yetarliligi va sarflanadigan energiyaning arzonligi asosiy omil bo‘la oladi [10,11].

Xulosa. Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritishda zamonaviy energiya tejamkor qurilmalar va texnologiyalarni qo‘llash, nafaqat mahsulot sifatini saqlab qolish, balki ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga ham xizmat qiladi. O‘zbekiston sharoitida

quyosh energiyasiga asoslangan gibrid quritgichlarni keng joriy etish, kichik va o‘rta fermer xo‘jaliklari uchun arzon, ixcham va mobil qurilmalarni ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. R. Isayev, S. Qosimov va b. Ishlab chiqarishni tashkil etish va biznes-reja. TTESI. Toshkent – 2010. 34-b.
2. http://library.dtpi.uz/opds/bookfile/44aa082d-981b-4db1-8679-d21d701ed2e
3. https://review.uz/oz/post/ozbekistonda-meva-sabzavotlikni-rivojlantirish-tendenciyalari-va-istiqbollari.
4. Gary Adams. The Economic Outlook For U.S. Cotton 2013. USA.7-8 p www.agrecolchtrel.com.
5. https://iqtisodiyot.tsue.uz/sites/default/files/maqolalar/12,Umarkhodjayevapdf
6. http://inserco.org/en/q=statistics. Copyright 2013.
7. https://lex.uz/docs/4567334. 23.10.2019 yildagi PF-5853-son.
8. https://stat.uz/ru/ofitsialnaya-statistika/agriculture. hisobot.stat.uz
9. review.uz.Infographics: Uzbekistan's foreign trade for January-September 2023
10. https://www.trademap.org.
11. B.T.Bayxonov. To‘qimachilik sanoati korxonalarida investitsiyadan foydalanish samaradorligini baholash jarayonlarini modellashtirish. Nomzodlik ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya. –T.: TDIU, 2010 y. – 140 b.

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ТОКЕНИЗАЦИИ ВЫРАБОТКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 140 КВТ ДЛЯ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ, ОТЧЁТНОСТИ И ПРОВЕРКИ ДАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УЧЁТА

Н.Н. Далмурадова

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова

Аннотация. *В настоящем исследовании предложен и апробирован инженерно-метрологический подход к токенизации выработки фотоэлектрической станции мощностью 140 кВт. Показано, что такая схема обеспечивает метрологическую точность, совместимость со стандартами IEC 61724-1 и ISO 50001, а также экономическую интерпретируемость в терминах уровня приведённой стоимости энергии (LCOE).*

Ключевые слова: *токенизация энергии, фотоэлектрическая станция, цифровой учёт электроэнергии, стандарт IEC 61724-1, энергетический актив.*

Введение. Современные энергетические системы переходят от централизованных схем генерации к распределённым сетям с высоким уровнем цифровизации [1-3]. При увеличении доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) ключевой проблемой становится обеспечение доверия к данным учёта и верификации происхождения электроэнергии (ЭЭ). Международный опыт (платформы *Power Ledger*, *WePower*, *Energy Web Token*) подтвердил эффективность токенизации – представления каждого киловатт-часа как неизменяемого цифрового актива [4-6]. Принцип «1 кВт·ч = 1 токен» обеспечивает метрологическую однозначность и независимость от валютных факторов. Для Узбекистана эта тема приобретает особую значимость в связи с задачами Национально определяемого вклада (NDC) – сокращения удельных выбросов ПГ на 35 % к 2030 году и развитием систем измерения, отчётности и верификации данных [7]. Однако существующая нормативная база пока не содержит механизмов защищённого цифрового учёта на уровне отдельных установок ВИЭ.

Нами сделана попытка оценить применимости методики токенизации выработки ЭЭ фотоэлектрической станции (ФЭС) мощностью 140 кВт. Рассмотрен принцип линейного соответствия между измеренной энергией и цифровыми токенами, обеспечивающий метрологическую достоверность в пределах допуска стандарта IEC 61724-1 (класс B) [8].

Методы и исходные данные. Объектом исследования выбрана ФЭС в ТашГТУ мощностью 140 кВт (модули Trina Solar 550 Вт, инверторы INVT 100 и 40 кВт, угол наклона 33°). Среднегодовая выработка по PVsyst (2024) составила E_{Σ}=203490 кВт·ч при PR = 84,7 %. Алгоритм токенизации базируется на линейном соответствии между физической и цифровой энергией:

$$E_i = P_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{сист}} \cdot f_i \cdot \Delta t \quad (1)$$

где E_i – выработка за интервал i, f_i – относительная освещённость, Δt=1 ч.

Для каждого измеренного интервала производится выпуск цифрового токена:

$$T_i = k \cdot E_i \quad (2)$$

k=1 токен/кВт·ч

Суммарное количество токенов за период T:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} T_i = \sum_{i=1}^{n} E_i \quad (3)$$

Таким образом, обеспечивается метрологически линейное соответствие между измеренной энергией и цифровыми единицами учёта. Метрологическая проверка проводилась по IEC 61724-1: 2021 (класс B, $\delta \leq 0{,}1$ %).

Экономическая стоимость единицы энергии определялась методом приведённой стоимости LCOE:

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{i=1}^{n} C_{\text{опер.затр},t}}{E_{\Sigma}} \quad (4)$$

При расчётном сроке службы ФЭС 8 лет и годовых эксплуатационных расходах 1,5 % от капитальных вложений приведённая себестоимость ЭЭ составляет 812 сум/кВт·ч.

Результаты. Результаты проведённого исследования подтвердили метрологическую корректность предложенной методики токенизации выработки ЭЭ. Установлено, что линейность токенизации сохраняется на всём диапазоне измерений: отклонение составляет $\Delta = 0$ %, что значительно ниже предельного допуска ± 0,1 %, установленного стандартом IEC 61724-1 для оборудования класса B. Годовой объём сформированных токенов T_{Σ}=203490 полностью совпадает с интегральной выработкой ФЭС, что свидетельствует о метрологической согласованности физической и цифровой составляющих энергетического баланса.

Совокупная стоимость токенизированного энергетического актива при данных условиях достигает приблизительно 165 млн сум в год. Разработанная схема токенизации полностью совместима с международной системой сертификации происхождения ЭЭ (I-REC), при этом обеспечивается метрологически корректное соотношение 1000 токенов на 1 МВт·ч выработанной энергии.

Каждый токен обладает двойственной природой: физической: выражающей собой эквивалент одного киловатт-часа произведённой энергии, и экономической: определяемой стоимостным показателем 812 сум. Такая интерпретация позволяет рассматривать токен не только как элемент цифрового учёта, но и как эквивалент энергетического актива, пригодного для включения в финансовые, отчётные и экологические механизмы, включая системы «зелёных» облигаций, интегрированные отчёты устойчивого развития и контуры измерения, отчётности и верификации данных.

Применение разработанной методики обеспечивает прямую метрологическую связь токенов с данными измерений, выполняемыми по требованиям стандарта IEC 61724-1, автоматическое формирование цифровых журналов выработки и криптографическую неизменяемость записей, что гарантирует верифицируемость и достоверность энергетических показателей без необходимости физического доступа к измерительному оборудованию.

Выводы. Проведённая оценка доказала, что токенизация выработки ЭЭ является технически корректным, метрологически достоверным и экономически обоснованным инструментом цифрового учёта, обеспечивающим согласование энергетических и стоимостных показателей в рамках единой цифровой модели. Методика характеризуется соответствием международным стандартам IEC 61724-1 и ISO 50001, воспроизводимостью результатов и потенциальной применимостью при формировании инфраструктуры доверенных данных, предназначенной для прозрачного и верифицируемого мониторинга энергетических процессов в системах на основе ВИЭ.

Литература

1. Almero de Villiers, Paul Cuffe. Towards Imposing Dayparted Restrictions on Tokenised Energy within Peer-to-Peer Markets. CC, November 2020, DOI:10.36227/techrxiv.13214072.v1

2. Umit Cali et al. Cybersecure and scalable, token-based renewable energy certificate frameworkusingblockchain-enabled trading platform. Electrical Engineering (2024) 106:1841–1852 https://doi.org/10.1007/s00202-022-01688-0

3. Аллаев К. Р. Современная энергетика и перспективы ее развития //Под общей ред. Т.:– 2021, 468 с.

4. Powerledger's POWR-Solana token is now available for on/offramping on BitMart. https://powerledger.io/blockchain-technology/

5. WePower. https://climatebase.org/company/6872/wepower

6. Energy web. Build Connect Transform. https://www.energyweb.org/

7. Н.Р. Авезова, Н.Н. Далмурадова. Предпосылки к вопросу разработки Регламента энергетической безопасности Республики Узбекистан. Проблемы энерго- и ресурсосбережения, 2023, №1, 44-58

8. IEC 61724 1:2021 «Photovoltaic system performance – Part 1: Monitoring», 21 июля 2021 г. https://webstore.iec.ch/en/publication/65561

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УСОВЕРШЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВЫХОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ш.А. Муминов

Ферганский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассмотрены результаты разработки и экспериментальной апробации усовершенствованной системы мониторинга выходных параметров ФЭС. Разработанная методика на основе линейной регрессии позволила повысить точность измерений датчика тока ACS712 на 5,71 %, обеспечив среднюю погрешность 4,54 %. Система обеспечивает многоканальный сбор данных до 16 рядов ФЭМ с интеграцией сенсоров тока, напряжения, температуры, влажности, запылённости и солнечной радиации. Испытания на реальной ФЭС мощностью 63,6 кВт (Ферганская область) показали расхождение между прогнозной и фактической выработкой электроэнергии менее 2,1 %, что подтверждает высокую достоверность измерений и эффективность предложенной архитектуры.*

Ключевые слова: *солнечная энергетика, фотоэлектрическая система, мониторинг, датчик тока, линейная регрессия, микроконтроллер, точность измерений.*

Введение. Мировой энергетический переход к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) формирует устойчивую тенденцию к интеллектуализации процессов измерений и диагностики. По данным *International Energy Agency (IEA, 2024)*, совокупная установленная мощность фотоэлектрических систем превысила 1,6 ТВт, а ежегодный прирост составил более 500 ГВт, из которых около 75 % приходится на солнечную энергетику [1].

В Узбекистане, несмотря на высокий солнечный потенциал (до 2 200 кВт·ч/м²·год), доля солнечной генерации в 2023 г. составляла лишь 253 МВт, однако уже в 2025 г. она превысила 2,2 ГВт [2]. В условиях активного масштабирования ФЭС особое значение приобретает точность мониторинга и диагностики модулей, влияющих на прогнозирование выработки, определение

деградации и выявление потерь от запылённости. В связи с чем, сделана попытка разработать усовершенствованной системы мониторинга выходных показателей ФЭС, обеспечивающей повышение точности регистрации электрических параметров и их коррекцию с помощью регрессионного анализа.

Материалы и методы исследования. Методологическая основа исследования основана на комбинировании аппаратных и программных средств измерения.

Основные компоненты системы включают: Микроконтроллер ATmega2560, 16-битный АЦП ADS1115, Мультиплексор PCA9548A, Датчик тока ACS712, SIM800L (GPRS), RC-фильтр.

Для минимизации систематических ошибок датчика тока использована линейная регрессия:

$$y = mx + b \tag{1}$$

где y – прогнозируемая величина (выходная переменная), m – коэффициент наклона (slope), который показывает, как меняется y при изменении x, x – независимая переменная (в нашем случае, измеренное значение), b – смещение по оси y (intercept), то есть значение y, когда x=0.

Коэффициенты линейной регрессии определялись по формулам, пользуясь набором измерений (X, Y) [3]:

Коэффициент наклона (m):

$$m = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \tag{2}$$

Смещение по оси y (b):

$$b = \frac{\sum y - m(\sum x)}{n} \tag{3}$$

где: n – количество измерений $\sum xy$, – сумма произведений каждого x и y, $\sum x$ – сумма всех x-значений, $\sum y$ – сумма всех y-значений, $\sum x^2$- сумма квадратов значений x.

Алгоритм реализован в среде *Python (NumPy)* и встроен в микроконтроллерное ПО. Калибровка выполнена по 4 контрольным точкам с шагом 0,5 В.

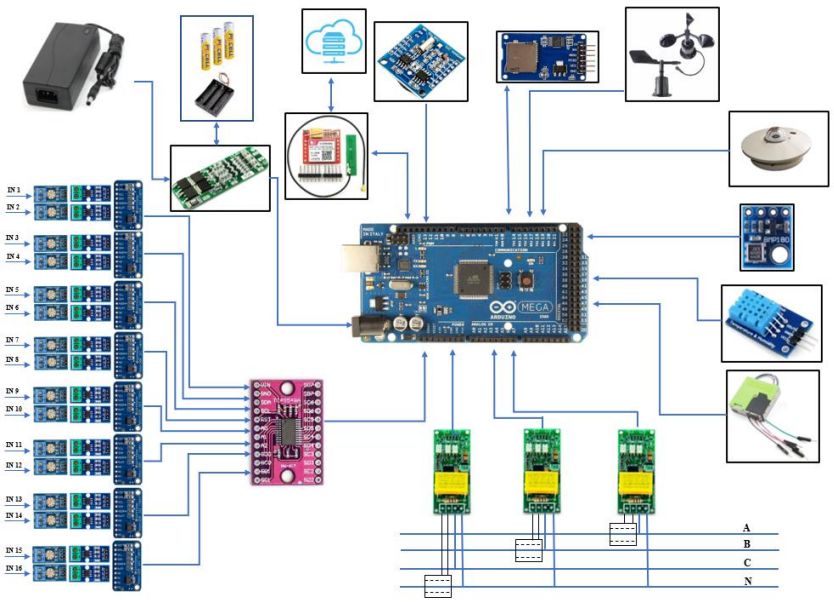


Рис.1. Принципиальная схема мониторинга выходных показателей ФЭС на основе ФЭМ [4].

Результаты и обсуждение. Экспериментальные исследования выполнены на лабораторной и реальной ФЭС мощностью 63,6 кВт (г. Фергана).

После применения регрессионной калибровки точность датчика ACS712 увеличилась с 4,82 % до 4,54 %.

Рис.2. Сравнение начальных и улучшенных показателей датчика тока ACS712

Система обеспечивает одновременное измерение 16 параметров в реальном времени, включая электрические и метеорологические показатели. Для

оценки сравнительной эффективности проведено сопоставление с существующими решениями (Табл. 1).

Табл. 1

Сравнительная характеристика технических параметров систем мониторинга выходных показателей ФЭС

Параметр	**№1 [5]**	**№2 [6]**	**Система мониторинга, предлагаемая авторами**
Количествово измеряемых параметров	5	9	16
Используемый АЦП	10-бит	12-бит	16-бит ADS1115
Возможность многоканальности	нет	ограниченная	8 × ADS1115 (16 рядов ФЭМ)
Метод фильтрации	отсутствует	цифровая	RC фильтр + регрессия
Средняя погрешность	4,82 %	—	4,54 %
Тип связи	локальная	IoT	IoT + GPRS реального времени

Испытания на действующей ФЭС показали среднее расхождение между прогнозной (по *PV*SOL*) и фактической выработкой менее 2,1 %, что подтверждает возможность применения системы для прецизионного энергетического анализа и адаптации к климату Ферганской долины. Использование локальной базы актинометрических данных (с шагом 10 мин) позволило повысить корреляцию прогнозных и реальных кривых в летние месяцы до $R^2 = 0{,}984$.

Выводы. Разработана и реализована усовершенствованная система мониторинга выходных показателей ФЭС на базе микроконтроллера ATmega2560 и 16-битного АЦП ADS1115. Применение метода линейной регрессии для калибровки датчика ACS712 позволило повысить точность измерений на 5,71 %. Экспериментальные испытания на ФЭС 63,6 кВт подтвердили достоверность данных, среднее расхождение между прогнозной и фактической выработкой составило < 2,1 %.

Литература

1. IEA. Renewables 2023. Executive summary. https://www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary

2. GAËTAN MASSON, ELINA BOSCH, ADRIEN VAN RECHEM, MELODIE DE L’EPINE. https://iea-pvps.org/snapshot-reports/snapshot-2024

3. Yusri AM Ambabunga, Lantana Dierent Rumpa, Martina Pineng. Optimization of ACS712 Sensor Current Measurement in Solar Power System through Regression Modeling // Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC) Vol. 7, No.2, December 2023, pp. 198-201

4. МУМИНОВ Ш.А. Моделирование режимов работ устойчивых систем электроснабжения на основе фотоэлектрических модулей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора философии. Фергана, 2025, 52с.

5. Матчанов Н.А. Комплексное исследование фотоэнергетических систем и их интеграции к электрической сети. Автореф. дисс. на соискание доктора технических наук, Т., 2021, с.64.

6. Кулматов Х.Х. Методы оценки надежности солнечных фотоэлектрических систем и диагностика их выходных параметров. Автореф. дисс. на соискание доктора философии по техническим наукам, Ф., 2024, с.48.

3.QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKA INFRATUZILMASINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ORQALI SAMARALI BOSHQARISH;

3. EFFECTIVE MANAGEMENT OF RENEWABLE ENERGY INFRASTRUCTURE THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES;

4.QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA VA ATROF-MUHIT KO‘RSATKICHLARI MONITORINGI USLUBLARI VA NATIJALARI;

4. METHODS AND RESULTS OF MONITORING RENEWABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL INDICATORS.

Moderatorlar: **Payzullaxonov Muxammade-Sultanxan**
A.A. Quchqarov

Moderators: **Payzullakhanov Muxammade-Sultanxan**
A.A. Kuchkarov

MATHEMATICAL MODELING OF HYDRODYNAMIC PROCESSES IN A SOLAR-DRIVEN POLYGENERATION SYSTEM FOR HOT WATER PRODUCTION AND WATER SOFTENING.

Bekzod Abdukarimov

Fergana state technical university, Uzbekistan

bekzodbek45484@mail.ru

Annotation: *In this article focuses on the hydrodynamic processes that occur in the solar air heater collector with a bottomless triangular channel working at the expense of solar radiation. Factors that directly affect the heat exchange processes in the working Chamber of the solar air collector with an overhead triangular shape have been analyzed, including air flow in the channels, heating surface structures, acceleration of the heat exchange process and methods for calculating the main indicators such as pressure loss. The solar air heater is one of the main and widely used equipment that can convert solar energy into useful thermal energy. Solar air heaters are economically efficient due to their simple structural structure and can be widely used in household and industrial sectors. The main area of application of solar air heater collectors is heating, in addition to agricultural, fruits and vegetables, including various products, the drying of technological products can be widely used.*

Keywords: *Sun rays, convective heat transfer, absorber, molasses, laminar and turbulent movements, pressure, boundary layer.*

INTRODUCTION

The solar air heater has a simple design and is considered cost-effective due to insufficient maintenance. However, at the same time, the heat transfer performance between the air flow and the absorber plate leads to the fact that the thermal efficiency is also low due to the low thermal conductivity of the air.

One of the most common ways to increase the heat transfer coefficient is to install artificial roughness on the absorber plate. An artificial coarse absorber plate adhesive can break the bottom layer and create a strong absorber near the heated absorber, which allows faster flowing air in the outer region to be mixed with low-speed air near the wall, which leads to high heat [1, 2]. Experimentally analyzed the

activity of the solar air heater provided with various obstacles [7]. With different geometric parameters, the effect of several arc-shaped ribs on the properties of heat transfer and friction is assessed [8].

Another way to improve the performance of a solar air heater is to change the absorber plate. The operation of three types of solar air collectors with flat plate, v-corrugated and wing absorber has been studied [11]. An experimental and theoretical analysis of a double cross-corrugated and double-sided V-corrugated solar air collector has been conducted [12]. An experimental investigation of solar air heaters with corrugated plate, crack whole plate and corrugated packaging has been conducted [13]. In addition, a number of studies have been conducted, and they are mainly aimed at improving performance by artificial rough rip installed in the absorber plate or modified absorber structure [12].

Furthermore to increase the heat transfer performance of a solar air heater is to change the shape of the air duct or the bottom plate in the air duct of a solar air heater. Two-pass transverse slotted solar air heater collector performance has Wave-like shaped absorption plate and bottom plate has been analyzed [14]. Studied the thermal performance of solar air heaters with a semicircular and triangular transverse cross-sectional channel under external processing [15]. This model is relatively simple to build and easier to install than other methods. In addition, this method can be artificially combined with a solar air heater with a coarse absorber.

The thermo hydraulic magnification factor is a measure that relates the rate of heat transfer within a system to the properties of airflow, which is replaced by friction parameters and pressure drop through the flow chamber [16].

METHOD AND MATERIALS

Another way to enhance the performance of a thermal collector under Turbulent flow conditions is to use stationary energy on the inner surface of the absorber plate. This stagnant energy is usually not transported by air due to sufficient time. There are two main techniques for exploiting this energy: the first involves breaking the adhesive sub layer that stores this energy and creating geometric roughness on the plate. The second technique involves obstructing and remixing the air to lift towards the absorber

plate to extract energy from the laminar sub layer using tabulators. However, the second technique leads to a significant improvement in heat energy transfer and a decrease in pressure when the roughness is much greater than the thickness of the lower layer.

As determined by the studies, the flow periodicity rises with Reynolds number (Re), and the overall loss coefficient develops almost steadily when the flow resistance is high.

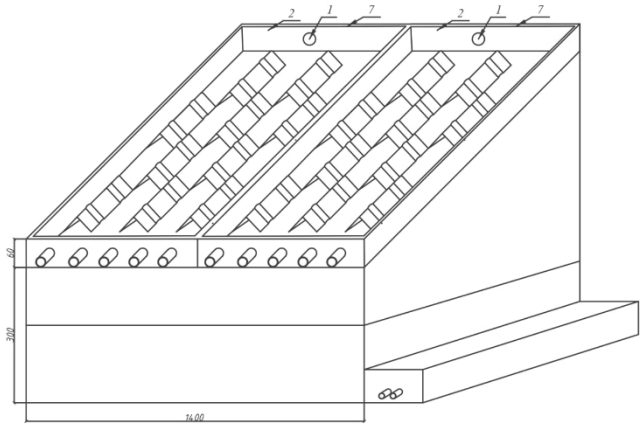


Fig.1. ***A polygeneration device for water desalination and hot water production based on a solar air heater.***

Dynamic state of triangular channel flat solar air heater: the principle of operation of this solar air heater is as follows. As a result of sunlight on the working surface of the collector, the absorber (3) heats up and absorbs air from the Collector’s heated air outlet (1) pipe using a suction fan. The Collector includes an amount equal to the amount of heated air consumption through the air inlet pipes (5), air flow from the external environment along the working surface. This air flow increases itself in temperature under the influence of the convective heat exchange process. Convective heat exchange occurs on the working surface of the absorber (3) and along the inner and outer surfaces of the triangular-shaped (4) channels. The inner convex geometric shape (Figure 2), which is given to the air Channel of the triangular shape, fulfills the vases that form a heat.

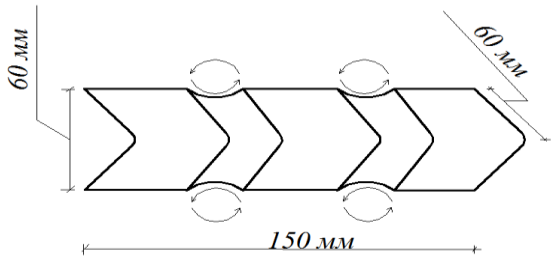


Fig.2. Scheme of the air duct air-acting duct

The thermal insulation (7) layer between the absorber and the body of the solar air heater prevents heat loss from the heated absorber and helps to transfer the available heat to the air.

Solar air heater heat conduction body made of low porous plastic (6) ensures that the heat in the working Chamber of the collector is not wasted

According to the flow planar, it can be divided into a boundary layer on the channel surface and an external flow. The boundary layer occupies a key role in the dynamic and heat exchange processes of the flow with the washable body. The loss of energy is determined by the elongation patterns in the action and the shedding produced by them.

According to the research work studied, the heat carrier in the receiving devices can be divided into three types of storage. Continuous, pre-discontinuous and discontinuous. The flow can be laminar and turbulent. The downstream method can be used to solve the boundary layer issue. We take the following deviations; methods for structurally solving boundary layer problems in a free-form profile given that the flow is stable and the air is incompressible, without two-dimensional heat exchange of the flow, are based on solving the momentum equation.

$$\frac{d\delta^{**}}{\partial x} + \frac{dV_0}{\partial x}\frac{\delta^{**}}{V_0}(2+H) = \frac{\tau_\omega}{\rho_0 V_0^2} \qquad (1)$$

Where δ ** is the momentum loss thickness ; δ* is the compression thickness; v_0, ρ_0 is the velocity and density at the outer boundary of the boundary layer; N= δ*/ δ**; τω is the friction strain on the wall. In the case where the profile and velocity of

the boundary layer are clear, the compression thickness is determined by expressions below.

$$\delta^* \int_0^{\delta} (1 - \frac{\rho v}{(\rho_0 v_0)}) dy \quad (2)$$

- pulse loss thickness.

$$\delta^{**} \int_0^{\delta} \frac{\rho v}{(\rho_0 v_0)} (1 - \frac{v}{v_0}) dy \quad (3)$$

Due to the fact that there are three uncertain parameters to the equation of pulses - δ**, δ* and τ ω, according to the method of solving the problem approximately, by a series of profiles and speeds depending on one parameter on the equation with one denomination. In place of such a parameter, the amount φ, called The Shape parameter, has been proposed, and as a result of this allows the development of structural methods of boundary layers according to theoretical grounds about the existence of internal scales of turbulence. The method of contribution of the Turbulent boundary layer with a vanishing Meltdown is also of particular importance.[16]

RESULTS AND DISCUSSION

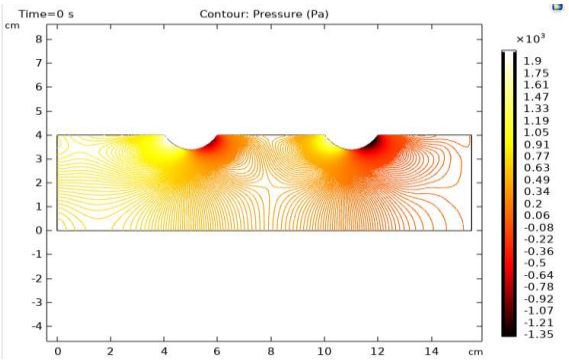


Fig.3. Isoclines of airflow motion in a channel with value Re=4183

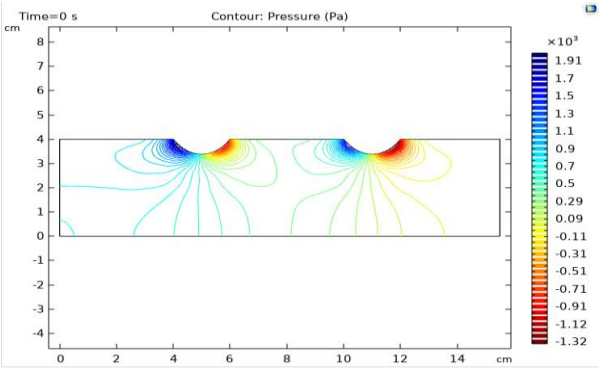


Fig.4. Isoclines of airflow motion in a channel with value Re=3552

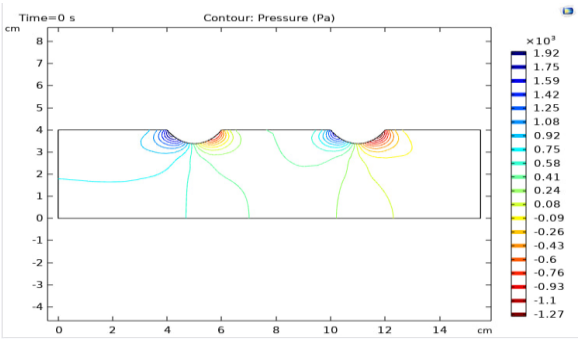


Fig.5. Isoclines of airflow motion in a channel with value Re=2764

In this method, the dimensions to the cohesion muxite decrease more rapidly compared to the dimensions in the entire boundary layer. As can be seen from the above (figures 3,4,5)in the sun air heater collector concave air channel, as the Reynolds number increases, heaps begin to form between the heaps in the air channel

CONCLUSION

Based on the results of experimental research work carried out on the solar air collector with a triple-shaped bottom channel, developed in a new way, it is required to develop a mathematical model of air flow in the air channels of the Collector

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the state program of the Ministry Innovative Development of the Republic of Uzbekistan under the project of fundamental research FZ-2020100661of the Fergana Polytechnic Institute.

. REFERENCES

[1] Kalogirou SA. Solar thermal collectors and applications. Prog Energy Combust Sci2004;30:231–95. doi:10.1016/j.pecs.2004.02.001.

[2] Parsa H., Saffar-Avval M., Hajmohammadi M. R. 3D simulation and parametric optimization of a solar air heater with a novel staggered cuboid baffles //International Journal of Mechanical Sciences. – 2021. – T. 205. – C. 106607.

[3] Alkilani MM, Sopian K, Mat S, Alghoul MA. Output air temperature prediction in a solar air heater integrated with phase change material. Eur J Sci Res 2009;27:334–41

[4] Karwa R, Chauhan K. Performance evaluation of solar air heaters having down discrete rib roughness on the absorber plate. Energy 2010;35:398–409. doi:10.1016/j.energy.2009.10.007

[5] Chamoli S, Chauhan R, Thakur NS, Saini JS. A review of the performance of double pass solar air heater. Renew Sustain Energy Rev 2012;16:481–92. doi:10.1016/j.rser.2011.08.012

[6] Forner-Escrig J, Mondragón R, Hernández L, Palma R. Non-linear finite element modelling of light-to-heat energy conversion applied to solar nanofluids. Int J Mech Sci 2020;188:105952. doi:10.1016/j.ijmecsci.2020.105952

[7] Al-Rashed A A, Oztop HF, Kolsi L, Boudjemline A, Almeshaal MA, Ali ME, et al. CFD study of heat and mass transfer and entropy generation in a 3D solar distiller heated by an internal column. Int J Mech Sci 2019;152:280–8. doi:10.1016/j.ijmecsci.2018.12.056.

[8] Kabeel AE, Hamed MH, Omara ZM, Kandeal AW. Solar air heaters: design configurations, improvement methods and applications – a detailed review. Renew Sustain Energy Rev 2017;70:1189–206. doi:10.1016/j.rser.2016.12.021.

[9] Ahmed, N., Mohyud-Din, S. T. and Hassan, S.M. (2016), "Flow and heat transfer of nanofluid in an asymmetric channel with expanding and contracting walls suspended by carbon nanotubes: A numerical investigation", Aerospace Science and Technology, Vol. 48, pp. 53–60.

[10] Alsabery, A. I., Chamkha, A. J., Hussain, S. H., Saleh, H. and Hashim, I. (2015), "Heatline visualization of natural convection in a trapezoidal cavity partly filled with nanofluid porous layer and partly with non-Newtonian fluid layer", Advanced Powder Technology, Vol. 26, No. 4, pp. 1230–1244.

[11] Yan SR, Golzar A, Sharifpur M, Meyer JP, Liu DH, Afrand M. Effect of U-shaped absorber tube on thermal-hydraulic performance and efficiency of two-fluid parabolic solar collector containing two-phase hybrid non-Newtonian nanofluids. Int J Mech Sci 2020;185:105832. doi:10.1016/j.ijmecsci.2020.105832.

[12] Alam T, Kim MH. A critical review on artificial roughness provided in rectangular solar air heater duct. Renew Sustain Energy Rev 2017;69:387–400. doi:10.1016/j.rser.2016.11.192.

[13] Hinojosa, J. F., Estrada, C. A., Cabanillas, R. E. and Alvarez, G. (2005), "Numerical study of transient and steady-state natural convection and surface thermal radiation in a horizontal square open cavity", Numerical Heat Transfer A, Vol. 48, pp. 179–196.

[14] Khan, U., Ahmed, N. and Mohyud-Din, S. T. (2016a), "Thermo-diffusion, diffusion-thermo and chemical reaction effects on MHD flow of viscous fluid in divergent and convergent channels", Chemical Engineering Science, Vol. 141, pp. 17-27.

[15] Duffie, J.A., Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 5th ed., Wiley, 2020.

[16] Kalogirou, S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems, 2nd ed., Academic Press, 2014.

JAHONDA GIDROENERGETIKA RESURSLARI VA ULARDAN FOYDALANISHNING HOZIRGI HOLATI

Salomov U.R, Urishev O.M

Farg‘ona davlat texnika universiteti

E-mail: orishevomadjon@gmail.com

Jahonda XXI asrga kelib, elektr energiya ishlab chiqarilishda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bilan bir qatorda, sanoatni yuqori darajada rivojlangan texnologiyalar bilan ta’minlash va jamiyat hayotini iqtisodiy, ijtimoiy va ma’naviy qayta qurish o‘tish davrini boshdan kechirmoqda. Bundan tashqari dunyodagi energiya iste’moli albatta aholining o‘sishi va ijtimoiy sharoitlarning yaxshilanishi hisobiga barqaror o‘sib bormoqda. Dunyoda energiya resurslarini iste’mol qilish 2000 yilga nisbatan 2030 yilga kelib, 1,5 baravarga, 2050 yilga kelib esa 2 baravar ko‘payishi va shu davrlarda elektr energiyasini iste’mol qilish - mos ravishda 2 baravar va 3 martadan ko‘proq bo‘lishi kutilmoqda [2, 3,4,5].

Uglevodorod yoqilg‘isi albatta global energiya tizimi va iqtisodiy o‘sishning asosi bo‘lib, so‘nggi ikki asr davomida energiyadan foydalanishni 50 baravar oshirdi va hozirgi dunyoning atrof-muhitni shakllantirdi [6]. Lekin foydali qazilmalar abadiy emasligini hisobga olsak bu borada albatta qayta tiklanuvchi energiya manbalariga-quyosh, shamol, gidroenergetika va boshqalarga talab oshib bormoqda.

Qayta tiklanadigan energiya manbalari xalqaro agentligi (IRENA) hisob-kitoblariga ko‘ra 2030 yilga borib qayta tiklanadigan manbalardan olinadigan elektr energiyasi jahon elektr ta’minotining 65% ta’minlashi mumkin va bu 2050 yilga kelib energetika sektorini 90% ga uglevodorod chiqindilarini kamaytirib iqlim o‘zgarishini yumshatishga yordam beradi. Bundan tashqari IRENA agentligi ma’lumotlariga ko‘ra jahon bo‘yicha elektr energiyasining tenglashtirilgan narxi (LCOE) 2022 yilgi ko‘rsatkichlarida yangi ishga tushirilgan quruqlikdagi shamol elektr stansiyalari (ShES) uchun 0,033 AQSh dollari/kVt/soatni, quyosh fotoelektr stansiyalari (QFS) uchun 0,049 AQSh dollari/kVt/soatni, dengiz shamol elektr stansiyalari (offshore) uchun 0,081 AQSh dollari/kVt/soatni, gidroenergetika uchun esa 0.061 AQSh dollari/kVt/soatni tashkil etdi.

Qayta tiklanadigan energiya manbalarining o‘rnatilgan quvvatidan foydalanish koeffitsiyentiga ham qaralganda jahonda o‘rtacha GES uchun 46%, SHES uchun 37%, QFS uchun esa 17% ni ko‘rsatishi gidroeneregetikadan foydalanish qolgan qayta tiklanuvchi energiya manbalariga ko‘ra quvvatidan foydalanish koeffitsiyenti yuqori ekanligi nuqtai nazardan ularning samaradorligini oshirish dolzarb vazifalardan biri ekanligini ko‘rsatadi.

Jahonda jami gidroelektrstansiyalar so‘ngi yillar hisobida Xitoy 30% eng ko‘p ishlab chiqargan, undan keyin o‘rinlarda Braziliya 10 % , Kanada 9,2%, AQSh 5,8% va Rossiya 4,6% ni tashkil qiladi [7]. Hozirgi vaqtda gidroelektrostansiyalar ishlab chiqarayotgan qayta tiklanuvchi energiya manbalari hissasiga mamlakatizmizda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasi umumiy hajmining 12-14% atrofida to‘g‘ri kelmoqda [8].

Gidroenergetika - bu kanal suv oqimlari va suv oqimlaridagi suv massalari oqimida to‘plangan oqimi kinetik va potensial energiyaga aytiladi. Gidroelektr stansiya

(GES) - suv oqimining kinetik va potensial mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan elektr stansiyasi hisoblanadi. Gidroelektrstansiyada hosil bo‘lgan quvvatni quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta_G \quad \text{(kW)} \qquad (1.1)$$

Bu yerda: P- ishlab chiqarilgan quvvati (kW), Q- suv oqimi sarfi (m^3/s), ρ-suv zichligi (kg/m^3), g- erkin tushish tezlanishi (m/s^2), H_n- Suv bosimi (m), η_G −GES foydali ish koeffitsiyenti.

Gidroelektr stansiyalarning tasnifi turli mamlakatlarda turli mezonlarni orqali turlarga ajratilgan bo‘lsa ham, adabiyotlar tahliliga ko‘ra o‘rnatilgan quvvatiga qarab jahonda GESlar quyidagicha tasniflanadi [9,10]. (1-jadvalga qarang)

1-jadval. Gidroelektr stansiyalarning ishlab chiqarish quvvati bo‘yicha tasnifi

Turi	**Quvvati**
Piko Gidroelektr stansiya	< 1 kW
Mikro Gidroelektr stansiya	1 – 100 kW
Mini Gidroelektr stansiya	100 – 1000 kW
Kichik Gidroelektr stansiya	1 MW – 15 MW
O‘rta Gidroelektr stansiya	15 MW – 100 MW
Yirik Gidroelektr stansiya	> 100 MW

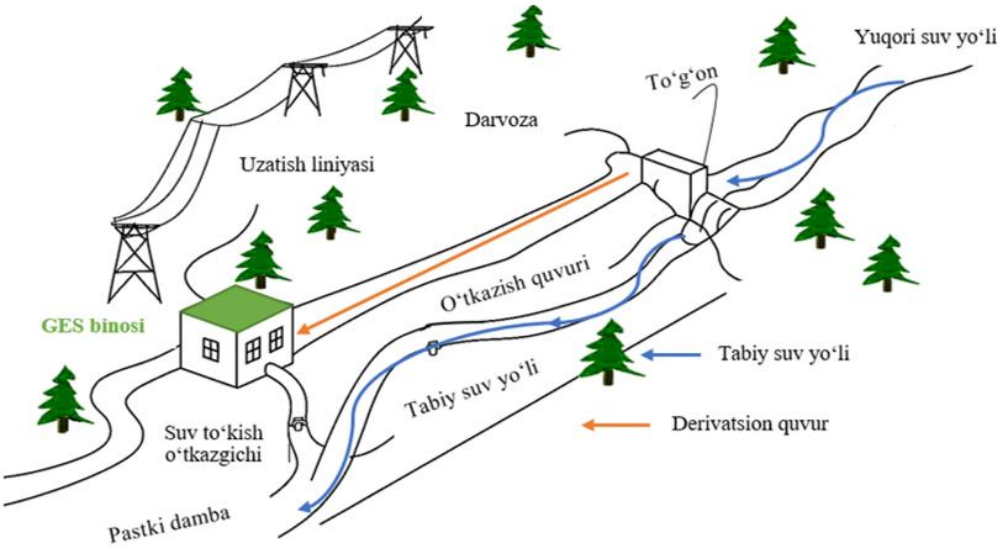
Gidroelektr stansiyalarning tasnifi mamlakatimizda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 10-dekabrdagi PQ-44-son qaroriga ko‘ra quyidagicha tasniflanadi (2-jadvalga qarang) hamda ushbu gidroelektr stansiyalarni qayta tiklanuvchi energiya manbalari deb hisoblash ko‘zda tutilgan [1].

2-jadval. Mamlakatimizda gidroelektr stansiyalarning ishlab chiqarish quvvati bo‘yicha tasnifi.

Turi	**Quvvati**
Mikro Gidroelektr stansiya	< 500 kW
Kichik Gidroelektr stansiya	0,5 – 5 MW
O‘rta Gidroelektr stansiya	5 MW – 30 MW

Yirik Gidroelektr stansiya	> 30 MW

Yirik GESlar - bu juda ko‘p sonli texnologik jihozlardan tashkil topgan murakkab texnik qurilma hisoblanadi va ularga to‘g‘on, gidravlik turbinalar, elektr generatorlari, suv o‘tkazgichlar va boshqalar kiradi. Yirik GESning qurilishi, qurilishning uzoq muddatlari bilan bog‘liq va katta mablag‘ talab qiladi. Past tekislik daryolarida joylashgan GESlarda elektr energiyasini ishlab chiqarish jarayonining ekologik xavfsizligi ko‘pincha keng hududlarni suv bosishi xavfini olib keladi. To‘g‘on yonidagi GESlarda to‘g‘on yordamida suv sathi ko‘tarilib, kerakli bosim hosil qilinadi. GES binosi 3 xil joylashtiriladi: 1) to‘g‘on yonida; 2) to‘g‘ondan chetroqda; 3) to‘g‘ondan pastda, daryo o‘zanida. To‘g‘on yonida va daryo o‘zanida quriladigan GES larda suv bosimini to‘g‘on hosil qiladi. Bunday GES lar suvi ko‘p bo‘lgan, tekis oqadigan tog‘ daryolariga, soylarning toraygan joyiga quriladi [11].



1-rasm. Derivatsion GES inshootini joylashtirish sxemasi.

Bundan tashqari zamonaviy gidroenergetika usullari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Damba bilan ishlovchi (Gidroelektr stansiyasi)- rezervuarida suvni to‘plash va undan turbinaga o‘tkazish orqali energiya olinadi. To‘plangan suv, gravitatsiya nisbatida turbinaga yo‘naltiriladi va bu jarayonda mexanik energiya elektr energiyaga aylantiriladi.

Gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyasi (GAES)- energiyani saqlash uchun suvni yuqori havzaga o‘tkazish orqali va talab bo‘lgan vaqtda uni qaytarib olish orqali energiya olinadi [12]. To‘plangan energiya kam talab paydo bo‘lgan vaqt o‘rtasida saqlanadi va talab oshganda energiya olinadi.

Jahonda gidroenergetikani rivojlantirish uchun katta salohiyat global miqyosda mavjud, lekin bunday imkoniyatlar qayerda joylashganligi haqida IHA tomonidan 2023 yilda nashr etilgan 2023 yilgi jahon gidroenergetika istiqbollari hisobotida global va mintaqaviy darajada qolgan gidroenergetika salohiyati aniqladi. Natijalar quyidagi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. 2023 yilgi jahon gidroenergetikasining mintaqalar kesimida salohiyati [14].

Mintaqa	**Potensial gidroenergetika quvvati (GVt)**	**O‘rnatilgan quvvat 2022 (GVt)**
Sharqiy Osiyo va Tinch okeani	1100	464
Janubiy va Markaziy Osiyo	600	157
Afrika	630	37
Shimoliy va Markaziy Amerika	620	184
Janubiy Amerika	500	179
Yevropa	350	202

Janubiy va Markaziy Osiyo (3-jadvalga qarang) mintaqasining potensial gidroenergetika quvvati 600 GVt bo‘lishiga qaramay hozirda 157 GVt dan foydalaniladi. Bu esa past bosimdagi gidroenergetik salohiyati yuqori bo‘lsada undan foydalanish ko‘rsatkichi kam miqdorni tashkil etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 10.12.2021 yildagi PQ-44-son qarori.

2. Van de Graaf T. A New World: The geopolitics of the energy transformation. (2019).
3. O. Toirov, K. Alimkhodjaev, A. Pardaboev. Analysis and ways of reducing electricity losses in the electric power systems of industrial enterprises. In E3S Web of Conferences, SUSE-2021, 288, 01085 (2021).
4. World Oil Outlook 2040. OPEC,Vienna, Austria, 412 p (2018).
5. World Energy. Issues Monitor, London, 211 p (2019).
6. Ey energy and resources transition acceleration, EY | Building a better working world, EYG no 011238-23Gbl, BMC Agency GA 154152662, 2023 y.
7. “Gidroenergetikadan elektr energiyasi ishlab chiqarish ulushi”. Bizning dunyo ma’lumotlarda (Our World in Data), 2023 y.
8. https://agronews.uz/2023/06/20
9. Tkáč, Š. (2018). Hydro power plants, an overview of the current types and technology. Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering, 13(s1), 115–126. https://doi.org/10.1515/sspjce-2018-0011
10. R S, Anand & Jawahar, C. & Bellos, Evangelos & Malmquist, Anders. (2021). A comprehensive review on Crossflow turbine for hydropower applications. Ocean Engineering. 240. 110015. DOI:10.1016/j.oceaneng.2021.110015
11. Г.Ж.Аллаева, Потенциал использования возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан . “Иқтисодиёт ва инноватsion технологиялар” илмий электрон журнали. No 4, 2016 йил.
12. Harby, Atle & Sauterleute, Julian & Korpås, Magnus & Killingtveit, Ånund & Solvang, Eivind & Nielsen, Torbjørn. (2013). Pumped Storage Hydropower DOI:10.1002/9783527673872.ch29.
13. IRENA (2024), Decarbonising hard-to-abate sectors with renewables: Perspectives for the G7, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/

QUYOSH PANELLARINING TERMODINAMIK XARAKTERISTIKALARINI NOANIQ MANTIQ KONTROLLERI YORDAMIDA BOSHQARISH MODELI

Xoliddinov Ilxombek Xosiljonovich[1], O‘lmasov Jasurbek Fatxullo o‘g‘li[2]

i.xoliddinov@ferpi.uz, olmasovj97@gmail.com,

[1] DSc, dots., Farg‘ona davlat texnika universiteti, “Energetika muhandisligi” kafedrasi mudiri, [2] PhD doktorant, Farg‘ona davlat texnika universiteti,

Annotatsiya: *Quyosh panellarining chiqish quvvatiga ta’sir etuvchi asosiy omillardan biri — fotoelement haroratidir. Ushbu maqolada PV modullarining termodinamik parametrlarini modellashtirish asosida ularni boshqarish tizimi ishlab chiqilgan. Tadqiqotda termodinamik energiya balansi modeli tuzilib, MATLAB/Simulink muhitida PV modullarining haroratga, quyosh nurlanishiga va shamol tezligiga bog‘liq ishlash xususiyatlari tahlil qilingan. Energiya oqimini boshqarish uchun Noaniq mantiq kontroller (FLC) taklif etilgan. Simulyatsiya natijalari noaniq mantiq kontrolleri yordamida tizimning barqarorligi, tezkor javob berishi va statik xatolikni kamaytirishdagi samaradorligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchan sharoitida PV tizimlarining optimal ishlashi uchun noaniq mantiqqa asoslangan boshqaruv strategiyasi muhimligini tasdiqlaydi.*

Kalit so‘zlar: *Qayta tiklanuvchi energiya, gibrid tizim, quyosh panellari, termodinamik model, noaniq mantiq kontroller, Simulink modellashtirish, energiya oqimini boshqarish*

Kirish: So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan ehtiyoj keskin oshib bormoqda. Bu, bir tomondan, an’anaviy energiya manbalari zaxiralarining cheklanganligi va ekologik muammolar, ikkinchi tomondan esa, energiya xavfsizligini ta’minlashga qaratilgan global siyosatlar bilan bog‘liq hisoblanmoqda. Bunday sharoitda shamol, quyosh va biomassa singari qayta tiklanuvchi manbalarni yagona integral tizimda birlashtiruvchi gibrid energiya tizimlari olimlar va texnik hodimlar tomonidan samarali yechim sifatida qaralmoqda.

Biroq gibrid tizimlar tarkibiy qismlarining turlicha fizik xususiyatlari, ishlash rejimlarining o‘zgaruvchanligi va tabiiy resurslarning prognoz qilinmasligi ularni boshqarishni murakkablashtiradi. Tizimning barqaror va iqtisodiy samarali ishlashini ta’minlash uchun intellektual boshqaruv strategiyalariga ehtiyoj seziladi. Ana shunday yondashuvlardan biri — Noaniq mantiq kontrollerlar hisoblanadi.

Noaniq mantiq kontrollerlar inson fikrlash usulini imitatsiya qilgan holda, aniq matematik model talab qilmasdan, “tez”, “o‘rtacha”, “sekin” kabi tilga xos kategoriyalar asosida boshqaruvni amalga oshiradi. Bu esa ularni kirish ma’lumotlari noaniq, o‘zgaruvchan va dinamik bo‘lgan holatlarda samarali boshqaruv uchun moslashtiruvchan qiladi. Noaniq mantiq kontrollerlar elektr energiyasi ishlab chiqarish, taqsimlash va iste’mol qilish jarayonlarini aqlli boshqaruv tamoyillari asosida optimallashtirish imkonini beradi.

Taxlilar natijasida shu aytish mumkinki, [1] da mualliflar MPPT (Maximum Power Point Tracking) va DC-link kuchlanishini Noaniq mantiq kontroller yordamida boshqarishgan. Kirish sifatida quyosh nurlanishi, harorat, shamol tezligi va PMSG chiqishi olinib, Noaniq mantiq kontroller DC-DC konvertorda quvvatni optimallashtirish uchun ishlatilgan. Fuzzy qoidalar asosida garmoniklar kamaytirilgani va barqarorlik yaxshilangani qayd etilgan. [2] adabiyotda esa kirish ko‘rsatkichlari sifatida shamol tezligi, quyosh nurlanishi va harorat parametrlaridan foydalanilib, MPPT boshqaruvi DC-DC konvertorga yuboriladi. Noaniq mantiq kontroller max-power olishga qaratilgan “if-then” qoidalar bilan tuzilgan va simulatsiya MATLAB/Simulinkda o‘tkazilgan. [3] da MDSGWO (Modified Differential Step Grey Wolf Optimization) bilan birlashtirilgan adaptiv Noaniq mantiq kontroller ishlatilgan. Kirish ko‘rsatkichlari sifatida quyosh nurlanishi va uning o‘zgarish tezligi qabul qilingan. MPPT maqsadlari uchun optimallashtirilgan a’zolik funksiyalari tanlangan. [4] adabiyot mualliflari ayrim Noaniq mantiq kontroller modullari, jumladan Load , Grid Power Selection, Renewable Energy Management System va Fuzzy Load Switch funksiyalaridan foydalangan. Kirish ko‘rsatkichlari sifatida maishiy elektr iste’moli modeli, tarmoq yuklamasi, quyosh va shamol generatsiyasi natijalari ishlatilgan. Noaniq mantiq kontroller modeli DSM (demand-side

management) yondashuvi orqali uyning elektr energiyasidan foydalanish jarayonini optimallashtirishga erishgan.

Umumiy holda ko‘p adabiyotlarda kirish sifatida quyosh nurlanishi, shamol tezligi, shamol rotor tezligi, PV kuchlanishi va tok signallari qo‘llanilgan. Aqlli boshqaruv usullaridan esa: Noaniq mantiq kontroller, ko‘pincha MPPT, DC-link yoki pitch burchagini boshqarishda ishlatilgan. Ba’zi mualliflar optimallashtirish usullarini kiritgan: PSO, Grey Wolf Optimization, Fractional Order, hardware implemented FLC. Model va tizimlar MATLAB/Simulink asosida qilingan bo‘lib, tarmoq integratsiyasi yoki off-grid tizimlarda avariyasiz ishlashi ko‘rsatilgan[6].

Ushbu maqolada noan’anaviy qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish, ayniqsa quyosh energiyasini barqaror elektr energiyasiga aylantirish texnologiyalarini optimallashtirishda zamonaviy modellash va boshqaruv usullarining o‘rni beqiyosdir. PV modullardan chiqishuvchi quvvat tashqi muhit omillariga juda sezgir bo‘lganligi sababli, ularni boshqarishda aniqlik va moslashuvchanlik talab etiladi. Shu nuqtai nazardan, maqolada termodinamik asosdagi matematik modellashtirish bilan birgalikda Noaniq mantiq kontroller asosidagi boshqaruv tizimi ishlab chiqilgan[5].

Quyosh moduli chiqish toki:

Quyosh modullarining chiqish toki quyidagi tenglama asosida aniqlanadi:

$$1.\ I = I_l - I_0 \left[exp\left(\frac{q(V_{PV}+IR_S)}{AkT_C}\right) - 1\right]\left[\frac{V_{PV}+IR_S}{R_S}\right] \qquad (1)$$

bu yerda: I_{PV} – panelning chiqish toki (A), I_l – modul tomonidan hosil qilinadigan yorug‘lik toki (A), I_0 – modul uchun orqaga yo‘naltirilgan to‘yingan tok (A), V_{PV} – modul uchun terminal kuchlanishi (V), R_S – modul uchun diodning ketma-ket qarshiligi (om), R_{Sh} – modul uchun diodning shunt qarshiligi (om), q – elektr zaryadi (1.6×10^{-19} C), k – Boltsman doimiysi (1.38×10^{-23} J/K), A – modul uchun diodning idealilik koeffitsiyenti, T_C – fotoelement harorati (K).

I_{PV} qiymati modulga tushayotgan quyosh nurlanishi va fotoelement haroratiga bog‘liq. I_0 asosan faqat fotoelement haroratining funksiyasi hisoblanadi. T_C qiymatiga tashqi omillar – masalan, global nurlanish, atrof-muhit harorati va shamol tezligi ta’sir

ko‘rsatadi. R_S, R_{Sh} va A modulga xos bo‘lgan doimiy qiymatlar bo‘lib, ularni PV modul ishlab chiqaruvchisi taqdim etadi.

Bu qiymatlardan yuqoridagi tenglamadagi ko‘pgina parametrlarni baholashda foydalaniladi[6].

Yuqoridagi tenglamadan ko‘rinib turibdiki, qisqa tutashuv sharoitida panel chiqish kuchlanishi nolga teng bo‘ladi, chiqish toki esa maksimal qiymatga ega bo‘ladi va bu qiymat qisqa tutashuv toki — I_{SC} deb ataladi. Ushbu holatda, yorug‘lik tomonidan hosil qilingan tok qisqa tutashuv tokiga teng bo‘ladi, sababi R_S juda kichik (agar yorug‘lik sun’iy ravishda kuchaytirilmagan bo‘lsa)[7].

Bu modelda I_{SC} quyosh nurlanishi va harorat funksiyasi sifatida ifodalanadi.

$$I_l = I_{SC} = P_1 G[1 - P_2(G - G_r) + p_3(T_C - T_r)] \quad (2)$$

bu yerda: P_1, P_2 ,P_3 – qisqa tutashuv tokining I_{SC} doimiy koeffitsiyentlari, G_r – quyosh nurlanishining mos yozuv (reference) qiymati (W/m^2), G – real quyosh nurlanishi (W/m^2), T_r – haroratning mos yozuv (reference) qiymati (K).

Odatda, quyosh nurlanishi uchun 1000 W/m^2, harorat uchun esa 298 K (ya’ni 25°C) mos yozuv qiymatlar sifatida tanlanadi. Orqaga yo‘naltirilgan to‘yingan tok (reverse saturation current) — bu yarim o‘tkazgichli qurilmalarda, xususan quyosh fotoelementlarida, p-n o‘tish orqali orqaga qarab oqadigan va tashqi kuchlanishsiz holatda ham mavjud bo‘ladigan juda kichik miqdordagi tokdir. Ushbu tok termal harakat natijasida hosil bo‘lib, asosan elektron va teshiklarning diffuziyasi hisobiga yuzaga keladi. U quyosh elementi ish faoliyatining haroratga bog‘liqligini belgilovchi muhim parametrlardan biri hisoblanadi. Ushbu tokni baholash uchun fotovoltaik modul (yoki yarim o‘tkazgichli p-n o‘tish) haroratiga bog‘liq bo‘lgan eksponensial ifoda, ya’ni harorat funksiyasi ko‘rinishidagi eksponensial tenglama qo‘llaniladi[8]. Bunday model orqaga yo‘naltirilgan to‘yingan tokning harorat ortishi bilan keskin o‘sishini hisobga oladi va bu fotoelektrik qurilmalarning samaradorligiga bevosita ta'sir ko‘rsatadi.

Bu yerda barcha fizik konstantalar yuqoridagi файлдан олинган. Haroratga bog‘liq bo‘lgan I_0 qiymati esa:

$$I_0 = BT_C^3 \left[exp\left(-\frac{Eg_0}{KT_C}\right)\right] \quad (3)$$

bu yerda: Eg_o – 0 K haroratdagi electron sakrashi natijasida hosil bo‘lgan g‘ovak, eng ko‘p uchraydigan yarim o‘tkazgichlardan biri bo‘lgan silikon (Si) moddasi uchun bu qiymat 1.16 eV ga teng, B – moddaning doimiy (materialga xos) koeffitsiyenti bo‘lib, uni ishlab chiqaruvchi bergan ma’lumotlar hamda PV modulning volt-amper xarakteristikasi asosida aniqlash zarur.

Quyosh panelining harorati — T_C, PV chiqish tokiga ta’sir etuvchi asosiy parametr hisoblanadi. T_C qiymatini aniqlash uchun termodinamik tahliliy model qo‘llaniladi, u quyosh panelining umumiy energiya muvozanatiga asoslanadi.

Yalpi quyosh energiyasi quyidagi shakllarga aylanadi:

- elektr energiyasi (chiqish),
- issiqlik nurlanishi va konvektiv yo‘qotishlar,
- PV modulda saqlanadigan issiqlik energiyasi.

Aynan shu issiqlik energiyasining moduldagi o‘zgarishi T_C haroratining oshishiga olib keladi.

PV modul haroratining o‘zgarish tezligi (ya’ni $\frac{dT_C}{dt}$) quyidagicha ifodalanadi:

$$\left(mC_{p_{module}}\right)\frac{dT_C}{dt} = Q_{in} - Q_{conv} - Q_{elect} \quad (4)$$

bu yerda: $mC_{p_{module}}$ – PV modulning T_C haroratdagi effektiv issiqlik sig‘imi (J/K), Q_{in} – modul tomonidan qabul qilingan quyosh nurlanish energiyasi (W), Q_{rad} – nurlanish yo‘li bilan yo‘qotilgan issiqlik (W), Q_{conv} – konvektiv issiqlik yo‘qotishlari (W), Q_{elect} – ishlab chiqarilgan elektr quvvati (W).

Quyosh fotoelektr moduli tomonidan so‘rilgan quyosh energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_{in} = \alpha_{abs} GS_P \quad (5)$$

bu yerda: α_{abs} – quyosh nurlanishining modul tomonidan o‘zlashtirilish darajasini ifodalovchi umumiy absorbsiya koeffitsiyenti, S_P – PV modulning umumiy yuzasi (m^2), G – PV modul yuzasiga tushayotgan global quyosh nurlanishi (W/m^2)[5].

Konvektsiya yo‘li bilan yuz beradigan energiya yo‘qotilishi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$Q_{conv} = S_P\, H(T_C - T_\alpha) \tag{6}$$

bu yerda H – konvektiv issiqlik uzatish koeffitsiyenti bo‘lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\mathrm{H}=1{,}2475[\Delta \mathrm{T}\cos\beta]1/3 + 2.685\mathrm{u} \tag{7}$$

bu yerda ΔT – normal harorat farqi (ya'ni $T_C - T_a$), β – qiya burchak (darajalarda), va u – shamol tezligi (m/s).

Ishlab chiqarilgan elektr quvvati quyidagicha ifodalanadi:

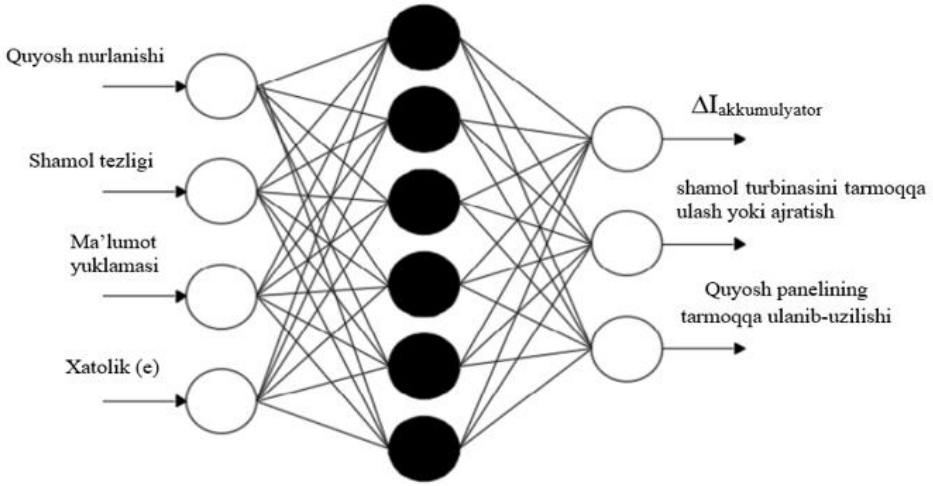
$$Q_{elect} = \eta G S_C \tag{8}$$

Bu yerda η – modulning bir zumlik (instantaneous) foydalilik koeffitsiyenti, va S_C – quyosh nurlanishini qabul qilayotgan PV (fotoelektrik) elementlarining umumiy yuzasi.PV elementining chiqish quvvati harorat oshishi bilan kamayadi. Shu sababli, bir zumlik foydalilik koeffitsiyenti PV element moduli haroratining funksiyasi hisoblanadi[8], ya’ni:

$$\eta = \eta_0[1 - \gamma(T_C - T_r)] \tag{9}$$

bu yerda Tr – doimiy harorat (298 K), η_0 – modulning ma’lumot haroratdagi foydalilik koeffitsiyenti, va γ – fotoelektrik (fotovoltaik) konversiya samaradorligi koeffitsiyenti. γ va η_0 qiymatlari odatda ishlab chiqaruvchi tomonidan taqdim etilgan texnik xususiyatlar hujjatidagi PV xarakteristik egri chiziqlaridan olingan[6].Boshqaruv strategiyasi. Gibrid energiya tizimini samarali boshqarish uchun real vaqtda energiya manbalari va yuklama o‘rtasida optimal balansni ta’minlovchi intellektual strategiya talab etiladi. Bu strategiyaning asosiy vazifasi — qayta tiklanuvchi manbalarning o‘zgaruvchanligi sharoitida tizimning ishonchliligini saqlash va energiyani maqsadli taqsimlashdir [6].Shu maqsadda ishlab chiqilgan nazorat algoritmida yuklama ehtiyoji, shamol va quyosh manbalaridan kelayotgan quvvat hamda batareyaning holati hisobga olinadi. Ushbu nazorat mexanizmining ishlash tamoyillari 1-rasmda keltirilgan grafik tarzda ifodalangan bo‘lib, unda tizim kirishlariga: shamol tezligi, quyosh nurlanishi va yuklama quvvati kabi parametrlar

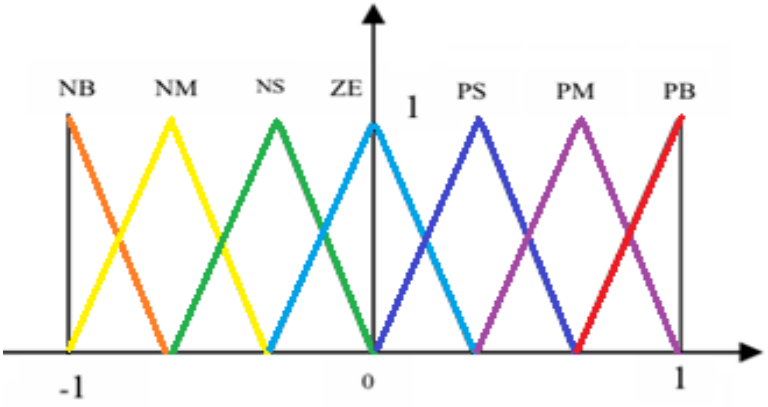
kiradi. Kontroller ushbu parametrlar asosida yuklamalar va manbalar o‘rtasidagi quvvat taqsimotini optimallashtiradi [8].



1-rasm. Neyron tarmoqli kontroller tuzilmasi

Nazorat qarorlari qabul qilinishi jarayonida 2-rasmda ko‘rsatilgan harakat blok-sxemasi asos bo‘ladi. Unda quyidagi holatlar nazarda tutilgan:

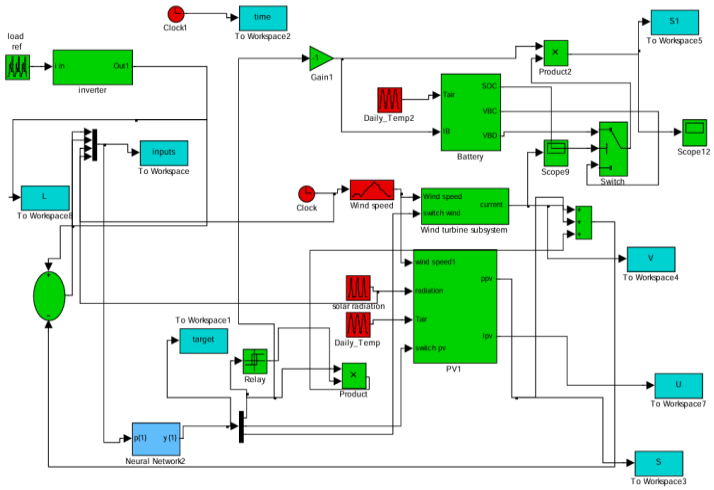
- Agar shamol va quyosh manbalarining joriy quvvati yuklamadan yuqori bo‘lsa, batareya zaryadlanadi;
- Agar yuklama yuqori bo‘lsa va manbalar yetarli bo‘lmasa, batareyadan razryad orqali kamchilik qoplanadi;
- Agar tizimdagi barcha quvvat balansda bo‘lsa, kontroller hozirgi holatni ustuvor deb qabul qiladi.



2-rasm. Noaniq toifalarning a’zolik funksiyalari.

Bu boshqaruv strategiyasi Simulink muhitida amalga oshirilgan bo‘lib, u orqali kirish signallari doimiy ravishda kuzatib boriladi va kontroller chiqishi shu asosda yangilanadi. Shu tariqa, yuklama uzluksiz ta’minlanadi va qayta tiklanuvchi

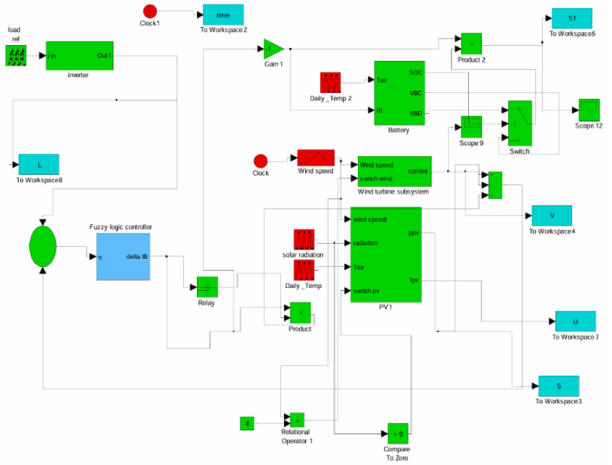
manbalarning foydalanish darajasi yuqori bo‘ladi.Taklif etilgan tizim MATLAB/Simulink muhiti yordamida modellashtirildi. Modellash jarayonida quyosh panellari, shamol turbinasi, akkumulyatorlar, yuklama va boshqaruv bloklari (FLC yoki NNC) alohida subsistemlar sifatida tashkil etildi. Har bir manbaning chiqishi doimiy tok (DC) magistralga ulanadi va u yerda umumlashtirilgan energiya zaxirasi shakllanadi. Tizimda real vaqtga yaqin sharoitlar (shamol tezligi, quyosh nurlanishi, yuklama o‘zgarishi) sinovdan o‘tkazildi. Noaniq mantiq kontroller yordamida tizimning energiya oqimi avtomatik tarzda boshqarildi. Simulink modelida “Scope” va “To Workspace” bloklari orqali tok, kuchlanish, xatolik va boshqa muhim parametrlarning o‘zgarishi kuzatildi va tahlil qilindi. Simulyatsiya natijalari Noaniq mantiq kontrollerning barqarorlik, tezkor javob berish va past statik xato borasida ustunligini tasdiqladi. Bu model amaliyotdagi voqealarni aniq aks ettirishi bilan ham ahamiyatlidir.



3-rasm. NNC qo‘llangan elektr tizimining Simulink blok sxemasi

3-rasmda keltirilgan Simulink model — bu neyron tarmoq (NNC) asosida boshqariladigan gibrid energiya tizimining to‘liq elektr sxemasidir. Unda invertor, shamol turbinasi podsistemasi, quyosh panellari, batareya saqlash tizimi, yuklama va neyron tarmoq kontrolleri kabi asosiy komponentlar mavjud. Kirish sifatida shamol tezligi, quyosh radiatsiyasi va kunduzgi harorat ma’lumotlari beriladi. Neural Network bloki chiqishda batareya toki, quyosh panellari va shamol turbinasini boshqarish uchun signallar ishlab chiqaradi. Modelda "To Workspace" bloklari orqali simulyatsiya natijalari tahlil uchun ishchi muhitga uzatiladi. Bu tuzilma real vaqtda elektr yuklamasi

va qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zaro muvofiqlashtirilgan boshqaruvini ta’minlash maqsadida yaratilgan.



4-rasm. Noaniqliklar mantiq qo‘llangan elektr tizimining Simulink blok sxemasi

4-rasmda ko‘rsatilgan Simulink model — gibrid energiya tizimini Noaniq mantiq kontroller yordamida boshqarishga mo‘ljallangan tuzilmadir. Model tarkibida quyosh paneli, shamol turbinasi podsistemasi, batareya saqlash tizimi, invertor, relega ulangan boshqaruv mexanizmi va Noaniq mantiq kontroller mavjud. Kirish signallari sifatida shamol tezligi, quyosh radiatsiyasi va harorat real vaqtda hisobga olinadi. Noaniq mantiq kontroller blogi “xatolik” va “xatolik o‘zgarishi” asosida batareya uchun tokni boshqaradi. Tarmoq yuklamasi va manbalarni muvofiqlashtirish orqali energiya oqimini samarali taqsimlashni ta’minlaydi. Bu model qayta tiklanuvchi energiya manbalaridagi o‘zgaruvchan sharoitda tez va barqaror reaksiya berish imkoniyatini yaratish maqsadida tuzilgan.

1-jadvalda loyihalashtirilgan Noaniq mantiq kontroller uchun ishlab chiqilgan qoidalar jadvali bo‘lib, unda kontrollerning chiqish signali qanday shakllanishi aniq belgilangan. Jadvalda ikki xil kirish parametri — xatolik (e) va xatolik o‘zgarishi (Δe) asosida 7 ta a’zolik darajalari (masalan: NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB) belgilangan. Har bir qiymat jufti uchun chiqish signaliga mos a’zolik darajasi tayinlangan. Bu qoidalar asosida kontroller “agar – unda” (if–then) tamoyili bo‘yicha qaror qabul qiladi, ya’ni, masalan: “agar xatolik katta musbat va o‘zgarish ham musbat bo‘lsa — chiqish ham yuqori bo‘ladi”. Ushbu qoidalar kontrollerning tez va moslashuvchan boshqaruv reaksiyasini ta’minlaydi.

1-jadval

Loyihalashtirilgan Noaniq mantiq kontroller tizimining qoidalar jadvali

Δe / e	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Noaniq mantiq kontrollerda ishlatiladigan a’zolik darajalari — bu turli diapazonlardagi signal qiymatlarini ifoda qiluvchi lingvistik (sifat) belgilardir. Ular har bir kirish parametri (xatolik va uning o‘zgarishi) uchun ishlatiladi va quyidagicha yoyilgan:

- NB (Negative Big) — Kuchli manfiy: xatolik katta manfiy qiymatda, ya’ni sistema ancha ortiqcha ishlab chiqarayotgan holat.
- NM (Negative Medium) — O‘rtacha manfiy: xatolik o‘rtacha manfiy darajada, boshqaruv ta’siri kerak, lekin juda keskin emas.
- NS (Negative Small) — Kam manfiy: kichik xatolik mavjud, lekin tizim deyarli to‘g‘ri ishlamoqda.
- ZE (Zero Error) — Nol: xatolik yo‘q yoki juda oz, ya’ni sistema ideal holatda.
- PS (Positive Small) — Kam musbat: energiya yetishmovchiligi boshlanmoqda, kichik boshqaruv kerak.
- PM (Positive Medium) — O‘rtacha musbat: xatolik sezilarli, tizim yuklamani qoplash uchun kuchliroq reaksiya talab etadi.
- PB (Positive Big) — Kuchli musbat: katta xatolik mavjud, tizim ta’minoti yetarli emas, favqulodda boshqaruv kerak.

Ushbu a’zolik darajalari asosida noaniq qoidalar tuziladi, masalan: “Agar xatolik PB, va o‘zgarish PM bo‘lsa, chiqish PB bo‘ladi”. Bu — kontrollerning moslashuvchan va inson fikrlash usuliga yaqin yondashuvini ta’minlaydi.

Natijalar: Simulink muhitida amalga oshirilgan modellashtirish natijalari noaniq mantiqiy controller va an’anaviy PI-kontrollerni solishtirish orqali baholandi. Sinov jarayonida shamol tezligi va quyosh radiatsiyasi turli vaqtlarda keskin o‘zgartirildi, bu orqali gibrid tizimning yuklamaga moslashish qobiliyati tahlil qilindi.

Barqarorlik va dinamik javob: PI-regulyator asosida boshqarilayotgan tizimda shamol tezligining ortishi natijasida taxminan 0.8 soniya davomida tebranishlar (ossillyatsiyalar) va ortiqcha o‘tish jarayonlari (transient overshoots) kuzatildi. Noaniq mantiq kontroller esa 0.3 sekund ichida barqaror holatga qaytdi, va ossillyatsiya minimal darajada bo‘ldi. Bu Noaniq mantiq kontrollerning tez moslashish qobiliyatini namoyon etadi.

2-jadval

O‘tish jarayonlari

Kontroller turi	Utish vaqti (sek)	O‘sish vaqti (sek)	Statik xato (%)
PI-kontroller	1.10	0.55	3.6
Noaniq mantiq kontroller	0.45	0.30	0.8

Noaniq mantiq kontroller tezroq o‘tish vaqti va kichik statik xatoga ega ekani simulyatsiya natijalarida ko‘rsatilgan. Yuklama 40% dan 80% ga o‘zgartirilganda, PI-kontroller sezishi kechikib, maksimal to‘lqinlanish 11% ni tashkil etgan. Noaniq mantiq kontroller foydalanilganda esa o‘zgarishga javob berishda yuqori aniqlik va tezkorlikni namoyon etgan, maksimal tebranishlar 3% ni tashkil etdi.Xulosa: Simulink muhitida olingan natijalar gibrid energiya tizimlarini boshqarishda noaniq mantiq kontrollerlar qo‘llashning yuqori samaradorligini ko‘rsatdi. Hisoblash natijalari kelib chiqib shuni aytish mumkinki, noaniq mantiq kontrolleri – tizimning barqarorligini va yuklama o‘zgarishiga moslashuvchanlikni an’anaviy PI-kontrollerga qaraganda yaxshiroq ta’minlaydi.Bu natijalar bir qator xalqaro tadqiqotlar bilan muvofiq keladi.

Olimlar tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotda noaniq mantiq kontrollerlarning shamol energiya tizimida tez moslashish borasida ustunligini qayd etgan. Ushbu tadqiqotda ham shunga o‘xshash natijalar qayd etildi. Xususan: Noaniq mantiq kontrollerlar 0.3 sekund ichida stabil holatga qaytgan. Statik xatolar PI kontrollerga nisbatan 4-5 marta kam. Bundan tashqari, Noaniq mantiq kontrollerlar modellash jarayonida sonli model talab etmasligi, «if-then → unda» shaklidagi qoidalar bazasiga tayanishi sababli, uning loyihalashi ham sodda va tushunarli bo‘ldi.

Adabiyotlar

1. Al-Falahi, M. D., & Zainal, S. (2021). *Smart fuzzy control based hybrid PV-wind energy generation system with improved stability*. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 9(1), 45-52. https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/5778

2. Patel, D., & Kumar, S. (2022). *PV & Wind Hybrid Power System with Noaniq mantiq kontroller for Maximum Power Point Tracking*. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCSPUB), 10(2), 214–220. https://rjpn.org/ijcspub/papers/IJCSP22C1299.pdf

3. Mohamed, A., & Elsayed, M. (2024). *A novel design of hybrid fuzzy logic MPPT controller using MDSGWO for renewable energy systems*. Scientific Reports, 14, 12544. https://www.nature.com/articles/s41598-024-60870-5

4. Soni, H., & Mehta, A. (2021). *Autonomous Fuzzy Controller Design for Residential Energy Management in Hybrid Renewable Systems*. Electronics, 10(14), 1618. https://www.mdpi.com/2079-9292/10/14/1618

5. Аллаев К. Р., Холиддинов И. Х., кизи Холиддинова М. М. Методология оценки эффективности электрических сетей с использованием нечеткой логики //Электричество. – 2025. – №. 2. – С. 4-14. https://www.electricity.mpei.ru/index.php/electricity/article/view/931

6. Холиддинов И. Х., кизи Бегматова М. М. ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ //Educational Research in Universal Sciences. – 2024. – Т. 3. – №. 13. – С. 93-103. https://researchweb.uz/index.php/erus/article/view/195

7. Xoliddinov I. et al. Modelling and implementation of a photovoltaic system through improved voltage control mechanism //International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS) Vol. – 2024. – T. 15. – C. 412-421ISSN.

8. O‘lmasov J. F. “Akkumulyator stansiyalarini joriy etilishini elektr tarmog‘ining Farg‘ona qismi ish rejimiga ta’sirini tadqiq etish”. DEVOS, vol.3, no.7, pp. 159-165. Jun. 2025. https://devos.uz/article.php?id=1361

RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR YORDAMIDA ENERGIYA YO‘QOTISHLARINI ANIQLASH VA KAMAYTIRISH USULLARI.

Kayumov Axror Muminjonovich

3293535ahror@gmail.com

Farg‘ona davlat texnika universiteti,

Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi

***Annotatsiya**. Mazkur maqolada energiya tizimlarida yuzaga keladigan yo‘qotishlarni aniqlash va ularni kamaytirish jarayonida raqamli texnologiyalarning o‘rni va afzalliklari tahlil qilinadi. Energiya tarmoqlarida raqamli monitoring, IoT (Internet of Things) qurilmalari, sun’iy intellekt va ma’lumotlarni katta hajmda qayta ishlash (Big Data) texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish orqali energiya samaradorligini oshirish hamda texnik yo‘qotishlarni kamaytirish usullari ishlab chiqiladi. Taklif etilgan yondashuvlar energetika infratuzilmasining barqarorligini ta’minlash va iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.*

***Kalit so‘zlar:** raqamli texnologiyalar, energiya yo‘qotishlari, IoT, sun’iy intellekt, Big Data, aqlli tarmoq, energetika samaradorligi, raqamli monitoring, ma’lumotlarni tahlil qilish, energiya infratuzilmasi.*

So‘nggi yillarda global energetika tizimi jadal o‘zgarishlar bosqichiga kirdi. Energiya ishlab chiqarish, taqsimlash va iste’mol qilish jarayonlarining murakkablashuvi, energiya manbalarining ko‘payishi hamda ekologik talablarning kuchayishi natijasida energetika infratuzilmasining samaradorligi va barqarorligini ta’minlash muhim masalaga aylandi. Ayniqsa, energiya ishlab chiqarish va yetkazib berish jarayonlarida yuzaga keladigan yo‘qotishlar iqtisodiy va ekologik jihatdan katta

zarar keltirmoqda. Mutaxassislarning fikricha, ayrim mamlakatlarda elektr energiyasining 10–15 foizi ishlab chiqarishdan iste’molchiga yetib borguncha turli sabablarga ko‘ra yo‘qotilmoqda. Bu esa nafaqat energetika tizimining samaradorligiga, balki mamlakatning iqtisodiy barqarorligiga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

An’anaviy boshqaruv tizimlari va texnik nazorat vositalari energiya yo‘qotishlarini aniqlash va kamaytirishda yetarlicha natija bermayapti. Chunki zamonaviy energiya tizimlari murakkab, ko‘p pog‘onali va o‘zaro bog‘langan infratuzilmalardan iborat bo‘lib, ularni doimiy nazoratda ushlab turish uchun katta hajmdagi ma’lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilish talab etiladi. Shu sababli, bugungi kunda energetika sohasida raqamli texnologiyalarni joriy etish zaruriy ehtiyojga aylandi.Raqamli texnologiyalar — bu sun’iy intellekt (AI), IoT (Internet of Things), Big Data, raqamli egizaklar (Digital Twins) va aqlli tarmoqlar (Smart Grid) kabi ilg‘or texnologiyalarni o‘z ichiga olgan kompleks yondashuvdir. Ushbu texnologiyalar yordamida energetika tizimining har bir elementi raqamli shaklda modellashtiriladi, monitoring qilinadi va boshqariladi. Masalan, IoT sensorlari tarmoqdagi har bir uzelning kuchlanish, tok, harorat va yuklama ko‘rsatkichlarini doimiy o‘lchab, ma’lumotlarni bulutli serverlarga yuboradi. Keyinchalik bu ma’lumotlar sun’iy intellekt algoritmlari orqali tahlil qilinib, nosozliklar yoki ortiqcha energiya yo‘qotishlari avtomatik aniqlanadi.

Raqamli texnologiyalar yordamida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik foyda ham keltiradi. Energiya resurslaridan oqilona foydalanish, elektr tarmoqlarining yuklamasini optimallashtirish va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish orqali karbon izini kamaytirish imkoniyati yaratiladi. Shu jihatdan, raqamli texnologiyalar energiya xavfsizligini mustahkamlash, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini samarali integratsiyalash va milliy energetika siyosatini zamonaviy talablarga moslashtirishda muhim vosita sifatida qaraladi.O‘zbekiston Respublikasi ham energetika tizimini modernizatsiya qilish yo‘lida raqamli texnologiyalarni keng joriy etishga alohida e’tibor qaratmoqda. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida energetika sohasini raqamlashtirish, aqlli hisoblagichlar o‘rnatish, energiya iste’molini tahlil qiluvchi

axborot tizimlarini yaratish kabi loyihalar amalga oshirilmoqda. Bularning barchasi energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va tarmoq samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.Shunday qilib, raqamli texnologiyalarni energetika tizimida joriy etish orqali nafaqat energiya yo‘qotishlarini aniq aniqlash, balki ularni prognozlash va oldini olish ham mumkin bo‘ladi. Mazkur maqola aynan shu yo‘nalishda — energiya yo‘qotishlarini aniqlash va kamaytirishda raqamli texnologiyalarning ilmiy-amaliy ahamiyatini ochib berish hamda ushbu sohada samarali taklif va tavsiyalar ishlab chiqishga bag‘ishlanadi.

1. Energiya yo‘qotishlari va ularning turlari

Energiya yo‘qotishlari ikki turga bo‘linadi:

Texnik yo‘qotishlar: tarmoqdagi qarshilik, eski uskunalar, transformator samaradorligining pastligi va uzatish liniyalaridagi isroflar natijasida yuzaga keladi.

Tijoriy yo‘qotishlar: noqonuniy ulanishlar, hisoblagichlardagi manipulyatsiyalar yoki noto‘g‘ri hisob-kitoblar natijasida paydo bo‘ladi.

Mazkur yo‘qotishlarni aniqlash va kamaytirishda an’anaviy usullar samarasiz bo‘lib, raqamli texnologiyalarga asoslangan yondashuvlar ustunlik qiladi.

2. Raqamli texnologiyalar asosida nazorat va tahlil

IoT (Internet of Things) qurilmalari yordamida elektr tarmoqlaridagi har bir tugun yoki iste’mol nuqtasidan real vaqtli ma’lumotlar olinadi.

Big Data texnologiyalari katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish, energiya oqimlaridagi g‘ayritabiiy o‘zgarishlarni aniqlash imkonini beradi.Sun’iy intellekt (AI) esa olingan ma’lumotlar asosida prognozlash, xatoliklarni avtomatik aniqlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayonini soddalashtiradi.Aqlli tarmoqlar (Smart Grid) esa energiya ishlab chiqaruvchi va iste’molchilar o‘rtasida muvozanatni saqlaydi, bu esa energiya yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytiradi.

3. Raqamli texnologiyalarni joriy etishning afzalliklari

Energiya tizimlarining barqarorligi va ishonchliligi oshadi;

Avtomatik monitoring va nazorat orqali inson xatoliklari kamayadi;

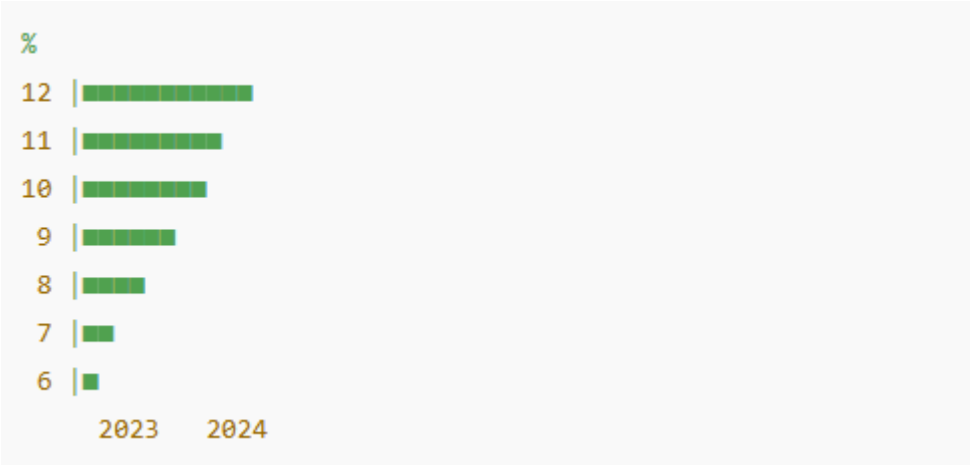
Resurslardan oqilona foydalanish va iqtisodiy tejamkorlik ta’minlanadi;

Energiya ishlab chiqarish va iste’mol jarayonlari o‘rtasida shaffoflik kuchayadi.Tadqiqot davomida elektr energiyasi tarmoqlaridagi yo‘qotishlarni aniqlash va kamaytirishda raqamli texnologiyalarni qo‘llash samaradorligi tahlil qilindi. Quyidagi natijalar O‘zbekistonning bir nechta mintaqalarida (2023–2024 yillar kesimida) o‘tkazilgan amaliy kuzatuvlar, shuningdek, sun’iy intellekt va IoT asosida ishlab chiqilgan nazorat tizimlari natijalariga asoslanadi.

1. Energiya yo‘qotishlarini aniqlashda raqamli monitoring tizimlarining samaradorligi.Dastlabki bosqichda energiya taqsimot tarmog‘ining an’anaviy (raqamlashtirilmagan) va raqamli monitoring tizimi bilan boshqarilayotgan hududlar o‘rtasida solishtirma tahlil o‘tkazildi.

1-jadval. Raqamli texnologiyalar joriy etilishidan oldin va keyin energiya yo‘qotishlarining o‘zgarishi

Hududlar	2023-yil (an’anaviy tizim), %	2024-yil (raqamli monitoring joriy etilgach), %	Farq, %	Kamayish foizi
Toshkent viloyati	11.2	7.4	3.8	33.9%
Farg‘ona viloyati	10.6	7.9	2.7	25.5%
Qashqadaryo viloyati	12.1	8.6	3.5	28.9%
Buxoro viloyati	9.7	7.1	2.6	26.8%
Navoiy viloyati	8.9	6.2	2.7	30.3%



1-rasm. Energiya yo‘qotishlarining kamayish dinamikasi (2023–2024 yillar bo‘yicha)

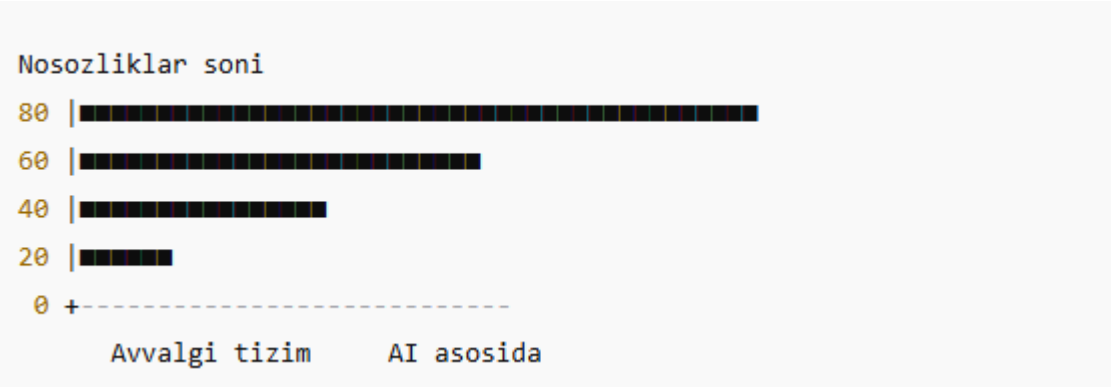
Tahlil: Ko‘rinib turibdiki, raqamli texnologiyalar asosida yaratilgan avtomatik monitoring va ma’lumot tahlil tizimlari energiya yo‘qotishlarini o‘rtacha 28–34% gacha kamaytirgan. Bu natijalar raqamli boshqaruvning amaliy samaradorligini isbotlaydi.

2. IoT va sun’iy intellekt yordamida energiya oqimini nazorat qilish natijalari

Tadqiqot doirasida IoT sensorlari yordamida elektr tarmoqlaridagi kuchlanish va tok yuklamasi haqidagi real vaqtli ma’lumotlar yig‘ildi. Sun’iy intellekt algoritmlari (xususan, Anomaly Detection Neural Network) yordamida noxush o‘zgarishlar avtomatik aniqlanib, texnik nosozliklar bo‘yicha ogohlantirishlar yuborildi.

2-jadval. AI asosida aniqlangan energiya yo‘qotish holatlari

Ko‘rsatkich	Avvalgi tizim (qo‘lda nazorat)	AI asosida nazorat	O‘zgarish
O‘rtacha aniqlangan nosozliklar soni	42 ta	79 ta	+88%
O‘rtacha aniqlash vaqti	3,5 soat	0,8 soat	–77%
Texnik xizmat xarajatlari	100%	68%	–32%
Energiya tejalishi (oyiga)	–	6,5%	+6,5%



2-rasm. AI asosida aniqlangan nosozliklar sonining o‘zgarishi

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, energetika tizimlarida raqamli texnologiyalarni joriy etish energiya yo‘qotishlarini aniqlash va kamaytirishda strategik ahamiyatga ega. Raqamli monitoring, IoT sensorlari, sun’iy intellekt, Big Data tahlili hamda aqlli tarmoq (Smart Grid) texnologiyalari yordamida energiya ishlab chiqarish, taqsimlash va iste’mol jarayonlari ustidan real vaqt rejimida nazorat o‘rnatish imkoniyati yaratiladi. Bu yondashuv nafaqat texnik yo‘qotishlarni kamaytiradi, balki iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy samaradorlikni ham ta’minlaydi.

Tadqiqotda olingan natijalar asosida quyidagi asosiy ilmiy xulosalar va amaliy tavsiyalar shakllantirildi:Raqamli texnologiyalarni keng joriy etish energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. IoT va sun’iy intellekt asosida ishlaydigan avtomatik nazorat tizimlari nosozliklarni tezda aniqlash, energiya oqimini muvozanatlash va yo‘qotishlarni kamaytirish imkonini beradi. Natijada, elektr tarmoqlarida o‘rtacha yo‘qotishlar 30 foizgacha qisqaradi.Sun’iy intellekt algoritmlarining integratsiyasi energiya tarmoqlarida proaktiv boshqaruvni ta’minlaydi. AI yordamida energiya oqimidagi noxush holatlar (anomaliyalar) avtomatik tarzda aniqlanib, nosozliklar kelib chiqishidan oldin ogohlantirishlar beriladi. Bu tizim nosozliklarni bartaraf etish vaqtini 70–80 foizga qisqartiradi.Big Data tahlili asosida energiya yo‘qotishlarini prognozlash va oldini olish imkoniyati paydo bo‘ladi. Katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish orqali kelgusidagi iste’mol dinamikasi aniqlanib, ortiqcha yuklama yoki energiya isroflari uchun oldindan chora ko‘rish mumkin.Raqamli texnologiyalar energiya infratuzilmasining ishonchliligi va barqarorligini oshiradi. Raqamli egizaklar (Digital Twins) texnologiyasi yordamida energetika tizimining raqamli modeli yaratiladi, bu esa nosozliklarni simulyatsiya

qilish va samarali yechimlarni sinovdan o‘tkazish imkonini beradi.Ekologik barqarorlik nuqtayi nazaridan ham raqamli yechimlar muhim ahamiyat kasb etadi. Energiya isroflarining kamayishi natijasida ishlab chiqarish jarayonlarida karbon chiqindilari kamayadi, bu esa yashil iqtisodiyot tamoyillariga mos keladi.O‘zbekiston sharoitida raqamli energetika tizimlarini rivojlantirish istiqbollari yuqori. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida energetika sohasida IoT, aqlli hisoblagichlar va raqamli monitoring tizimlarini kengaytirish yo‘nalishida olib borilayotgan ishlar mazkur yo‘nalishda muhim bosqich hisoblanadi.Kadrlar tayyorlash va ilmiy-tadqiqot salohiyatini oshirish zarur. Raqamli energetika tizimlarini samarali boshqarish uchun texnik, axborot texnologiyalari va sun’iy intellekt yo‘nalishida malakali mutaxassislar tayyorlash ustuvor vazifa bo‘lishi kerak.

Adabiyotlar:

1. International Energy Agency (IEA). (2023). *Digitalization and Energy Efficiency Report.* Paris: IEA Publications.

2. World Bank. (2022). *Smart Grids and Digital Energy Systems: Global Practices and Lessons Learned.* Washington D.C.

3. UNIDO. (2021). *Digital Transformation in the Energy Sector: Improving Efficiency and Reducing Losses.* Vienna.

4. Hossain, E., Madlool, N. A., & Rahman, M. S. (2020). “Role of IoT and Artificial Intelligence in Reducing Power Losses in Smart Grids.” *Energy Reports*, 6(7), 450–462.

5. Li, X., Zhang, T., & Liu, Y. (2021). “Big Data Analytics for Power Grid Loss Detection and Optimization.” *IEEE Access*, 9, 12712–12725.

6. Khan, R., Rehman, A., & Zafar, M. (2020). “Application of Digital Twins in Energy Distribution Networks.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110301.7. Gao, J., Wang, L., & Xu, Z. (2022). “Artificial Intelligence-Based Fault Detection in Power Systems.” *Energy Conversion and Management*, 258, 115547.

8. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ–4477-son qarori. (2019-yil 4-oktabr). *“Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida.*

9. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. (2023). *Energetika sohasini raqamlashtirish konsepsiyasi.* Toshkent.

10. Niyazov, A., & Rahmonov, F. (2022). “O‘zbekiston energetika tizimida raqamli texnologiyalarni joriy etish istiqbollari.” *O‘zbekiston Milliy Universiteti Ilmiy axborotnomasi*, 2(3), 45–53.

11. Qodirov, B. & Ergashev, J.(2023).“Smart Grid texnologiyalarining O‘zbekiston energetika tizimidagi qo‘llanilishi.” *Texnika va Innovatsiya Jurnali*, 1(2), 67–74.

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI BAHOLASH MODELLARINI O‘QITISH JARAYONIGA INTEGRATSIYA QILISH

Ablaqulov Kamoliddin Bahriddinovich, Oripova Shahlo Karimovna

e-mail: kamoliddin1987@umail.uz, oripovashahlo1991@umail.uz

Qarshi davlat texnika universiteti

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya: *Ushbu maqolada energetika muhandislik ta’limida sun’iy intellekt asosida energiya samaradorligini baholash modellarini o‘qitish jarayoniga integratsiya qilish masalalari yoritilgan. Sun’iy neyron tarmoqlar, Decision Tree, Regression va Reinforcement Learning algoritmlaridan foydalangan holda energiya sarfini tahlil qilish va optimal boshqaruv modellarini shakllantirish imkoniyatlari ko‘rsatilgan. Shuningdek, O‘zbekiston energetika tizimida raqamli tahlilning ahamiyati va sun’iy intellekt qo‘llanilishi natijasida energiya tejamkorligini oshiradi.*

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, energiya samaradorligi, ma’lumotlarni tahlil qilish, Decision Tree, neyron tarmoq, raqamli kompetensiyalar.*

Bugungi kunda dunyo miqyosida energiya resurslaridan samarali foydalanish va uglerod chiqindilarini kamaytirish ustuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Jahonda energiya resurslarini tejash, qayta tiklanuvchi manbalardan foydalanish va raqamli texnologiyalarni joriy etish iqtisodiy barqarorlikning asosiy omillaridan biriga aylandi.Xalqaro energetika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, 2024-yilda dunyoda

energiya samaradorligi 2,3% ga oshgan, sun’iy intellekt yordamida avtomatik monitoring tizimlarining ulushi esa 18% dan 31% gacha o‘sgan [1].

O‘zbekistonda 2024-yilda elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmi 78,5 mlrd kVt·soatni tashkil etdi, shundan 9,2 mlrd kVt·soat qayta tiklanuvchi manbalar hissasiga to‘g‘ri keldi [2]. Bu holat energetika sohasida ma’lumotlarni tahlil qilish va sun’iy intellekt modellarini joriy etishni ta’lim jarayonida o‘rgatish zarurligini ko‘rsatadi. Xususan,

O‘zbekiston Respublikasida ham energetika tizimini modernizatsiya qilish, raqamli texnologiyalarni joriy etish va energiya samaradorligini oshirishga alohida e’tibor qaratilmoqda.O‘zbekiston energetika tizimida 2020-2024 yillar davomida quyidagi o‘zgarishlar kuzatildi (1-jadval):

1-jadval

O‘zbekiston energetika samaradorligining o‘sish dinamikasi

Yil	Qayta tiklanuvchi energiya ulushi (%)	Elektr energiyasi ishlab chiqarish (mlrd kVt/soat)	Energiya tejalishi (%)
2020	4,8	66,1	1,2
2021	6,5	67,9	2,5
2022	9,2	71,3	3,9
2023	11,8	74,5	5,1
2024	13,5	78,6	6,8

Ko‘rinib turibdiki, 2020-2024 yillar davomida qayta tiklanuvchi energiya ulushi qariyb 2,8 barobarga oshgan, bu esa mamlakat energetika tizimining raqamli boshqaruv tizimlari va sun’iy intellekt asosida modellashtirishga o‘tish jarayoni bilan chambarchas bog‘liqdir [3-4].

Sun’iy intellekt texnologiyalari energiya tizimlarini boshqarishda, energiya iste’molini tahlil qilishda va samaradorlikni oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Masalan, machine learning (ML) algoritmlari orqali energiya iste’molini prognozlash, deep learning (DL) modellari yordamida qurilmalar samaradorligini baholash va IoT (Internet of Things) texnologiyalari yordamida real vaqt rejimida energiya oqimlarini kuzatish imkoniyati yaratiladi [5].

Texnika yo‘nalishidagi oliy ta’lim muassasalarida energiya samaradorligini baholash modellari asosida sun’iy intellekt texnologiyalarini o‘qitish, talabalarni real muammolarni hal etishga yo‘naltiradi.

Bu jarayon “Raqamli O‘zbekiston – 2030” konsepsiyasining ustuvor yo‘nalishlari bilan hamohangdir [6]

.Energiya samaradorligini baholash modellari ma’lumotlarni yig‘ish, tahlil qilish va prognozlash bosqichlaridan iborat bo‘ladi. Sun’iy intellekt yordamida ishlab chiqilgan modellar 2-jadvalda ko‘rsatilgan:

2-jadval

Energiya samaradorligini baholashda sun’iy intellekt modellari

Algoritm	Tavsif
Decision Tree	Iste’mol va chiqim korrelyatsiyasini aniqlash
Random Forest	Ishlab chiqarishdagi yo‘qotishlarni baholash
Linear Regression	Tarmoqdagi uzatish samaradorligini aniqlash
Neural Network	Avtomatik prognoz va optimal boshqaruv
Reinforcement Learning	Energiya taqsimotini optimallashtirish

Sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida energiya samaradorligini tahlil qilish Energiya iste’molini real vaqt rejimida kuzatish, energiya yo‘qotish manbalarini aniqlash, ma’lumotlarni tahlil qilib, optimal ishlab chiqarish jadvalini shakllantirish, o‘quv jarayonida “digital twin” (raqamli egizak) modellari orqali energiya tizimlarini simulyatsiya qilish mumkin. Bu ko‘rsatkichlardan kelib chiqib, sun’iy intellekt

yordamidagi baholash modellarini ta’lim jarayoniga joriy etish orqali energiya tejamkorligini oshirish imkoni mavjud.

Energetika muhandislik ta’limida sun’iy intellekt modellarini integratsiya qilish quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. Ma’lumotlarni tayyorlash: real energiya sarfi ma’lumotlarini yig‘ish va tozalash;
2. Model yaratish: Decision Tree va Neural Network modellarini Python yoki MATLAB muhitida qo‘llash;
3. Simulyatsiya: talabalar real vaqtda model natijalarini tahlil qiladi;
4. Optimallashtirish: Reinforcement Learning orqali energiya taqsimoti qarorlarini takomillashtirish;
5. Refleksiya va baholash: har bir modelning samaradorligi va aniqligi baholanadi.

Sun’iy intellekt asosida energiya samaradorligini baholash modellarini o‘qitish jarayoniga integratsiya qilish energetika muhandislik ta’limini amaliyotga yaqinlashtiradi, talabalarda prognozlash va tahlil qilish kompetensiyalarini rivojlantiradi, mamlakatda energiya resurslaridan tejamli foydalanish strategiyasini qo‘llab-quvvatlaydi. Raqamli transformatsiya va sun’iy intellekt texnologiyalarining uyg‘unligi barqaror energiya tizimi uchun muhim omildir. Bunday metodik yondashuv kelgusida energetika sohasida raqamli qarorlarni qabul qilish tizimlarini milliy darajada takomillashtirish imkonini yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. International Energy Agency. (2024). *Energy Efficiency 2024: Global Report*. – Paris: IEA. https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024
2. UNDP Uzbekistan. (2024). *Renewable Energy Development in Uzbekistan: Annual Review 2024*. https://www.undp.org/uzbekistan
3. Energetika vazirligi. (2024). *O‘zbekiston Respublikasida energetika sohasining statistik ko‘rsatkichlari*. – Toshkent.
4. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. (2024). *Energetika tahlil hisobotlari*. https://stat.uz/uz/

5. Karimov, A., & Raximov, Sh. (2024). *Sun’iy intellekt texnologiyalari va ularni energetik tizimlarda qo‘llash*. – Toshkent: Innovatsiya nashriyoti.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti qarori PQ–6079. (2020). “Raqamli O‘zbekiston – 2030” konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida.

GIBRID MUQOBIL ENERGIYA MANBALARIINI AVTOMATLASHTIRILGAN AVTONOM TIZIMLARNI ISHLAB CHIQISH VA TADQIQI

Iskandarov Usmonali Umarovich, Komilov Abdullajon Odiljon o’g’li, Iskandarov Nuriddin Usmonali o’g’li

usmonali_iskandarov@gmail.com

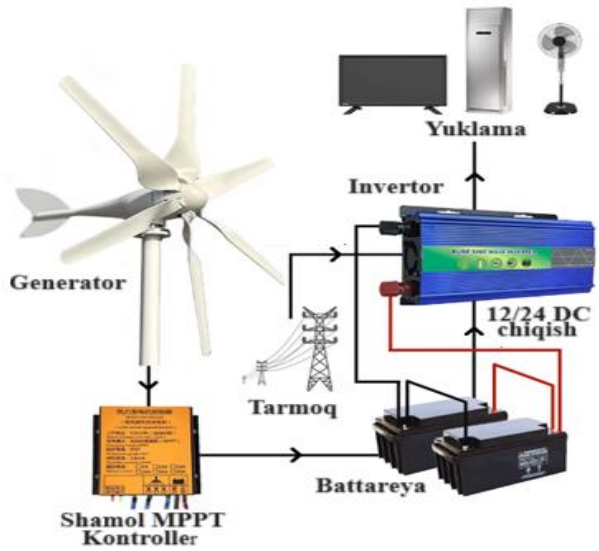
Farg‘ona davlat texnika universiteti,

Annotatsiya.*Ushbu avtomatlashtirilgan avtonom avtomatik tizimlarning gibrid muqobil energiya manbalariini ishlab chiqish usullari tadqiqi mavzusidagi maqolada xalq xo‘jaligida avtonom (yakka holda) ishlovch kam hamda tejamkor quvvatli uskunalarni muqobil elektr energiya manba‘si bilan ta’minlash hamda shu elektr manba‘simi masofaviy nazorati ishlab chiqilgan. Shu jumladan uskunaning amaliy usullardan birinida xususiy talqinlardan birining prototipi ishlab chhqilgan.*

Tayanch so‘zlar. *muqobil, konroller, akkamulyator, avtomatik nazorat, energiya, samarador, prototip, tok, kuchlanish, uskuna, plata, boshqatuv, masofa, kam quvvat.*

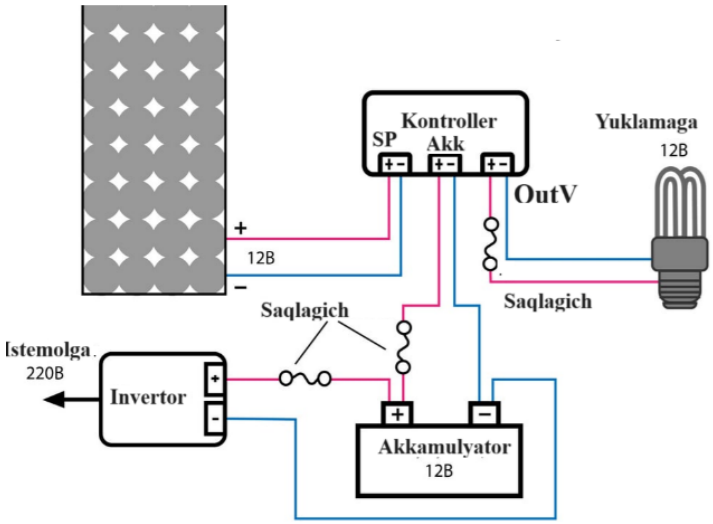
Masofada o’rnatilgan kam quvvatli elektron uskunalarlaring muqobil elektr ta’minot manbalari samaradorli innovativ oshirish jarayoni va usullar bir qator muammolar bilan bog’liq. Bularga elektr manba‘sinig energiya sarfi, uning harorati, kommutatsiyalash jarayoni, boshqarilishi, shamol yoki quyosh, tarmoq energiyalariga o‘tkazish, vaqtida texnik qarov o‘tkazish, uning samaradorligi, kuchlanish vat tok nazorati, texnik sozlik holati hamda boshqa bir qator muammolar kiradi.[1-5]. Ularninig turlicha tarkibda va yagona energiya manba‘laridan (yo shamol, yoki quyosh va hokozo) o‘zgartirib doimoy tok olish usullari amalda mavjud. (1-,2 - rasmlar). Samoldan elektr energiya oluvchi muqobil elektr ta’minot manbalari ham o‘z

uskunalariga ega olar ham qator muammolardai soqit emas, aytaylik aylanish tezligini shamolga bog‘liqligi nazorati.



1-rasm. Samoldan elektr energiya oluvchi muqobil elektr ta’minot manbalari ulanish sxemalaridan biri

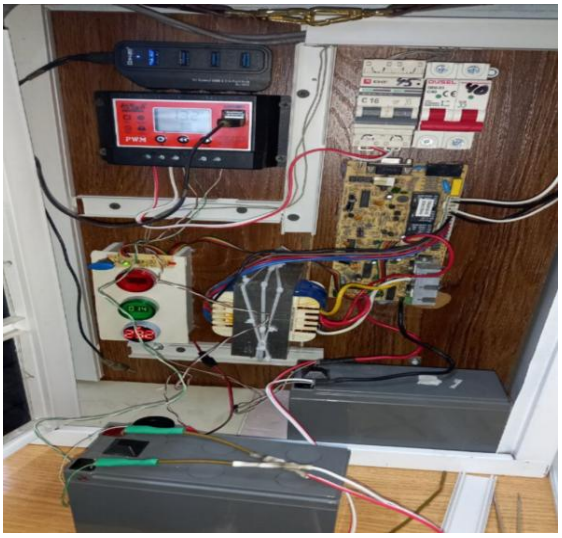
Bilamizki muqobil elektr ta’minot manbalari yaratishda ongrid hamda offgid usullari mavjud. Ularning quvvati ham turlicha yaratilishi mumkin.[1-10] Bularning barchasi uskunalar hamda ularning quvvati, tarmoq qamrovi bilan bog‘liq holda o‘z qiymatiga ega bo‘ladi.



2-rasm. Masofada o’rnatilgan eloktron uskunalaring quyosh elektr ta’minot muqobil manbalaridan birining sximasi

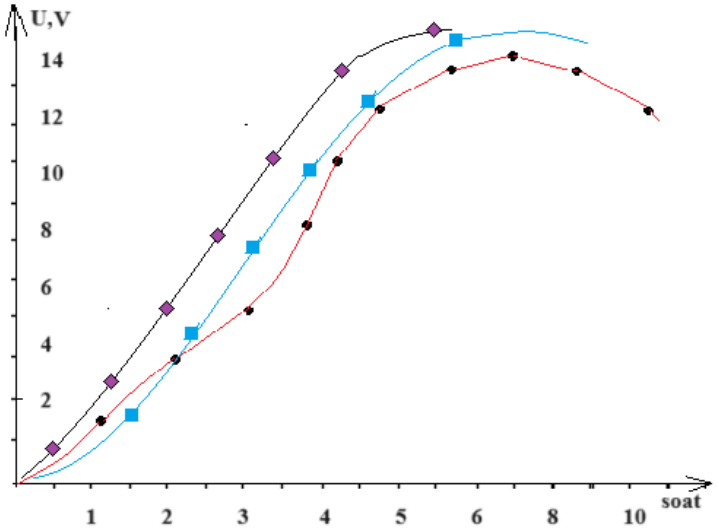
Maqolada keltirilgan prototip samaradorli innovativ uskuna ham keltirilgan qirralar hamda muammolar bilan bir qadar bog‘liq.Kam quvvatli elektron

uskunalarlaring muqobil quyosh elektr ta’minot manbalari ham bir qator muammolar (energiya sarfi, uning harorati, kommutatsiyalash jarayoni, boshqarilishi, quyosh harakati nazorati, tarmoq energiyalariga o‘tkazish, vaqtida texnik qarov o‘tkazish, uning samaradorligi, texnik holati va boshqalarhamda) bilan bog’liq.Quyoshdan elektr energiyasini oluvchi bunday muqobil elektr ta’minot manbalari ham o‘zinig uskunalariga ega ular ham qator muammolardai mustasno emas.Avtomatlashtirilgan avtonom avtomatik tizimlarning gibrid muqobil energiya manbalariini ishlab chiqish usullari tadqiqi qaratilgan ushbu maqolanida asosan 3 suratda keltirilgan gibrid muqobol energiya manba‘si islab chiqilganligi hamda uning serqirraligi hamda nazorati usuli haqida mulohazalar berilgan.



3-rasm. Masofada o’rnatilgan avtonom electron uskunalaring muqobil elektr ta’minot manbalari uchun samaradorli gibrid innovativ uskunasini tasviri

Eksperimental va nazariy natijalarga erishilgan.Uskuna ekcperimental natijalar uchun mo’ljallangan hamda amaliy vazifalarni ham bajarishi mamkin. 12-24 voltga mo’ljallangan bo‘lob sinovdan o‘tkazilish jarayonlari davom ettirilmoqda. Uning bir qator qulaylik va xususiyatlari bor: mahalliy mahsulotligi, avtonom ishlay olishi, ixchamligi, soddaligi, vazni, boshqarish qulayligi, avtomatik nazoratda turishi.



4-rasm. Doimiy elektr ta’minot manb‘asining quyosh (1), shamol (2) va elektr tarmoqlaridan zaryad olish vaqtiga bog’liqligi grafigi

To’rtinchi rasmda doimiy elektr ta‘minot manb‘asining quyosh (1), shamol (shamol tezligi doimiy deb olingan holat) va elektr tarmoqlaridan zaryad olish vaqtiga bog’liqligini expremental grafigi keltirilgan.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda mahalliy bu mahsulot avtonom ishlaydi va xalq xo’jaligidaga ko‘plab elektr uskunalarni elektr energiya bilan ta’minlaydi hamda avtomatik nazoratda bo’ladi. Yaratilgan bu loyihaviy ishlanma masofada o’rnatilgan electron uskunalarning muqobil elektr ta’minot manbalari energiya bilan ta'minlab berishni, nazorat qilish uchun mo'ljallangan. U zamonaviy telekommunikatsion texnologiyalar, turli adaptiv uskunalar va inovatsion yondashuvlarni o‘zida mujassam etgan bo‘lib, har bir energiyatalab avtonom aloqa nuqtalariga va boshqa sohalarda ham o‘z iqtisodiy samarasini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Nurdinova, R., Rayimjonova, O., Djalilov, B., & Iskandarov, U. (2024, March). Determination of the near areas of micro parameters for anomalous photo voltage elements. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing

[2]. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Ergashev, S., & Tillaboev, M. (2023). Practical approach to aspects of operation and practical use of optoelectronic linear transducer of movements of the first hazard category objects. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 452, p. 01011). EDP Sciences..

[3]. Turgunov, B., Iskandarov, U., Dalibekov, L., & Jurayeva, G. (2024, March). Prospects for using alternative energy sources to generate high power electrostatic fields in the primary processing of raw cotton. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.

[4]. Rayimdjanova Odinakhon Sadikovna, Usmonali Umarovich Iskandarov, & Orifjonova Mohidil Oqiljon qizi. (2023). Analyses of Base of the Development and Organize of the Digital Television Format. Eurasian Journal of Media and Communications, 16, 1–5. Retrieved from

[5]. Rayimdjanova Odinakhon Sodiqovna, & Iskandarov Usmonali Umarovich. (2023). RESEARCH OF A MULTI - STAGE RECEIVER OF A LASER MICROPHONE. European Journal of Interdisciplinary Research and Development, 14, 240–244. Retrieved from

[6]. Усмонали Умарович Искандаров, & Жураева Гулноза Фазлитдиновна. (2022). РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ С НЕВИДИМЫМ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ. European Journal of Interdisciplinary Research and Development, 10, 252–256. Retrieved from

[7]. Rayimjonova, O. S., & Iskandarov, U. U. Research of efficiency of use of the multicascade amplifier of low frequency in the distant laser microphone. Ижтимоий соҳаларни рақамлаштиришда инновацион технологияларнинг ўрни ва аҳамияти, 446.

[8]. Искандаров, У. У. (2020). Рақамли телевизион тасвирларда маълумотлар ортиқчалигининг назарий тахлиллари. Интернаука, (22-3), 37-39.

[9]. Iskandarov, U. U. (2022). The Aspects of Solar and Geothermal Energy Conversion. Eurasian Research Bulletin, 15, 185-189.

ANALYSIS OF WIND ENERGY FLOW AND DETERMINATION OF OPTIMAL WIND TURBINE LOCATION USING GIS AND STATISTICAL MODELING

Ibrokhimjonov A.B

Fergana State Technical University, e-mail: ahliddin.ibroximjonov@fstu.uz

Abstract

This paper presents a comprehensive analysis of wind energy potential and a methodology for determining the optimal placement of wind turbines using GIS and statistical modeling. Wind speed data were analyzed using the Weibull probability distribution, and energy potential was evaluated for different regions of Uzbekistan. The proposed system integrates wind speed measurement, GIS-based spatial analysis, and power output estimation for site selection. The results show that regions such as Fergana Valley and Karakalpakstan exhibit favorable conditions, with average wind speeds of 6–7 m/s and capacity factors exceeding 35%. The developed model can be used for planning and optimizing wind farms to increase renewable energy penetration in the national grid.

Keywords*:Wind energy, Weibull distribution, GIS, renewable energy, optimal placement, capacity factor, Uzbekistan.*

Introduction

The global transition toward sustainable energy sources has significantly increased the demand for accurate assessment and optimal utilization of wind resources. Uzbekistan, with its wide plains and open landscapes, possesses substantial untapped wind energy potential. However, the efficiency of wind power generation largely depends on proper turbine placement and an accurate understanding of local wind characteristics. This study aims to analyze the wind flow behavior and identify the most suitable locations for wind turbine installation using statistical and spatial tools.

Methodology

Data Collection

Wind speed and direction data were collected using anemometers at multiple heights (10 m, 30 m, 50 m). The measurement period covered various seasons to capture diurnal and seasonal variations.

Statistical Analysis

The wind speed distribution was modeled using the Weibull probability function:

$$f(v) = \frac{k}{c}\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^{k}}$$

where k is the shape parameter and c is the scale parameter.

The mean wind power density was calculated as:

$$P = \frac{1}{2} pAv^3$$

where ρ = 1.225 kg/m³ (air density), A is rotor swept area, and v is wind velocity.

GIS-Based Site Selection

GIS (ArcGIS/QGIS) tools were used to integrate spatial layers, including wind speed, land slope, distance to the power grid, and land use type. A weighted scoring algorithm ranked candidate sites based on these criteria:

- Wind speed ≥ 6 m/s
- Slope ≤ 10°
- Distance to transmission grid ≤ 10 km
- Land use = open/agricultural.

Power and Energy Estimation

The turbine power curve was modeled with a rated capacity of 2 MW, cut-in = 3 m/s, rated = 12 m/s, cut-out = 25 m/s.

The annual energy production (AEP) was estimated by integrating the power curve with the Weibull probability distribution.

Results and Discussion

The analysis of wind data from the Fergana region showed an average wind speed of 6.2 m/s, corresponding to an annual energy potential of approximately 874 MWh for a 2 MW turbine.

The Weibull parameters were obtained as k = 2.3 and c = 7.1 m/s, indicating moderate variability with a steady wind regime.

The GIS-based ranking identified three optimal sites**:**

Site ID	Avg. Wind Speed (m/s)	Capacity Factor (%)	Annual Energy (MWh)	Suitability Score
S07	7.3	39.6	1080	92.5
S04	7.0	37.2	1020	89.8
S06	6.8	34.9	980	86.1

The results demonstrate that turbine performance is highly sensitive to site-specific wind speed, confirming the necessity of integrating both statistical and GIS-based assessments.

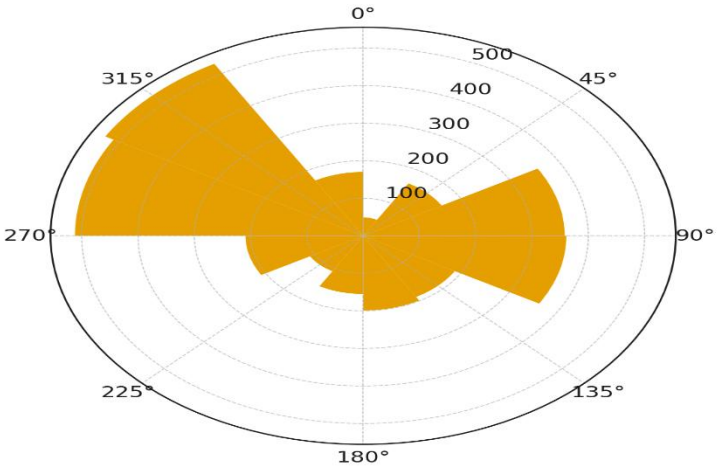


Figure 1: Wind Rose (Frequency by Direction)

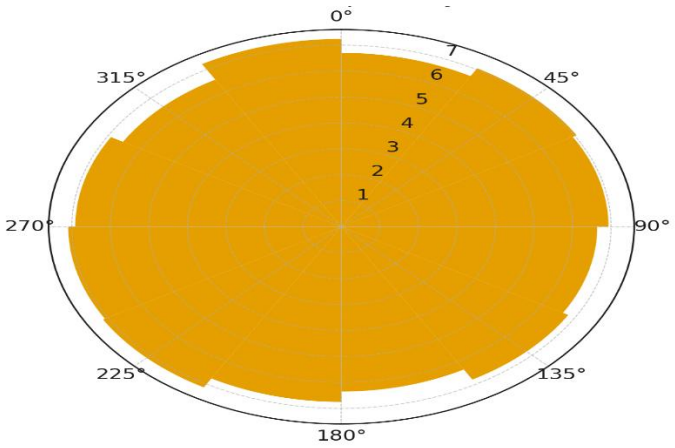


Figure 2: Wind Rose (Mean Speed by Direction)

Conclusion

The developed methodology allows accurate evaluation of wind energy flow and the selection of optimal wind turbine locations. The combination of Weibull analysis and GIS spatial filtering provides a practical tool for renewable energy planners.

Future work includes real-time monitoring integration and optimization of hybrid (solar-wind) systems to improve energy stability in isolated regions.

References

1. John Twidell, Tony Weir. Renewable Energy Resources, 4th Ed., Routledge, 2021.
2. Hau, Erich. Wind Turbines – Fundamentals, Technologies, Application, Economics, Springer, 2013.
3. IEC 61400: Wind Turbines – Design Requirements.
4. O‘zbekiston Energetika Vazirligi. Shamol energetikasi istiqbollari, 2023.

RAQAMLI MODELLASHTIRISH ASOSIDA QUYOSH-BATAREYA TIZIMLARINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI INTELLEKTUAL BOSHQARISH MODELI

O‘lmasov Jasurbek Fatxullo o‘g‘li

olmasovj97@gmail.com,

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya: *Quyosh-batareya tizimlarining energiya samaradorligini oshirish maqsadida raqamli modellashtirish va intellektual boshqaruv yondashuvi ishlab chiqildi. MATLAB/Simulink muhitida Fuzzy Logic asosidagi MPPT algoritmi va DC–DC ZETA konvertor integratsiyasi orqali energiya oqimi optimallashtirildi. Natijalar tizim samaradorligi 96% gacha oshganini va energiya yo‘qotishlari 3–5% gacha kamayganini ko‘rsatdi.*

Kalit so‘zlar: *qayta tiklanadigan energiya, quyosh-batareya tizimi, raqamli modellashtirish, Fuzzy Logic, ZETA konvertor*

Quyosh energiyasi tizimlarida samaradorlikni yuqori darajada saqlash doimiy muammo bo‘lib kelmoqda. Quyosh nurlanishining o‘zgaruvchanligi, haroratning keskin farqlanishi va yuklama o‘zgarishlari natijasida quyosh panellaridan olinadigan kuchlanish va tok qiymatlari barqaror emas. Bu holatda energiya ishlab chiqarish va zaxiralash tizimlarini intellektual tarzda boshqarish zarurati tug‘iladi. Shu maqsadda, zamonaviy tadqiqotlarda raqamli texnologiyalar, sun’iy intellekt (AI), va Fuzzy Logic (noaniqlik asosidagi mantiqiy tizimlar) keng qo‘llanmoqda.

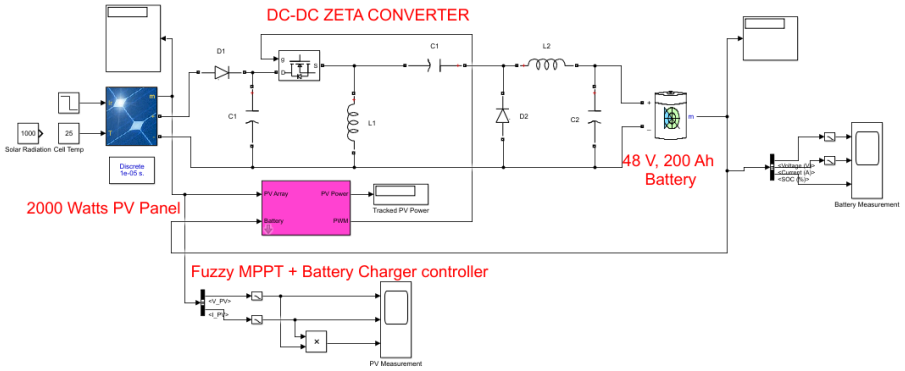
Fuzzy Logic boshqaruv tizimlari – noaniqlik sharoitida ishlaydigan, inson tafakkuri va qaror qabul qilish jarayonini modellashtiruvchi yondashuvdir. U klassik matematik modellar bilan ifodalanmaydigan tizimlar uchun ayniqsa foydali. Quyosh energiyasi tizimlarida, ayniqsa MPPT (Maximum Power Point Tracking – maksimal quvvat nuqtasini aniqlash) algoritmlarida Fuzzy Logic yuqori aniqlik va tezkor javob berish xususiyati bilan ajralib turadi. Bu esa quyosh panellarining har bir ish holatida maksimal energiya ishlab chiqishini ta’minlaydi.

Raqamli boshqaruvning ustunligi shundaki, u real vaqt rejimida o‘zgaruvchan parametrlarni tahlil qilib, tizimni avtomatik ravishda moslashtiradi. Masalan, quyosh nurlanishi pasayganda yoki harorat ortganda tizim PWM (Pulse Width Modulation) signali orqali DC–DC konvertorning vazifasini o‘zgartiradi, shunday qilib, chiqish quvvatini barqaror saqlaydi. Bu energiya samaradorligini 95–99% darajada ushlab turishga imkon beradi. Natijada, energiya yo‘qotishlari kamayadi, tizimning ekologik foydasi ortadi va iqtisodiy jihatdan o‘zini oqlash muddati qisqaradi.

Tadqiqotning asosiy obyekti — MATLAB/Simulink muhitida qurilgan Fuzzy MPPT algoritm asosidagi DC–DC ZETA konvertor bilan boshqariluvchi quyosh-batareya tizimi. Ushbu tizimda quyosh panellari ishlab chiqargan energiya Fuzzy MPPT orqali maksimal darajada olinadi va konvertor yordamida batareyaga optimal tarzda uzatiladi. Tizimning chiqish natijalari kuchlanish, tok, quvvat va batareya SOC (State of Charge) parametrlari orqali baholanadi.

Quyosh energiyasidan olinadigan quvvatni maksimal darajada samarali boshqarish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va batareya tizimini optimal tarzda

zaryadlashni ta’minlashdir. Shu sababli, model MATLAB/Simulink muhitida ishlab chiqilgan bo‘lib, uning asosiy komponentlari quyidagilardan iborat:



1-rasm. Fuzzy Logic asosidagi quyosh-batareya tizimining raqamli modellashtirilgan tuzilmasi

1-rasmdagi Modelda 2000 W quvvatli quyosh paneli (PV Array) quyosh nurlanishi va haroratga bog‘liq holda elektr energiyasi hosil qiladi. Hosil bo‘lgan quvvat Fuzzy MPPT algoritmi orqali kuzatilib, DC–DC ZETA konvertor yordamida optimal kuchlanish va tok qiymatlariga moslashtiriladi. Natijada, 48 V, 200 Ah sig‘imli batareya tizimi Fuzzy MPPT + PI boshqaruv kombinatsiyasi asosida optimal tarzda zaryadlanadi. Modelning asosiy maqsadi — o‘zgaruvchan tashqi sharoitlarda tizimning barqarorligi va energiya samaradorligini oshirishdir[2].

Quyosh panellari — yarim o‘tkazgichli elementlar bo‘lib, yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi. Ularning chiqish quvvati quyosh nurlanishi (G) va harorat (T) o‘zgarishlariga bevosita bog‘liq[3].

Bir dona quyosh elementi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$I_D = I_{ph} - I_0\left[\exp\left(\frac{q(V+IR_S)}{\gamma k T_c}\right) - 1\right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}}$$

bu yerda: I_{ph} — yorug‘lik oqimi natijasida hosil bo‘ladigan fototok; I_0 — teskari yo‘nalishdagi to‘yinganlik toki; R_s, R_{sh} — ketma-ket va parallel qarshiliklar;

q — elektron zaryadi (1.6×10^{-19} C); k — Boltsman doimiysi (1.38×10^{-23} J/K);

T — harorat (Kelvinlarda).

Tizimda 2000 W quvvatli PV panel qatori modellashtirilgan bo‘lib, u quyidagi sharoitlarda ishlaydi: Quyosh nurlanishi: 700–1000 W/m², Harorat: 25–60°C oralig‘ida, Ochiq zanjir kuchlanishi: 24 V, Qisqa tutashuv toki: 5.1 A,
MPP nuqtasida kuchlanish: 17.5 V, tok: 4.8 A

Fuzzy Logic Controller (FLC) — bu tizim parametrlarining o‘zgaruvchanligi sharoitida optimal quvvat nuqtasini (MPP) aniqlaydigan intellektual boshqaruv mexanizmi. U klassik MPPT usullaridan (masalan, Perturb & Observe, Incremental Conductance) farqli ravishda tizim parametrlariga bog‘liq emas va o‘zgaruvchan sharoitlarda tezroq moslashadi[4].

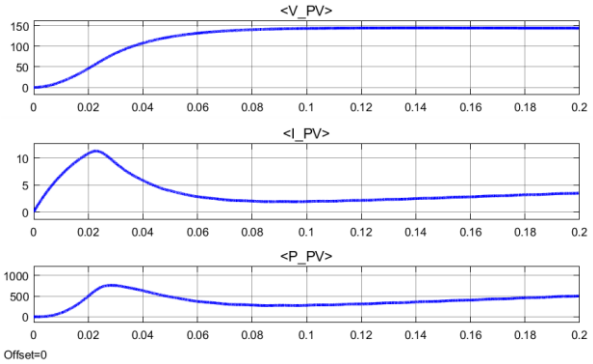
Algoritm real vaqt rejimida PV panelning quvvat va kuchlanish qiymatlarini o‘lchab, ularning o‘zgarishiga qarab PWM signalining kengligini moslashtiradi. Shunday qilib, tizim har bir daqiqada maksimal quvvat nuqtasida ishlaydi. Natijada, Fuzzy MPPT samaradorligi 95–99% oralig‘ida qayd etilgan.

ZETA konvertor — bu ikki induktorli (L_1, L_2) va bir kondensatorli (C_1) topologiyaga ega bo‘lib, u kuchlanishni oshirish (boost) yoki kamaytirish (buck) funksiyalarini bajaradi. U quyosh paneli va batareya orasida kuchlanishni moslashtiruvchi transformator sifatida ishlaydi.

ZETA konvertorning asosiy formulasi:

$$V_o = \frac{D}{1-D} \cdot V_{in}$$

bu yerda D — PWM signalining majburiyat koeffitsienti.



2-rasm. Quyosh nurlanishi o‘zgarishiga tizimning quvvat javobi (Fuzzy MPPT).

2-rasmda quyosh panelining kuchlanish (V_{PV}), tok (I_{PV}) va quvvat (P_{PV}) grafigi tasvirlangan. Boshlang‘ich paytda quyosh nurlanishi oshgani sababli kuchlanish va tok

tez o‘sadi, bu jarayon PV panellar faol quvvat ishlab chiqara boshlaganini bildiradi. Taxminan 0,02 soniyadan so‘ng tok qiymati kamayib, kuchlanish barqarorlashadi va natijada tizim maksimal quvvat nuqtasiga (MPP) yaqinlashadi.

Xulosa**:**Tadqiqot natijalari quyosh-batareya tizimlarining raqamli modellashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish mumkinligini ko‘rsatdi. Fuzzy Logic asosidagi boshqaruv tizimi o‘zgaruvchan nurlanish va harorat sharoitida barqaror ishlashni ta’minlab, energiya oqimini optimallashtirdi. Taklif etilgan model ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali energiya boshqaruv tizimini yaratish uchun amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Al-Falahi, M. D., & Zainal, S. (2021). Smart fuzzy control based hybrid PV–wind energy generation system with improved stability. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 9(1), 45–52. 2. Patel, D., & Kumar, S. (2022). PV & Wind Hybrid Power System with Fuzzy Logic Controller for Maximum Power Point Tracking. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCSPUB), 10(2), 214–220.3. Mohamed, A., & Elsayed, M. (2024). A novel design of hybrid fuzzy logic MPPT controller using MDSGWO for renewable energy systems. Scientific Reports, 14,

4. J.F.O‘lmasov, M.A.O‘lmasova “Qayta tiklanuvchi manbalar ishtirokidagi gibrid tizimlarda akkumulyatorli boshqaruvning tarmoqqa ta’siri” 2025.

V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» (Посвящается 80-летнему юбилею академика Кахрамона Рахимовича Аллаева)

MOBIL TARMOQLARIDA ZAXIRA ENERGIYA TA’MINOT MANBAASINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li
muhriddinmadaminov1996@gmail.com
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada mobil tarmoqlarda ishlatiladigan zaxira energiya ta’minot manbalarining samaradorligini oshirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda tranzistorli kuchlanish o‘zgartirgichlarining tuzilishi, ularning ishlash prinsipi hamda energiyani qayta taqsimlash jarayonlari tahlil qilinadi. Quyosh moduli va akkumulyator batareyalari asosida ishlovchi avtonom zaxira tizimining blok-sxemasi ishlab chiqilib, sinov natijalari asosida uning energetik samaradorligi aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan tizim 300–350 Vt yuklama uchun 2,5–3 soat davomida uzluksiz ishlashni ta’minlaydi hamda quyosh energiyasi yordamida batareya zaryadini 40–50 % gacha tiklay oladi. Mazkur tizim telekommunikatsiya, tibbiyot va radioelektron sohalarda qo‘llash uchun samarali yechim sifatida tavsiya etiladi.*

Kalit so‘zlar: *mobil tarmoqlar, zaxira energiya manbai, tranzistorli o‘zgartirgich, invertor, quyosh batareyasi, akkumulyator, energiya samaradorligi, avtonom ta’minot tizimi, telekommunikatsiya qurilmalari, uzluksiz elektr ta’minoti.*

Kirish. So‘nggi yillarda mobil aloqa tizimlarining jadal rivojlanishi natijasida uzluksiz va ishonchli elektr ta’minotiga bo‘lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Ayniqsa, qishloq hududlari yoki energiya tarmog‘i uzilib qolishi mumkin bo‘lgan joylarda mobil tarmoqlar uzluksiz ishlashi uchun zaxira energiya manbalaridan foydalanish dolzarb masalaga aylangan.An’anaviy elektr tarmoqlariga to‘liq tayanish zamonaviy telekommunikatsiya tizimlari uchun yetarli emas, chunki energiya uzilishlari tarmoq xizmatlarining uzilishi, ma’lumotlar yo‘qolishi va aloqa sifatining pasayishiga olib keladi. Shu sababli, mustaqil ishlovchi zaxira energiya tizimlarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini oshirish bugungi kunda muhim ilmiy-amaliy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.Maqolada mobil tarmoqlar uchun mo‘ljallangan

tranzistorli kuchlanish o‘zgartirgich asosida ishlovchi zaxira energiya ta’minot manbai tahlil qilinadi. Qurilma quyosh batareyalari va akkumulyator batareyalaridan quvvat oluvchi avtonom tizim sifatida ishlab chiqilgan. Tadqiqotda kuchlanish o‘zgartirgichining ishlash prinsipi, sxematik yechimlari hamda energiya tejamkorligini oshirish imkoniyatlari o‘rganilgan.

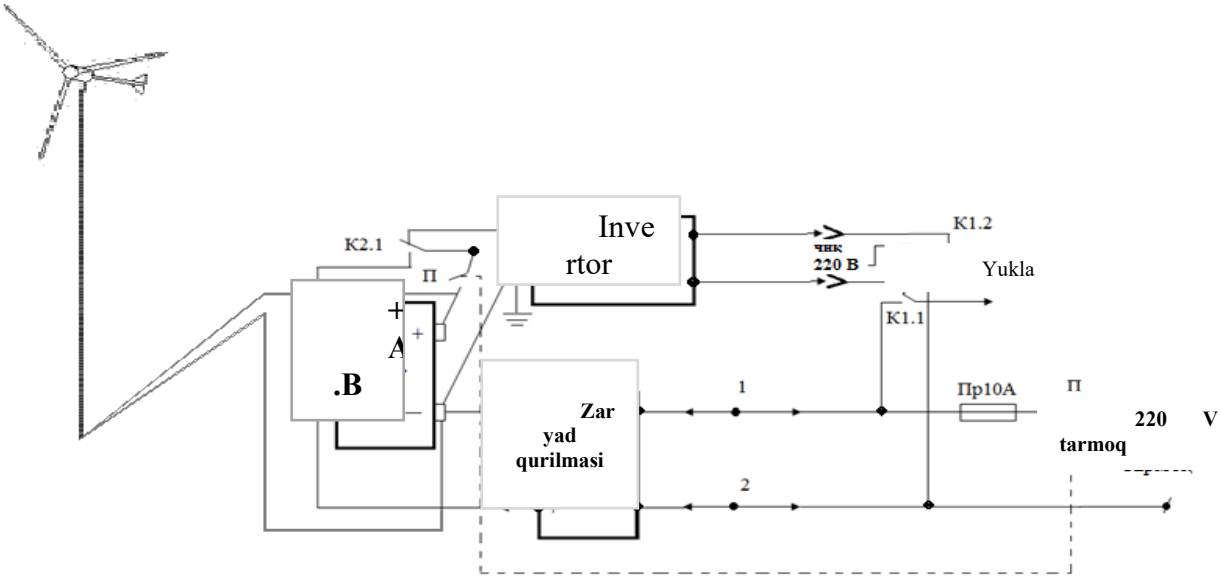
Taqdim etilgan tizim quyosh energiyasidan samarali foydalanish, akkumulyatorlarni avtomatik zaryadlash va energiyani qayta taqsimlash funksiyalariga ega bo‘lib, mobil aloqa, radiostansiyalar, tibbiyot va maishiy elektronika tizimlarining uzluksiz ishlashini ta’minlay oladi. Shu orqali energiya resurslarini tejash, tizimning ishonchliligini va xizmat ko‘rsatish barqarorligini oshirishga erishiladi.

Asosiy qism. Doimiy tok manbalaridan iste’mol qiladigan ta’minot manbalarida, misol uchun akkumulyatorlar, quyosh batareyalari va x.k., tranzistorli o‘zgartirgichlar kiruvchi doimiy kuchlanishning bitta nominalini turli nominalli doimiy kuchlanishni nominaliga va qutbiga aylantirib beruvchi asosiy funksional tugun hisoblanadi. Ushbu o‘zgartirgichlar birlamchi ta’minot shinasidan galvanik ajratilgan. Shuningdek tranzistorli kuchlanish o‘zgartirgichlari transformatorsiz kirishli ta’minot manbalarida markaziy funksional tugun hisoblanadi. Ushbu kuchlanish o‘zgartirgichlari energiyani o‘zgaruvchan tok tarmog‘idan ham iste’mol qilishlari ham mumkin. Shuningdek ta’minot manbalarida bir taktli va ikki taktli tranzistorli doimiy kuchlanish o‘zgartirgichlari qo‘llanilishga egadir.Ushbu berilgan kuchlanish o‘zgartigichining struktura sxemasi to‘rtta tranzistordan bajarilgan. Ularning ikkisi VT1 va VT2 o‘zining kollektori bilan TV transformatorning birlamchi o‘ramiga ulangan. Ikkinchi blok tranzistorlar majmuasi quvvat kuchaytirgichi deb belgilangan bo‘lib, ular o‘zining kollektor zanjiri bilan birlamchi kuchlanishni o‘zgartirib beruvchi kaskad tranzistorlarining kollektor o‘ramlari bilan birlashtirilgan, ushbu quvvat kuchaytirish blokining kollektor zanjiri taqsimot generatori zanjiriga ulangandir. Ta’minot manbalarida ikki turdagi ikki taktli kuchlanish o‘zgartirgichlari qo‘llanilishga ega bo‘ladi: to‘yinadigan va to‘yinmaydigan kuch transformatorlilar.Kuch transformatori to‘yinmaydigan

kuchlanish o‘zgartirgichlarida tranzistorlarni uzib – ulash o‘zakni to‘yinish momenti hisobiga amalga oshiriladi. Ushbu o‘zgartirgichda teskari bog‘lanish TB (baza o‘rami) zanjiri ta’minot transformatorining umumiy magnit o‘tkazgichiga joylashgan. O‘zgartirish chastotasi transformator parametrlari va uning birlamchi o‘ramidagi (kollektor) kuchlanish bilan aniqlanadi. Bunday o‘zgartirgichlarning asosiy kamchiliklari transformator to‘yinish momentida ochiq tranzistor orqali keskin tokning ortib ketishi hisoblanadi, bu esa tranzistorda qo‘shimcha quvvat yo‘qotilishlariga olib keladi.Respublikamizda va butun jaxonda, energiya resurslari (ko‘mir, neft, mazut va h.k.) tashuvchilar zaxiralarini kamayib borishi, ularni narxlarini o‘sib borishi, texnikaning shiddat bilan tobora rivojlanib borishi natijasida, noa’nanaviy va tiklanuvchi energiya resurs manbalarini topish va ularni o‘zlashtirishga katta ahamiyat berilib kelinmoqda.Noa’nanaviy va tiklanuvchi energiya turlaridan, quyosh energiyasini elektr energiyaga o‘zgartirish va ular asosidagi qurilmalarni ishlab chiqish O‘rta Osiyo regioni uchun aktual yo‘nalish hisoblanadi. Xizmat sohasida, ayniqsa qishloq joylarda elektr energiyani to‘satdan o‘chib qolish xollari ko‘p uchrab kelmoqda. Bunday sharoitda, birlamchi ta’minot manbai sifatida 12 V kuchlanishli avtomobil batareya va 100-300 Vt bo‘lgan quyosh modullaridan foydalanilgan zaxirali elektr ta’minot qurilmalari katta yordam ko‘rsatishlari mumkin.Ushbu bo‘limda yuklamani elektr tarmoqqa yoki kuchlanish o‘zgartirgichiga avtomatik ulanishini ta’minlovchi qurilma taxlili qo‘rib o‘tilgan.

Rezerv ta’minot manbasining sinalgan sxemasi doimiy kuchlanish (12-15 V) ni o‘zgaruvchan 240 V 50 Gts kuchlanishga o‘zgaradi va 800 Vt chiqish quvvatini ta’minlab berib, avtomatik zaryadlash qurilmasi, akkumulyatorni to‘liq razryadlanishdan ximoyalash, akkumulyator batareyadagi kuchlanishni oshib ketishidan himoyalash, tarmoqdagi kuchlanish yo‘q bo‘lib qolganda rezerv ta’minotga o‘tish va tarmoqda kuchlanish paydo bo‘lganda tarmoqqa o‘tish avtomatiga egadir. Kunning yorug‘ vaqtida akkumulyator batareya quyosh modulidan ham va shuningdek tarmoqdan to‘yinishi mumkin.Rezerv ta’minot manbaining blok sxemasi 1-rasmda ko‘rsatilgan. Elektromagnit relelar K1 va K2 qurilmani K 1.1, K 1.2, K2.1 kontakt guruxlarga avtomatik ulanishini ta’minlab

beradilar. Nuqtalar 1 va 2 bilan ta’minotni uzib ulovchi avtomatni ulanish tugunlari belgilangan.

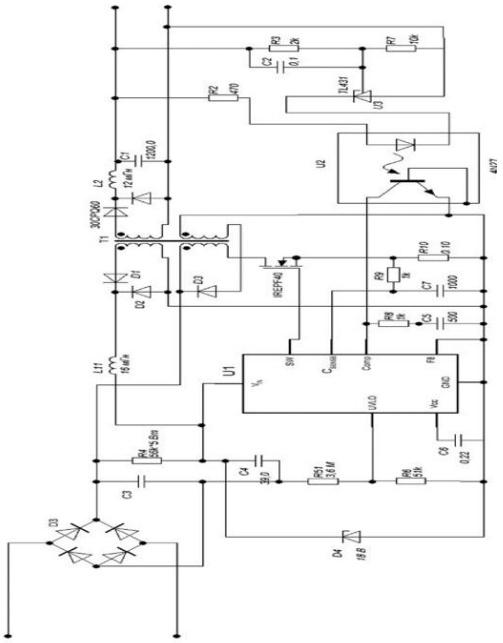


1-rasm. Rezerv ta’minot manbaining blok sxemasi.

Uzib ulagich o‘zgartirgichni tarmoq kuchlanishidan va akkumulyator batareyadan uzish uchun hizmat qiladi. Bunda, teskari ulangan diod VD1 akkumulyatorni razryadlanishdan himoya qiladi va natijada quyosh moduli akkumulyator batareyasiga kunning tungi qismida xam ulangan holda qoldirilishi mumkin. Kuchlanishi 220 V, quvvati 800 Vt bo‘lgan qurilmani energiya ta’minoti uchun avtonom energetik tizim komplekti 1- jadvalda ko‘rsatilgan.

1-jadval

Tizim komponentlari	**Soni**
Fotomodul KSM100, 15 kG, 0,5*1,2 m^2	4 dona.
Invertor, 1,2 k Vt	1 dona.
Zaryad-kontroller	1 dona.
Akkumulyator batareya 20 a.s.	2 dona.



2.2-rasm. Prinsipial sxema

Bunday tizimli energetik qurilmada maksimal yuklangan energetik qurilmani tungi vaqtda ishlashi 1-1,5 soatni tashkil etadi. O‘tkazilgan sinovlar shuni ko‘rsatdiki, AB qurilmaga to‘g‘ri ulanishida, tarmoq kuchlanishini invertor chiqishiga ulanishiga yo‘l qo‘yilmasligida va mos quvvatli yuklamani ulanishida rezerv ta’minot manbai uzluksiz ish mobayniga ega va qo‘shimcha texnik qarovni talab etmaydi. Qurilma doim tarmoq kuchlanishiga ulangan bo‘lishi kerak. AB to‘liq to‘yingan batareyani zaryadlash zanjiridan avtomatik uzilishi amalga oshadi, kuchlanish kamayishida esa yana zaryadlash qurilmasiga ulanadi. Agar tarmoqda kuchlanish uzoq vaqt bo‘lmasa, kunni yorug‘vaqtida AB quyosh batareyasidan qisman zaryadlanadi.

Xulosa. Sinov natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:1. Tarmoqda kuchlanish bo‘lmagan holda va birlamchi energiya manbasi sifatida 90 A/s, AB dan foydalanilganda rezerv ta’minot manbai 300-350 Vt quvvatli qurilmani 2,5 - 3 soat mobaynida ishchi holatda ushlab turadi.2. Ochiq havoli kunda 100 Vt quyosh batareyasi 6-7 soat mobaynida, AB ishlatgan energiyani (40÷50 %) ni tiklaydi.

3. Dala sharoitida, kuchlanish tarmoqi bo‘lmaganda, quyosh batareya quvvatini 2-3 barovar, AB sig‘imini 300 A/s. gacha ko‘tarish maqsadga muvofiq bo‘ladi.Sinovdan o‘tgan ushbu mobil uzluksiz ta’minot manbaidan, AB sig‘imi, quyosh batareyasi va invertor quvvati mos xolda tanlanishida, telekommunikatsion

aloqa, radiostantsiyalar, tibbiyot tizimlari, maishiy radioelektron apparaturalar va shuningdek murakkab texnik ob’ektlarni boshqarish tizimlarini sifatli elektr ta’minoti uchun foydalanish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ergashev, S., Dalibekov, L., Komilov, A., Jo'raeva, G., Xusanova, S., & Komilov, D. (2024). Optical electron photo converter. In E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 01002). EDP Sciences.
2. Rayimdjanova O.S., Komilov D.R.. Determination of the sensitivity level of the matrix of the optoelectronic color analysis system. Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2025, T.29.спец.выпуск №2). p. 92-98.
3. X.T.Yuldashev, M.R.Madaminov. Quyosh panellaridan foydalanish samaradorligi. “Axborot –kommunikatsiya texnologiyalari va telekommunikatsiyalari soxasida zamonaviy muammolar va yechimlar”. Respublika ilmiy-texnik anjumani 15-16 aprel Farg‘ona 2022.198-201 B
4. Источники вторичного електропитания / В.А. Головацкий, Г.Н. Гулкович, Ю.И. Конев и др.; Под ред. Ю.И. Конева –М.: Радио и связ, 2010. –420 с.
5. 2. Источники електропитания радиоелектронной аппаратури: Справочник / Г.С. Найвелт, К.Б. Мазел, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвелта. –М.: Радио и связ, 2015. –576 с.
6. X.T.Yuldashev, S.V.Mamajonova, D.D.Xosilov, M.R.Madaminov. Uzluksiz ta’minlash manbaasining energetik samaradorligini oshirish. “Yarimo‘tkazgichlar fizikasi, mikro va nanoelektronikaning fundamental va amaliy muammolari” I-xalqaro anjumani Toshkent 2021-yil 28-29 oktabr –r. 201-202

650 NM LAZER ASOSIDA QISQA MASOFALI OPTIK SIMSIZ ALOQA TIZIMINING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH

V.A.Kuchkarov[1], R.K.Saparbayev[1], I.A.Maxmudov[2]

voxidkuchkarov@umail.uz, saparbayevraxmonbergan@gmail.com, isroilmaxmudov903@gmailcom

[1]Abu Rayxon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti,

[2]Fargona davlat texnika universiteti

Kirish. XXI asrda axborot uzatish texnologiyalarida sezilarli o‘zgarishlar yuz bermoqda. Fotonika va kvant optikasi sohasidagi yutuqlar nafaqat ilmiy izlanishlar, balki amaliy aloqa tizimlariga ham joriy qilinmoqda. So‘nggi yillarda yorug‘lik asosida axborot uzatish texnologiyasi – Li-Fi (Light Fidelity) konsepsiyasi jadal rivojlanmoqda. Ushbu texnologiya elektromagnit to‘lqinlarning radio diapazoni o‘rniga optik diapazondan foydalanib, yuqori tezlikda va xavfsiz aloqa imkoniyatlarini taqdim etadi [1].Mazkur maqolada 650 nm to‘lqin uzunligiga ega, 5 mW quvvatli lazer yordamida qisqa masofada (1–3 metr) audio signal uzatish va quyosh paneli yordamida qabul qilish tajribasi o‘tkazildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi – lazer nuri orqali modulyatsiyalangan signalni qabul qilish samaradorligini baholash va nazariy hisob-kitoblardan iborat.Nazariy asoslar. Optik aloqa tizimlari odatda quyidagi bloklardan iborat: manba (lazer diodi), modulyator, uzatish muhiti (havo), qabul qiluvchi (fotodetektor) va dekoder. Audio signalni lazer orqali uzatishda modulyatsiya jarayoni tabiiy ravishda yuz beradi: telefon audiosignali lazer quvvatini o‘zgaruvchan qilib, nur intensivligini modulyatsiya qiladi [2]. Lazer nurlanishining quvvat zichligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$I(r) = \frac{P}{4\pi r^2} \qquad (1)$$

bu yerda:I(r) – masofa r dagi yorug‘lik intensivligi (W/m²),P – lazer quvvati (W),r – manba va qabul qiluvchi orasidagi masofa (m).

Fotodetektor sifatida ishlatilayotgan quyosh paneli tushayotgan yorug‘lik oqimini elektr tokiga aylantiradi. Fototok quyidagicha ifodalanadi:

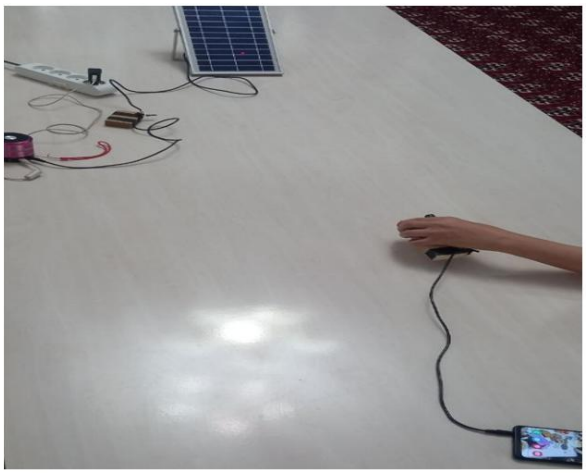
$$I_{ph} = R \cdot P_{rec} \qquad (2)$$

bu yerda:

R – fotodetektor sezgirligi (A/W),

P_{rec} – qabul qiluvchi yuzasiga tushayotgan quvvat (W).

Eksperimental qism. Tajriba sxemasi quyidagicha tashkil etildi:Telefonning audio chiqishi (3.5 mm naushnik uchi) lazer diodiga ulanadi. Lazer diod 4.5 V (3 ta 1.5 V batareya) bilan ta’minlandi. Lazer nuri havo orqali tarqalib, qabul qiluvchi qurilma sifatida 26.5 cm x15.8 cm (taxminan 0.04 m²) yuzaga ega 6 W quyosh paneliga yo‘naltirildi [3]. Quyosh paneli chiqishi oddiy karnayga ulandi. Masofa uch xil qiymatda sinovdan o‘tkazildi: 1 m, 2 m va 3 m.



1-rasm. Sinov jarayoni

Hisob-kitoblar. Lazer quvvati: P=5 mW=0.005 W, quyosh panelining yuzasi:S≈0.04 m².

1-masofa. r=1 m. $I(1) = \frac{0.005}{4\pi \cdot 1^2} = 3.98 \cdot 10^{-4}$, $\frac{W}{m^2} P_{rec}(1) = I(1) \cdot S = 3.98 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 1.592 \cdot 10^{-5}$, W

2-masofa. r=2 m. $I(2) = \frac{0.005}{4\pi \cdot 2^2} = 9.95 \cdot 10^{-5}$, $\frac{W}{m^2} P_{rec}(2) = I(2) \cdot S = 9.95 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 3.98 \cdot 10^{-6}$, W

3-masofa. r=3 m. $I(3) = \frac{0.005}{4\pi \cdot 2^2} = 4.42 \cdot 10^{-5}$, $\frac{W}{m^2} P_{rec}(3) = I(3) \cdot S = 4.42 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 1.768 \cdot 10^{-6}$, W

1-jadval. Sinov natijalari.

Masofa, m	Qabul quvvati (W)
1	$\mathbf{1.592 \cdot 10^{-5}}$
2	$\mathbf{3.98 \cdot 10^{-6}}$
3	$\mathbf{1.768 \cdot 10^{-6}}$

Hisob-kitoblardan ko‘rinadiki, masofa oshishi bilan qabul qiluvchida quvvat tez kamayadi. Tajriba davomida telefon orqali uzatilgan audio signal quyosh paneli yordamida muvaffaqiyatli qabul qilindi va karnay orqali eshitildi. Masofa ortgani sayin signalning aniqligi pasayishi kuzatildi, ammo 3 metrda ham musiqa eshitilishi mumkin bo‘ldi. Fon yorug‘ligi va xona yoritilishi qabul qilingan signallarga sezilarli ta’sir ko‘rsatdi. Maxsus fotodiodlar ishlatilganda sezgirlik yuqoriroq bo‘ladi va masofa kengayadi. Shunga qaramay, oddiy quyosh paneli yordamida audio signalni yorug‘lik orqali uzatishning oddiy tajribasi amalga oshirildi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda 650 nm lazer yordamida qisqa masofada audio signallarni simsiz uzatish va quyosh paneli yordamida qabul qilish muvaffaqiyatli amalga oshirildi.1–3 metr oralig‘ida signal qabul qilindi. Masofa ortishi bilan signal quvvati tez kamayishi aniqlandi. Oddiy komponentlar yordamida optik simsiz aloqa tizimi qurish mumkinligi isbotlandi. Natijalar yorug‘lik asosidagi aloqa tizimlari (Li-Fi)ni oddiy sharoitlarda ham sinash mumkinligini ko‘rsatadi.

Adabiyotlar;[1] H. Haas, L. Yin, Y. Wang, C. Chen. “What is LiFi?” *Journal of Lightwave Technology*, vol. 34, no. 6, pp. 1533–1544, 2016.

[2] J. M. Kahn, J. R. Barry. “Wireless infrared communications.” *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, no. 2, pp. 265–298, 1997.

[3] A. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari. *Optical Wireless Communications: System and Channel Modelling with MATLAB.* CRC Press, 2012.

QUYOSH KUZATISH TIZIMINI ENERGETIK QURILMALARDA QO’LLANILISHI

A.K.Tojiboev
“Elektronika va asbobsozlik” kafedrasi katta o’qituvchi
(Farg’ona davlat texnika universisteti, abrortak78@mail.ru)

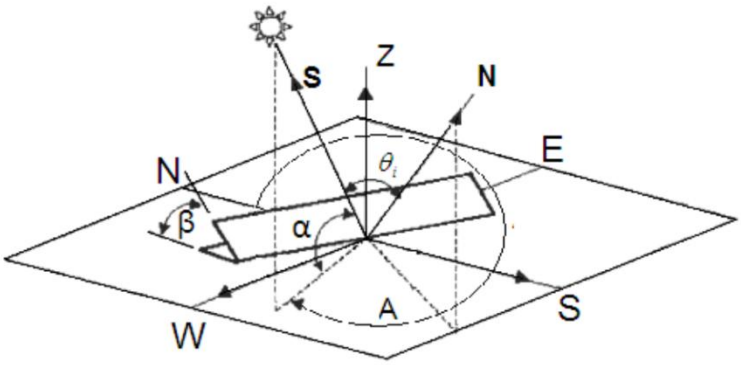
***Annotatsiya**. SHamol, geotermal, suv to’lqinlari, biomassa va boshqa shular kabi turli xil qayta tiklanadigan energiya manbalari orasida quyosh energiyasidan foydalanish aksariyat mamlakatlarda keng ommalashgan.*

Maqolada quyosh kuzatish tizimlarini qo’llagan holda quyosh fotomodulni umumiy samaradorligini oshirish bo’yicha ma’lumotlar keltirilgan. Quyoshni kuzatishning turli usullari uchun asosiy quyosh burchaklarini va ularning nisbatlarini aniqlash, tasodifiy yo'naltirilgan nurlanish miqdorini aniqlash uchun hisoblar keltirilgan, shuningek ish natijalari statsionar o'rnatilgan FM ishi natijalari bilan taqqoslangan.

***Kalit so'zlar**: quyosh fotomoduli, kuzatuv tizimi, datchik, nurlanish, grafika, bir o`qli tizim, ikki o`qli.*

Kirish**.** Qazilma boyliklarning chegaralanganligi sharoitida har bir davlat oldida energetik inqiroz kelib chiqishini oldini olish, energiya ta’minlash muammolarini yumshatish maqsadida alternativ energiya manbalarini o’zlashtirish, ular asosidagi qurilmalarni ishlab chiqish va ularni umumiy samaradorligini oshirish bo’yicha bir qator ishlar amalga oshirilib kelinmoqda.

Fotoelektrik modul nurlanish intensivligiga ta’sir etuvchi kattalik bo’lib, fotoelektrik modul yuzasiga quyosh nurlarini tushish burchagi hisoblanadi. Kuzatish tizimlarini qo’llanilishi quyosh holatiga bog’liq holda ushbu burchakni o’zgartirish imkonini beradi, natijada fotoelektrik modul yuzasiga kelayotgan quvvatni oshishiga olib keladi. Qiya nur yutuvchi yuzaga keluvchi quyosh nurlanish oqimi intensivligini hisoblash uchun quyosh nurlarini tushish burchaklarini bilish zarur [1].



1-rasm. Quyoshni yerga nisbatan harakati [2].

Quyosh radiatsiyasining oqimi atmosferadan o'tayotganda ozon, karbonat angidrid va suv bug'lari tomonidan yutilishi, shuningdek qattiq zarralar ta’sirida tarqalishi tufayli intensivligini yo'qotadi. Quyosh nurlari oqimining kattalashishi natijasida yoyilish va yutilish kuchayadi, natijada approksimatsiya uchun taxminiy tuzatish koeffitsienti kiritiladi [4]:

$$K_{AT} = 1{,}1254 - \frac{0{,}1366}{sin\alpha} \qquad (1)$$

Quyoshni kuzatishning turli usullari uchun asosiy quyosh burchaklarini va ularning nisbatlarini aniqlab olamiz.

- ω - soatlik burchak, gradusda o'lchangan. Soat burchagi har soatda 15 gradusdan oshadi va quyosh kunni yarmida nolga teng bo’ladi.

$$\omega = 15(t_s - 12) \qquad (2)$$

bu erda t_S - quyosh vaqti, soatda.

- δ - osmon ekvatori tekisligidan yulduzgacha bo'lgan samoviy sohadagi burchak masofasiga teng bo'lgan og’ish, yoy gradusi bilan ifodalanadi. Og’ish samoviy ekvatordan shimolga nisbatan ijobiy va janubga nisbatan salbiydir

$$\sin\delta = 0.39795\cos(0.98563(N - 173)) \qquad (3)$$

bu erda N - kunning soni.

- a - quyosh balandligi, quyoshdan tushayotgan nurlar va gorizontal tekislik orasidagi burchak sifatida aniqlanadi

$$\alpha=\sin^{-1}(\sin\delta\sin\phi+\cos\delta\cos\omega\cos\phi);$$

- α - quyosh azimuti. Bu shimol tomonidan gorizontal tekislikda soat yo'nalishi bo'yicha o'lchangan burchak sifatida aniqlanadi. Graduslar bilan o'lchangan.

$$A`=\sin^{-1}\left(\frac{-\cos\delta\sin\omega}{\cos\alpha}\right);$$

agar… $\cos\omega\geq\left(\frac{\tan\delta}{\tan\phi}\right)$; u holda $A=180^0-A`$

agar… $\cos\omega<\left(\frac{\tan\delta}{\tan\phi}\right)$; u holda $A=360^0+A`$

Tasodifiy yo'naltirilgan nurlanish miqdorini aniqlash uchun, quyosh nurlanishi yo’nalishi va maydon orasidagi burchakni ifodalovchi θi kuzatish burchagi tushunchasini kiritamiz.

Tushayotgan quyosh nurlari va normal orasidagi burchak kosinusi bu ikki birlik vektorlarining nuqta hosilasi:

$$\cos\theta_i= S*N \qquad (4)$$

O’rnatilgan panel uchun tushish burchagi kosinusi uchun ifoda:

$$\cos\theta_i=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta\cos(\gamma-A); \qquad (5)$$

Gorizontal holat uchun og’ish burchagi β nolga teng bo’ladi.

$$\cos\theta_i=\sin\alpha \qquad (6)$$

Ba'zi bir FM turlari faqat bitta o'q atrofida aylanishni kuzatish bilan ishlashga mo'ljallangan. Tushayotgan nurlar (S) va normal (N) bir tekislikda yotadi. Umumiy holatda yagona gorizontal o'qi bo'ylab kuzatish:

$$\cos\theta_i=\sqrt{1-\cos^2\alpha*\cos^2(A-\gamma)} \qquad (7)$$

Ushbu tenglamaning maxsus holati ko'pincha o'qni kuzatishda amalda uchraydi sharq-g'arbiy yo'nalishga yo'naltirilgan bo'lib, aynan shu holat hisob-kitoblarga qiziqish uyg'otadi.

$$\cos\theta_i=\sqrt{1-\cos^2\alpha*\cos^2A} \qquad (8)$$

Ikkita kuzatuvchi o'q bilan FM har doim quyoshga nisbatan normal holatda bo'ladi. Shuning uchun kosinus effekti paydo bo'lmaydi:

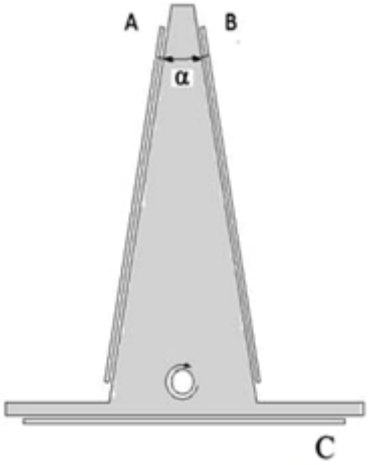
$$\cos\theta_i=1 \qquad (9)$$

Keluvchi quvvatni quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin [3]:

$$I_h = Am \cdot I \cdot \cos\theta_I, \qquad (10)$$

bu erda quyosh doimiysi I_0 - 1367 Vt / m^2 ga teng.

Fotoelektrik datchik.Xozirgi kunda quyosh holatini kuzatish uchun turli xil datchiklar mavjud: fotodiodlarda, fotorezistorlarda, fotoelektrik o’zgartkichlarda termosezuvchi elementlar asosidagi datchiklar. Kuzatish tizimi uchun qo’nlaniluvchi datchiklar tahlili asosida qoldiq nurlanish ta’sirini bartaraf etuvchi tizimni tongda ishga tushurish muammosi yechimini beruvchi fotoelektrik datchiklar ishlab chiqildi. Natijalar datchikni optimallashtirish va uni sezgirligini oshirish imkonini beradi. Fotosezgir elementlar sifatida kremniyli fotoelektrik o’zgartirgich (FEO’) tanlangan. Datchik 3ta sezgir elementdan iborat, 2ta yuza element A va B quyosh holatini aniqlash uchun, 3-orqa element (C)-yoyilgan nurlanish ta’sirini bartaraf etish va tizimni ishga tushurish uchun xizmat qiladi.



2-rasm. Fotoelektrik datchiklar.

Elementlar A va B haroratlar farqi ta’sirini kompensatsiyalash uchun to’siqni ikki tomoniga o’rnatilgan. Shuningdek to’siq to’k o’tkazuvchi element sifatida ham xizmat qiladi. Element C yoyilgan nurlanishni o’lchab, uni ta’sirini boshqa ikkita datchiklarga ta’sirini bartaraf etish uchun xizmat qiladi. U quyoshga teskari o’rnatilgan bo’lib, faqatgina qoldiq nurlanishni o’lchaydi.

FED- asosidagi kuzatuv tizimi

Maqolada mualliflar tomonidan FED asosida quyoshni kuzatish tizimini tadqiqod natijalari keltirilgan. ishlab chiqilgan. Uchuvchi namunasi yaratildi

yiliga 50 Vt quvvatga ega quvvat tizimi va uning keng ko'lamli sinovlari o'tkazildi

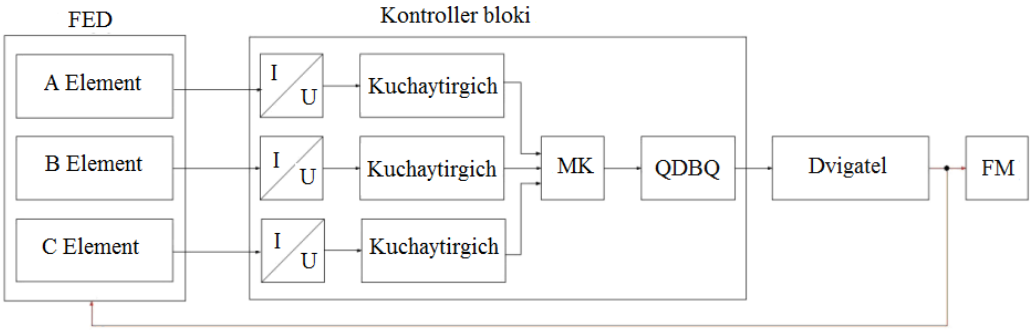
Quyoshni kuzatish tizimi quyidagilarni o'z ichiga olishi kerak:

• yorug'lik oqimini tokga o`zgartiruvchi birlamchi o`zgartirgich (FED);

• datchikdan kelayotgan signallarni qayta ishlash va dvigatel uchun boshqarish signallarini ishlab chiqarish qurilmalari (kontrollerlar bloki);

• FM aylanishini ta'minlovchi dvigatel.

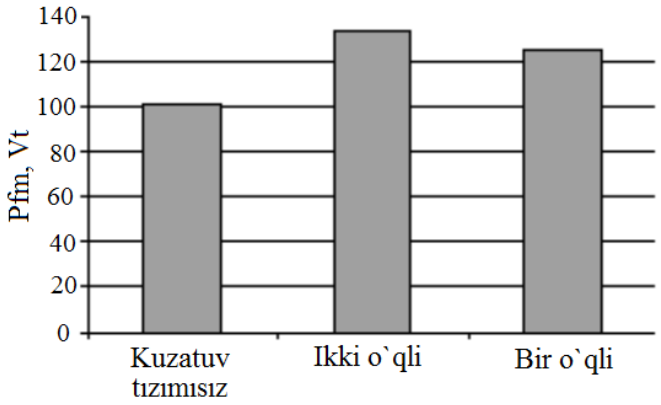
Quyoshni kuzatish tizimining sxemasi (4-rasm) FED, tok-kuchlanish o`zgartirgichi (I/U), operatsion kuchaytirgich (OK), mikrokontroller (MK), qadamli dvigatelni boshqarish qurilmasi(QDBQ) va qadamli dvigateldan (QD) tashkil topgan bo`ladi [5].



3-rasm. Kuzatish tizimining strukturaviy sxemasi

Xulosa.Ish natijalari statsionar o'rnatilgan FM ishi natijalari bilan taqqoslanadi. Taqqolash grafigi 4 -rasmda ko'rsatilgan.

Burchak ostida o'rnatilgan statsionarga nisbatan bir o`qli tizimdan foydalanish quvvat yig'ishni 23% ga, ikki o`qli esa 32% ga oshirganini ko`rish mumkin.



4-rasm. Kun davomida kuzatuv tizimisiz, bir o`qli va ikki o`qli tizim tomonidan to'plangan jami quvvat

Fodalanilgan adabiyotlar

1. Юрченко А.В., Саврасов Ф.В., Юрченко В.И. Реальная стоимость энергии - от ресурсов до потребителя // Известия Томского политехнического университета, 2009 - Т. 314. - № 3. - С. 43-46.

2. W W. Stine, M. Geyer. Power From The Sun // PowerFromTheSun.net. – URL: http://www.powerfromthesun.net/index.html (date of access 25.04.2012).

3. Кидрук М.И. Расчет потока солнечной радиации // Progress XXI – Режим доступа: http://progress21.com.ua/ru/articles/solarradiation (дата обращения 23.04.2012).

4. Охорзина А.В., Китаева М.В., Волгин А.В., Юрченко А.В. Фотоэлектрический датчик для систем слежения за солнцем // Информационно-измерительная техника и технологии: Сборник материалов I Научно-практической конференции посвященной 50-летию кафедры «Информационно-измерительная техника» Национального исследовательского Томского политехнического университета/ под ред. А.В. Юрченко; 2010. -С. 37-38

5. Охорзина А. В, Китаева М. В., Суматохина К. В. Оптимизация фотоэлектрического датчика для системы ориентации солнечных энергетических систем // Современные техника и технологии: - Томск: Издательство ТПУ, 2011. - Т. 1 - С. 235-236

IOT, PAST QUVVATLI TARMOQLAR VA WI-FI HALOW TEXNOLOGIYASI ASOSIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKA INFRATUZILMASINI RAQAMLI BOSHQARISH VA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

**Maxmudov Isroil Abdullayevich, Toshpulatov Sherali Muxamadaliyevich,*

**isroilmaxmudov903@gmail.com, toshpulatovsherali12@gmail.com*

FDTU Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrasi assistenti

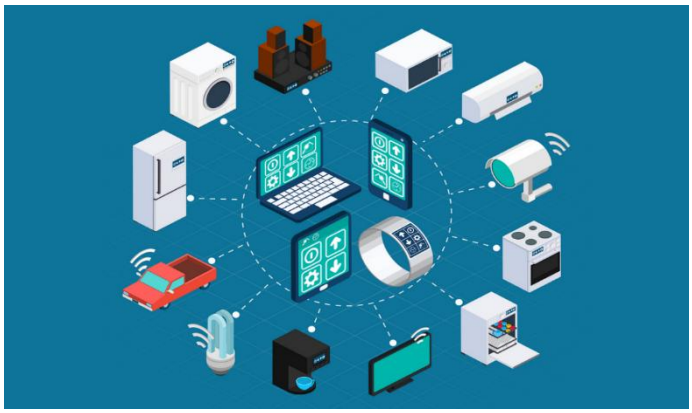
***Annotatsiya**: Ushbu maqolada qayta tiklanuvchi energetika infratuzilmasini raqamli texnologiyalar orqali samarali boshqarish muammosi ko‘rib chiqiladi. Zamonaviy IoT tarmoqlari uchun mo‘ljallangan Wi-Fi HaLow texnologiyasi va uning imkoniyatlari tahlil qilinadi. Wi-Fi HaLow ning uzoq masofaga uzatish, past quvvat iste’moli va yuqori tugun (uzel) zichligini qo‘llab-quvvatlash kabi afzalliklari qayta tiklanuvchi energiya manbalaridagi masofaviy monitoring, diagnostika va boshqaruv tizimlarini yaratishdagi samaradorligi ko‘rib chiqildi. Tadqiqot natijalari energetika ob’ektlarini raqamli boshqarishda erishiladigan iqtisodiy va ekspluatatsion foydalarni asoslaydi.*

***Kalit so`zlar**: Qayta tiklanuvchi energetika, Wi-Fi HaLow, IoT, raqamli boshqaruv, past quvvatli tarmoqlar, masofaviy monitoring, energiya samaradorligi.*

Kirish. Bugungi kunda O‘zbekistonda va dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalari infratuzilmasini kengaytirish va uni zamonaviy raqamli texnologiyalar orqali samarali boshqarish asosiy strategik vazifa hisoblanadi. Quyosh va shamol elektr stansiyalari kabi katta ob’ektlarda energiya samaradorligini oshirish uchun har bir element masofaviy nazorat qilinishi va avtomatlashtirilishi lozim. Ushbu vazifalarni bajarish uchun Internet jixozlari – IoT (Internet of Things) tizimi katta imkoniyatlar yaratadi. Qurilmalar orqali ishlash samaradorligi, atrof-muhit ko‘rsatkichlari va quvvat oqimini aniq va tezkor nazorat qilish imkonini beradi.

Metodologiya va adabiyotlar taxlili**.** Ob’ektlarning uzoq masofada joylashishi va doimiy quvvat manbaidagi cheklovlar an’anaviy simsiz tarmoqlarga past quvvat iste’moli, uzoq masofaga uzatish va ko‘p sonli tugunlarni birlashtirish kabi yangi talablar qo‘yadi. Aynan shu cheklovlarni hal qilish uchun IEEE 802.11ah – ya’ni Wi-Fi HaLow texnologiyasi ko‘rib chiqilmoqda. U uzoq masofaga mo‘ljallangan, energiya

jihatidan o‘ta samarali bo‘lib, qayta tiklanuvchi energiya dalalarida minglab kam quvvatli qurilmalar bilan ishlashga moslashtirilgan. Wi-Fi HaLow texnologiyasi quyosh elektr stansiyalaridagi katta miqdordagi qurilmalarni ishonchli tarmoqqa ulaydi va Restricted Access Window mexanizmi orqali energiyani sezilarli darajada tejaydi. Akkumulatorda ishlaydigan nazorat qurilmalari uchun juda muhimdir. U signallarni uzoq masofaga uzata oladi, yuqori xavfsizlik protokollari bilan ma’lumotlarning ishonchli uzatilishini kafolatlaydi. Wi-Fi HaLow texnologiyasini qayta tiklanuvchi energiya infratuzilmasida qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganish energiya xavfsizligini ta’minlash va raqamlashtirilgan energetika tizimini yaratishda amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.



1.1.rasm: IoT kelajak tendentsiyalari

Tadqiqot natijalari va muhokama. An’anaviy Wi-Fi'ning cheklangan masofasi va yuqori quvvat sarfi qayta tiklanuvchi energiya ob’ektlaridagi jixozlar interneti (IoT) uchun muammo tug‘diradi. Wi-Fi HaLow 1 GGts dan pastroq chastotalarda ishlab, aloqani an’anaviy Wi-Fi'dan 10 baravar chuqurroq, maydonni 100 baravar keng. Birgina kirish nuqtasida 8000 dan ortiq ulanishni va quvvat tejovchi rejimlarni qo‘llab-quvvatlaydi. Tiklanuvchi energetika infratuzilmasidagi minglab sensorlarni uzoq yillar batareyada ishlatish uchun eng muvofiq yechim. Wi-Fi HaLow yuqori darajada energiya tejamkorligiga erishgan holda, yetarlicha yuqori ma’lumot uzatish tezligini ham ta’minlay oladi. 16 MGs kenglikdagi bitta kanal va to‘rtta fazoviy oqimdan foydalanilganda, 347 Mbit/s gacha bo‘lgan ma’lumotlar tezligiga erishiladi. Texnologiya turli modulyatsiya va kodlash sxemalari (MCS) yordamida ma’lumotlar tezligini optimallashtiradi. MCS indeksi moddiy uzatish tezligini belgilovchi turli

modulyatsiya sxemalari va kodlash chastotalarini ifodalaydi. Quyosh elektr stansiyalaridan yig‘iladigan ma’lumotlar hajmiga qarab, tarmoqni moslashuvchanlik bilan sozlash imkonini beradi. Masalan, 2 MGs chastotali kanal ma’lumotlarni uzatishda o‘zining aniq xususiyatlariga ega bo‘lib, bu barqaror va tezkor aloqani ta’minlashda muhimdir.

Modulyatsiya va kodlash								
Ma'lumotlar (inMbit/s)								
MCS indeksi	Fazoviy oqimlar	Modulyatsiya turi	Kodlash tezligi	1 MGts	kanallar	2 MGts	kanallar	4 MGts
				8 ms GI	4 ms GI	8 ms GI	4 ms GI	8 ms GI
0	1	BPSK	1/2	0.3	0,33	0,65	0,72	1.35
1	1	QPSK	1/2	0,6	0,67	1.3	1.44	2.7
2	1	QPSK	3/4	0,9	1.0	1.95	2.17	4.05
3	1	16-QAM	1/2	1.2	1.33	2.6	2.89	5.4
4	1	16-QAM	3/4	1.8	2.0	3.9	4.33	8.1
5	1	64-QAM	2/3	2.4	2.67	5.2	5.78	10.8
6	1	64-QAM	3/4	2.7	3.0	5.85	6.5	12.2
7	1	64-QAM	5/6	3.0	3.34	6.5	7.22	13.5
8	1	256-QAM	3/4	3.6	4.0	7.8	8.67	16.2
9	1	256-QAM	5/6	4.0	4.44	yo‘q	yo‘q	18.0
10	1	BPSK	1/2 x 2	0,15	0,17	yo‘q	yo‘q	yo‘q

Ushbu subtashuvchilarning har biri BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM yoki 256-QAM foydalanishi mumkin. Umumiy tarmoq kengligi 2 MGts, band kengligi 1,78 MGts. Belgining umumiy uzunligi 36 yoki 40 mikrosekund. 4 yoki 8 mikrosekundlik himoya oralig'I ta’minlangan. Relay kirish nuqtasi (AP) tarmoq stantsiyasidan (STA) yoki mijozdan tashkil topgan mantiqiy ob'ekt. Rele mexanizmi AP va stantsiyalarga tarmoq orqali kadrlarni yuborish va qabul qilish imkonini beradi.

Rele stansiyalari qayta tiklanuvchi energetika ob’ektlarida Wi-Fi HaLow qamrovini kengaytirib, ishonchlilikni oshiradi. Maqsadli uyg‘onish vaqti (TWT) va chegaralangan kirish oynasi (RAW) orqali stansiyalar batareya quvvatini tejash uchun uyqu holatiga o‘tadi va tirbandlik kamayadi. Bu mexanizmlar HaLow tizimining uzoq muddatli va samarali ishlashini ta’minlaydi. An’anaviy Wi-Fi yuqori chastotalarda ishlab, batareyalarni tez tugatadi va qamrovi cheklangan. Wi-Fi HaLow esa 1 GGts dan pastroq chastotalardagi tor kanallardan foydalanib, aloqani an’anaviy Wi-Fi'dan 10 baravar chuqurroq, maydonni 100 baravar va hajmni 1000 baravar oshiradi. U

birgina kirish nuqtasidan 8000 dan ortiq ulanishlarni qo‘llab-quvvatlaydi va yangi quvvat tejovchi uyqu rejimlariga ega. Bu uning qayta tiklanuvchi energetika infratuzilmasidagi minglab sensorlarni uzoq yillar davomida batareyada ishlatish uchun eng muvofiq yechim ekanligini anglatadi.

Wi-Fi HaLow eng so‘nggi WPA3 xavfsizlik protokoli va shifrlangan xabarlarni qo‘llab-quvvatlaydi. Yuqori ma’lumot uzatish tezligi mikrodasturlarni xavfsiz yangilash imkonini beradi va mahalliy IP qo‘llab-quvvatlashi tufayli qo‘shimcha shlyuzlar talab qilinmaydi. Bu texnologiya bitta HaLow kirish nuqtasi ko‘p sonli an’anaviy kirish nuqtalarining o‘rnini bosishi mumkin. Katta maydonlardagi quyosh elektr stansiyalari kabi ob’ektlarni boshqarishda orqali murakkab tarmoq arxitekturasini olib tashlash, o‘rnatishni soddalashtirish va umumiy xarajatlarni pasaytirish imkonini beradi. U o‘zining moslashuvchanligi bilan sanoat avtomatlashtirish, jarayonni boshqarish sensorlari va aktivlarni boshqarish kabi ko‘plab sohalarda qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

Xulosa. Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah) texnologiyasining kelajagi innovatsiyalar, ish samaradorligini yaxshilash va mustahkam xavfsizlik choralariga qaratilgan bo‘lib, u qayta tiklanuvchi energetika ob’ektlari kabi o‘zaro bog‘langan muhitlar uchun ko‘p qirrali va ishonchli ulanish yechimini yaratadi. Narsalar interneti muhitida Wi-Fi HaLow ni joriy qilish optimal ishlash, quvvatni samarali boshqarish va qurilmalarning uzluksiz integratsiyasini ta’minlash uchun strategik yondashuvni talab qiladi. Qayta tiklanuvchi energiya ob’ektlaringizning qamrov maydoni, ma’lumotlarni uzatish hajmi va kechikish talablari kabi o‘ziga xos ehtiyojlarini baholash zarur. Wi-Fi HaLow’ning keng qamrovli diapazoni va an’anaviy Wi-Fi’ga nisbatan kam quvvat iste’moli hisobga olinsa, u kamroq kirish nuqtalari bilan katta maydonlarni samarali qamrab oladi. Quyosh elektr stansiyalaridagi minglab sensorlarni past quvvatda, uzoq masofada va ishonchli tarzda bog‘lash ehtiyojini qondiradi. Sanoat va energetika ob’ektlaridagi avtomatlashtirish va nazorat tizimlarini yaratish uchun eng mos texnologiya hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ning Wang, Naiqian Zhang, Maohua Wang. (2006). Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture, 50(1), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.09.003
2. Aliyev, I., Abdurakhmonov, S., Kholmatov, E., Juraev, N., & Djalilov, M. (2025, May). On the modern possibilities of transmitting a discrete signal between systems using the tunneling effect. In *Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024)* (Vol. 13651, pp. 241-249). SPIE.
3. Toshpulatov, S. M., Dadabaev, M. M., & Alimdjanov, D. B. (2021). Analysis of the gsm communication channel in security systems. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, *11*(3), 681-685.
4. Islomov, M., Onarkulov, K., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2024). Innovative methods in blast cell diagnostics: near infrared light and ptir–microscopy. *Engineering problems and innovations*, *2*(4), 64-71.
5. Islomov, M., Onarkulov, K., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2024). Innovative methods in blast cell diagnostics: near infrared light and ptir–microscopy. *Engineering problems and innovations*, *2*(4), 64-71.

SIMULINK DASTURI ASOSIDA TARMOQQA ULANGAN QUYOSH PV TIZIMIDA YUKLAMA TAQSIMOTINING TAHLILI

Xoliddinov Ilxombek Xosiljonovich[1], O‘lmasov Jasurbek Fatxullo o‘g‘li[2]
i.xoliddinov@ferpi.uz, olmasovj97@gmail.com,
Farg‘ona davlat texnika universiteti[1,2]

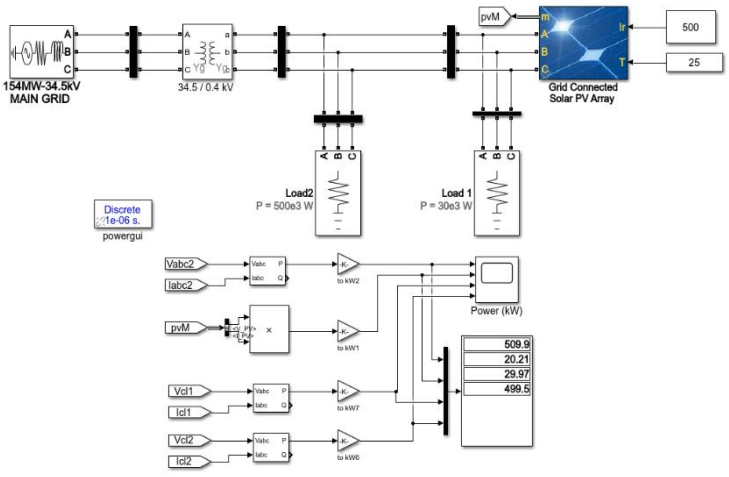
So‘nggi yillarda O‘zbekiston energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish masalasi strategik ustuvor yo‘nalishga aylandi. Xususan, 2023–2030 yillarga mo‘ljallangan “Yashil energetika konsepsiyasi”da quyosh va shamol energiyasi ulushini umumiy ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining kamida 25 foizigacha yetkazish vazifasi qo‘yilgan. Shu jarayonda quyosh fotoelektr tizimlarini (PV) mavjud elektr tarmoqlariga integratsiya qilish texnik, iqtisodiy va

boshqaruv nuqtai nazaridan chuqur tahlilni talab etadi. PV tizimlari asosan o‘zgaruvchan quvvat manbai sifatida ishlaydi, bu esa elektr tarmoqlaridagi yuklama muvozanatini va quvvat sifati ko‘rsatkichlarini (kuchlanish nosimmetriyasi, garmonik buzilishlar, reaktiv quvvat oqimi) o‘zgartirishi mumkin.

Simulink dasturiy muhiti yordamida 34.5/0.4 kV darajadagi tarmoqqa ulangan quyosh PV tizimi ish rejimini modellashtirish, yuklamalar o‘rtasidagi quvvat taqsimotini aniqlash va boshqaruv algoritmlarining samaradorligini baholashdan iboratdir. Tadqiqot obyekti sifatida Farg‘ona vodiysidagi o‘rta kuchlanishli elektr tarmog‘i va unga ulangan sanoat yuklamalari tanlandi.

PV tizimining quvvat oqimi va tarmoq yuklamasiga ta’siri raqamli muhitda (MATLAB/Simulink) dinamik modellashtirish orqali tahlil qilingan bo‘lib, MPPT (Maximum Power Point Tracking - Quyosh batareyasining maksimal quvvat nuqtasini aniqlovchi boshqaruv algoritmi) algoritmlarining (P&O va IC) tezkorlik va barqarorlik jihatlari bilan solishtirilgan. Normativ asos sifatida GOST 13109:2014 va IEEE 519:2014 standartlariga tayanilgan.

Tadqiqot MATLAB/Simulink dasturiy muhitida amalga oshirildi. Model 34.5 kV elektr tarmog‘idan 34.5/0.4 kV transformator orqali quvvat olayotgan ikki xil yuklama (Load 1 – 30 kW va Load 2 – 500 kW) hamda 20 kW quvvatli quyosh PV tizimidan tashkil topgan. PV tizimi invertor orqali tarmoqqa ulanadi, boshqaruv qismi esa MPPT algoritmlariga asoslanadi.



Rasm 1. Tarmoqqa ulangan quyosh PV tizimining umumiy Simulink modeli.

Modelda quyidagi asosiy bloklar mavjud:

PV Array – nurlanish va haroratga bog‘liq bo‘lgan kuchlanish–tok xarakteristikasini hosil qiladi;

DC/DC Converter (Boost) – MPPT algoritmi orqali chiqish quvvatini maksimal qiymatda ushlab turadi;

Inverter (DC/AC Converter) – tarmoq bilan sinxronlashgan sinusoidal kuchlanish hosil qiladi;

Powergui – elektr jarayonlarni o‘lchash va vaqt bo‘yicha tahlil qilish uchun;

Scope – quvvat, kuchlanish va tok diagrammalarini yozib olish uchun.

Model quyidagi dastlabki parametrlar asosida qurildi:

PV modul quvvati – 20 kW;

Nurlanish zichligi – 500→1000 W/m²;

Tarmoq kuchlanishi – 0.4 kV (rms);

Yuklama qarshiliklari – R1 = 5,33 Ω (30 kW), R2 = 0,32 Ω (500 kW).

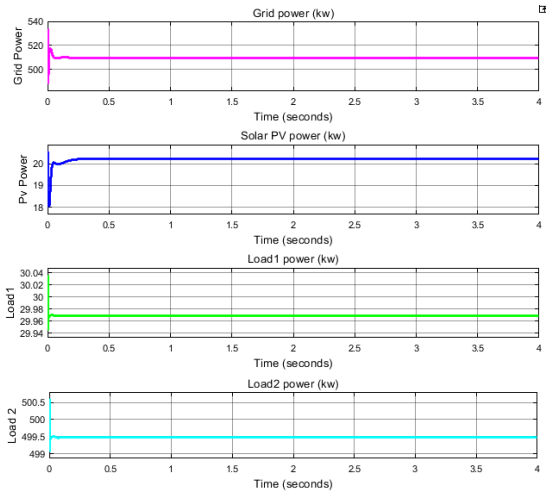
Simulyatsiya jarayonida quyosh radiatsiyasi vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi bo‘lib berilgan. Shu orqali PV chiqish quvvatining o‘zgarishi, tarmoqdan olinayotgan umumiy quvvat va yuklamalarga ta’siri kuzatildi. MPPTning Perturb & Observe (P&O) va Incremental Conductance (IC) algoritmlari taqqoslanib, ularning quvvat tebranishi va barqarorlashish vaqti aniqlangan.

Jadval 1.

MPPT algoritmlarining solishtirma natijalari.

Algoritm turi	Barqarorlashish vaqti (s)	Quvvat tebranishi (%)	Hosil bo‘lgan maksimal quvvat (kW)
P&O	0.25	1.8	19.6
IC	0.15	1.1	20.1

Simulyatsiya natijalari shuni ko‘rsatadiki, quyosh PV tizimi 0.3 s oralig‘ida “cold start” holatidan barqaror ish rejimiga o‘tadi. Nurlanish 500 W/m² dan 1000 W/m² gacha oshirilganda, PV chiqish quvvati 18–20.5 kW diapazonda o‘zgargan. Tarmoqdan olinayotgan umumiy quvvat 509–510 kW atrofida bo‘lib, PV ulanishi natijasida tarmoq yuklanishi 15–20 kVA gacha kamaygan. Bu tarmoqdagi issiqlik yo‘qotishlarini 3.4 % ga, transformatorning aktiv yo‘qotishlarini esa 2.1 % ga kamaytirgan.



Rasm 2. PV tizimi chiqish quvvati va tarmoqdan olinayotgan quvvat grafigi (t = 0–1 s oralig‘ida).

MPPT algoritmlari tahliliga ko‘ra, IC algoritmi P&O ga nisbatan 1,5 baravar tezroq barqarorlashgan va quvvat tebranishi 40 % ga kam bo‘lgan. Bu inverter chiqishidagi garmoniklarning kamayishiga olib kelgan. THD (Total Harmonic Distortion) qiymati PV ulanmasdan 4.8 % ni tashkil etgan bo‘lsa, PV ulanib, inverter filtr tizimi ishga tushirilganda 3.2 % gacha kamaygan. Bu natija GOST 13109:2014 standartining (THD ≤ 5 %) talablariga to‘liq javob beradi.

Reaktiv quvvat kompensatsiyasi “Q-control” funksiyasi orqali sinovdan o‘tkazildi. Natijada mahalliy quvvat omili (Power Factor, PF) 0.92 dan 0.98 gacha oshgan. Tokning kamayishi (I^2R yo‘qotishlar) va kuchlanishning tekislanishi aniqlangan.Bundan tashqari, yuklamalarning ±10 % tebranishi paytida tizimning o‘zini tutishi o‘rganilgan. 30 kW yuklamada ortish kuzatilganda PV tizimi quvvatini avtomatik ravishda 1.1 kW ga oshirib, tarmoqdan olinadigan quvvatni 0.9 % ga

kamaytirgan. Bu “grid-following with PV-priority” rejimining samaradorligini ko‘rsatadi.Farg‘ona vodiysi sanoat korxonalarida o‘tkazilgan eksperimental o‘lchovlar (masalan, “Lochin” va “Zarbador” tarmoqlari) bilan solishtirilganda, model natijalari 5 % aniqlik bilan mos kelgan. Bu Simulink modeli real tizimni yetarlicha to‘liq aks ettirayotganini bildiradi.

Tarmoq va PV tizimi o‘rtasidagi asosiy ko‘rsatkichlar taqqoslanishi.

Jadval 2.

Ko‘rsatkich	**PV ulanmasdan**	**PV ulanib**	**O‘zgarish (%)**
Umumiy aktiv quvvat, kW	530	510	−3.8
Reaktiv quvvat, kvar	120	90	−25
THD, %	4.8	3.2	−33
Quvvat omili (PF)	0.92	0.98	+6.5

Tadqiqot natijalariga ko‘ra quyosh PV tizimining tarmoqqa ulanishi elektr ta’minoti ishonchliligi va energiya samaradorligini oshiradi**.** Simulink asosidagi modellashtirish yondashuvi real tizimdagi jarayonlarni aniq ifodalaydi va energiya oqimlarini tahlil qilish imkonini beradi. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, kichik quvvatli PV tizimlar ham yirik iste’molchilar yonida tarmoqni yengillashtiradi, kuchlanish sifati va ishonchlilikni oshiradi.

Quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

1. PV tizimi 0.3 s dan so‘ng barqaror ish rejimiga o‘tadi, quvvat tebranishi 1.2 % dan oshmaydi;
2. Tarmoqdan olinadigan quvvat 3–4 % ga kamayadi, bu esa transformator yuklanishini yengillashtiradi;
3. THD qiymati 4.8 % dan 3.2 % gacha kamayadi va GOST 13109 talablari bajariladi;
4. Reaktiv quvvat kompensatsiyasi natijasida PF 0.92 → 0.98 gacha oshadi;
5. IC algoritmi P&O ga nisbatan tezroq va barqarorroq natija beradi.

6. Sanoat korxonalarida PV ulanish ulushini bosqichma-bosqich 5–10 % gacha oshirish;
7. Invertorlarni tarmoq kodlariga moslashtirish (volt–VAR, volt–Watt funksiyalari);
8. SCADA/EMS tizimlariga integratsiya qilish va real vaqtli energiya monitoringini yo‘lga qo‘yish;
9. Normativ nazoratni (GOST 13109, IEEE 519, ISO 50001) muntazam amalga oshirish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mutalibjon B. M., Anarkhan K., Ilkhombek K. “Modeling a photovoltaic system with a bidirectional DC-DC converter in MATLAB Simulink based on Fuzzy logic.” *IEEE ICETECC Conference*, 2025.
2. Xoliddinov I.X., Begmatova M.M. “Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining integratsiyasini oshirish.” *Educational Research in Universal Sciences*, 2024, №13, 93–103.
3. GOST 13109–2014. “Elektr energiyasining sifati. Umumiy talablar.” Moskva: Standartinform, 2015.
4. IEEE Std 519–2014. “Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.” IEEE Power and Energy Society, 2014.
5. ISO 50001:2018. “Energy Management Systems — Requirements with Guidance for Use.” ISO, Geneva.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ SMART-СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ В ОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ В МИРЕ И УЗБЕКИСТАНЕ

Ощепкова Эльвира Ахтемовна

Ферганский государственный технический университет, oshchepkova.elvira@gmail.com

Аннотация. *В работе проведён сравнительный анализ действующих фотоэлектрических станций (ФЭС) с одно- и двухосевыми системами слежения, реализованных в разных климатических и экономических условиях: Германии, США, Индии, Испании и Узбекистане. Сопоставлены их технические характеристики, особенности конструкций трекеров и показатели*

эффективности, что позволяет определить потенциал внедрения аналогичных решений в странах Центральной Азии.

Ключевые слова: *система мониторинга, трекер, фотоэлектрическая станция, эффективность, SMART-система.*

Современные ФЭС всё чаще оснащаются интеллектуальными системами слежения (SMART-трекерами), обеспечивающими повышение выработки электроэнергии за счёт оптимальной ориентации модулей к солнечному диску. Прирост генерации по сравнению с фиксированными установками достигает 20–35 %, особенно в регионах с высокой инсоляцией. Так, в Индии компания Tata Power реализовала проект мощностью 300 МВт в Дхолере (штат Гуджарат) — крупнейшую одноосевую ФЭС страны. На площади 534 га установлено более 870 тыс. PV-модулей с ожидаемой годовой выработкой ≈ 774 млн кВт•ч и сокращением выбросов CO_2 на ≈ 704 тыс. тонн в год [1].

Рис.1. Солнечная электростанция мощностью 300 МВт в Дхолере, штат Гуджарат, с крупнейшей в стране одноосной системой слежения за солнцем

В Германии солнечная станция Erlasee (11,4 МВт) применяет 1 464 двухосных трекера, каждый с 12 панелями, обеспечивая прирост выработки на

30 % относительно фиксированных систем, с годовой генерацией около 14 ГВт•ч [2].

Рис.2. Солнечный парк Эрлазее - фотоэлектрическая станция мощностью 11,4 мегаватт (МВт), расположенная в Баварии, на юге Германии

Проект California Valley Solar Ranch (США, 250 МВт) использует одноосевые трекеры SunPower T-0 и систему беспроводного управления TMAC. Средний прирост генерации достигает 25–30 %, а совокупная выработка — 650–675 млн кВт•ч, что эквивалентно обеспечению ≈ 100 тыс. домохозяйств [3].

Рис. 3. Солнечное ранчо (California Valley Solar Ranch) - 250 МВт станция в долине Калифорнии

Испанская Sevilla PV Plant (1,2 МВт) демонстрирует применение концентраторных PV-модулей с двухосевыми трекерами (154 установки, 36

модулей каждая). Годовая выработка — ≈ 2,1 ГВт•ч, однако система требует точной юстировки и регулярного обслуживания, что ограничивает её масштабируемость [4].

Рис. 4. Севильская фотоэлектрическая станция мощностью 1,2 МВт

В Узбекистане реализован крупнейший в регионе проект Самарканд–Джизак (511 МВт) с использованием трекеров TrinaTracker Vanguard 1P и интеллектуальной платформы Smart Cloud. Станция включает 11 248 SMART-трекеров, адаптированных к пустынным условиям, с алгоритмом SuperTrack и системой SCADA-мониторинга. Ожидаемая выработка — около 1,12 млрд кВт•ч в год при сокращении выбросов более чем на 1 млн тонн CO_2 [5].

Рис.5. Солнечные электростанции мощностью 511 МВт с использованием технологий TrinaTracker в Самарканде и Джизаке, Узбекистан

Таблица 1

Сравнительный анализ технических характеристик ФЭС с трекерами

Фотоэлектрическая станция, страна	Мощность, МВт	Тип трекера	Кол-во трекеров / модулей	Годовая выработка, млн кВт•ч	Прирост выработки, %
Dholera Solar Park, Индия	300	Одноосевой	873012 модулей	≈ 774	+25–28
Erlasee Solar Park, Германия	11,4	Двухосевой	1 464 трекера × 12 модулей	≈ 14	+30
California Valley Solar Ranch, США	250	Одноосевой (SunPower T-0)	~315000модулей	650–675	+25–30
Sevilla PV Plant, Испания	1,2	Двухосевой (концентраторный)	154 трекера × 36 модулей	≈ 2,1	+30–32
Самарканд–Джизак (Trina Tracker), Узбекистан	511	Одноосевой SMART (Vanguard 1P)	11248трекеров	≈ 1 120	+27–32

Проведённый анализ показывает, что применение трекерных систем позволяет значительно повысить коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), оптимизировать площадь застройки и сократить удельную стоимость электроэнергии (LCOE). Внедрение подобных технологий в странах Центральной Азии, включая Узбекистан, имеет высокий потенциал с учётом уровня солнечной радиации (до 2 000 кВт•ч/м²·год) и климатической устойчивости современных трекеров.

Примеры международных ФЭС показывают, что интеграция трекерных систем обеспечивает повышение производительности на 25–35 %, а также экономию эксплуатационных затрат. Для Узбекистана внедрение подобных решений является стратегическим направлением, способствующим устойчивому развитию возобновляемой энергетики, снижению зависимости от ископаемого топлива и реализации целей национальной энергетической стратегии.

Список литературы

1. Tata Power commissions 300 MW solar plant in Dholera [Электронный ресурс]Tata World.–2022. – URL: https://www.tataworld.com/news/openinside/Tata-Power-Renewables-Commissions-300MW-Solar-plant-in-Dholera-Gujarat

2. Erlasee Solar Park [Электронный ресурс] // Wikipedia. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Erlasee_Solar_Park

3. California Valley Solar Ranch Project [Электронный ресурс] // U.S. Department of Energy – Energy.gov. – URL: https://www.energy.gov/lpo/california-valley-solar-ranch

4. Википедия: Sevilla Photovoltaic Power Plant. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sevilla_Photovoltaic_Power_Plant

5. Газета.uz. Солнечные станции с использованием технологий TrinaTracker в Самарканде и Джизаке подключены к сети. 2 мая 2024 года. URL: https://www.gazeta.uz/ru/2024/05/02/trina-solar

АВТОНОМНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК

Эргашев Шоҳбозжон Умарали ўғли

старший препадователь Ферганский государственный технический университет

ergashevshoh1992@gmail.com

Аннотация. *В статье представлена информация о фотоприемном элементе элементарного оптрона, работающем на аномальной фотонапряжения, без специального источника питания. Описана важная информация о физике, технике и технологии фотоприемного элемента. Анализируется значение автономных фотоприемников для оптоэлектроники и перспективы энергосбережения, качества и эффективности.*

Ключевые слова. *Эффект АФН, аномальное фотонапряжение, поверхностная рекомбинация, поликристаллическая тонкая пленка, вентельная функция, эффект Дембера, микрофотоэлемент, микрокристаллы, граничная область, фотонапряжение в элементе.*

Фотоприемники, основанные на эффекте АФН, под воздействием света превращаются в источник электричества, превращается в фотоприемники генераторного типа. Тонкая полупроводниковая пленка (или пластинчатый кристалл), приготовленная для таких фотоприемников, изготавливается специальными методами, а технология изготовления каждого полупроводникового материала представляет собой трудоемкий экспериментальный процесс, включающий большое количество тестовых экспериментальных комплексов. Выбранная технология должна обеспечивать неравномерное освещение или анизотронное поглощение, чтобы эффект АФН наблюдался в образце. При этом важно, чтобы образец был однородным по составу и структуре. Сегрегация таких неоднородных кластеров влияет на оптические и электрические параметры (поглощение æ, диэлектрическое поглощение ε, двойное лучепреломление и поляризация) образца, обеспечивая анизотропное освещение (поглощение) света на фотоактивной поверхности образца [1]. Известно, что АФН широко применяется при изготовлении пленки

методом передачи молекулярного потока в нагретой стеклянной основе в вакууме [2]. Специальная иометрия, сформированная на поверхности пленки АФН, полученных этим методом, создает «эффект тени», который вызывает неравномерное освещение на поверхности. Кроме того, в области поверхности пленки образуется последовательная периодическая цепочка поликристаллических кристаллов. Это резкое различие проводимости в поверхностных и внутренних областях микрокристаллов, а природа (сопротивление) соседних граничных областей в микрокристаллическом ряду резко отличается от природы микрокристаллов. Природа такой неоднородности является основанием для принятия микрокристаллов как элементарного вентеля (n-p переход) или элемента Дембера. АФН заставляет элементарные фотоэлементы (кг / q), генерируемые в каждом микроэлементе, добавляться к высокому фотоэлектрическому напряжению в результате неравномерного (анизотон) освещения микрофотоэлементов в фотоактивном поле на поверхности пленки (Рисунок 1) .

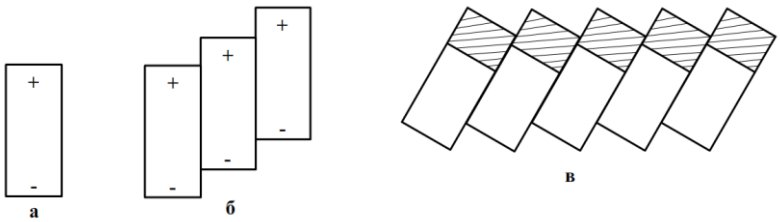


Рисунок 1. Модель, представляющая сложение элементарных фотонапряжений

а) кристалл, являющийся источником элементарного фотонапряжения;

б) расположение элементарных микрокристаллов на фотоактивной поверхности пленки;

в) геометрия поверхности, образованной наклонным испарением молекулярного потока. Заштрихованная часть кристаллов соответствует фотоактивным часам.

Результаты электронно-микроскопического наблюдения поверхности завесы показывают конструкцию модели поверхности, как показано на рисунке

1 полностью подтверждает. Процесс оценки среднего размера каждого микрокристалла (микроэлемента) в поликристаллической структуре показывает, что максимальное значение фотонапряжение наблюдается для образцов, в которых толщина тонкой пленки порядка размера микрокристаллов. Для таких образцов общее количество микрокристаллов, соответствующее единице продольной длины тонкой пленки фотоприемника, было большим. При формировании аномального фотонапряжения важное значение имеет точное расположение микрокристаллов в фотоактивной части поверхности пленки (рис.1). К такому выводу пришли результаты исследования наблюдаемого в образцах двойного лучепреломления света и изменения напряжения фотонапряжение в зависимости от направления плоскости поляризации поляризованного света. Также следует отметить, что согласно теории поля ($n = \sqrt{\varepsilon}$) показатель преломления (n) существенно изменяется (уменьшается) в соответствии с уменьшением длины волны λ в полосе поглощения (рис.2), так что двойное преломление влияние света является значительным, то есть в полосе поглощения (L) коэффициент поглощения (α) является высоким, что оказывает значительное влияние на показатель преломления (n), и может наблюдаться эффект двойного преломления.

Поглощение в фотоактивной области пленки может влиять на (n), только если (a) достаточно велико [3, 4]

Поглощение в фотоактивной области мембраны может влиять на (n), только если (α) достаточно велико [3, 4].

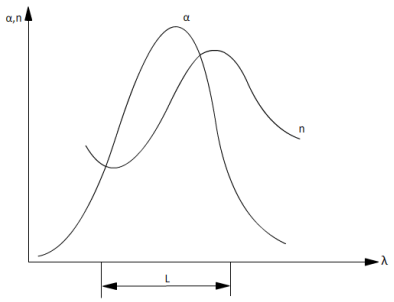


Рисунок 2. Спектры поглощения и показателя преломления в фотоактивном поле образца.

α - коэффициент поглощения, n-показатель преломления, λ-длина волны, L-область с высоким поглощением.

Согласно экспериментальному результату и теоретическому анализу [4,5,6] величина и знак аномальной фотонапряжение показывают, что пленки АФН напрямую связана с поверхностью микрокристаллов и потенциальными барьерами, присутствующими в пограничной области кристаллы. Электронно-дырочные фотопары, образующиеся под действием фотонов света, разделяются в электрическом поле этими потенциальными барьерами. Этот (барьер) возникает из-за симметричных состояний в серии потенциальных барьеров, разницы между поверхностными и граничными областями кристаллов и скоростей рекомбинации внутри кристалла [5,6]. Этот вывод согласуется с предыдущими идеями [7,8] предложенными для формирования элементарных аномальных фотонапряжение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потенциальные барьеры, вызванные неоднородностью поверхности и внутренних участков микрокристаллов на поверхности завесы АФН, имеют вентелевую (p-n переход) природу, электронно-дырочные пары, образованные световыми фотонами, разделены потенциальными барьерами и образуют элементарные фотонапряжение. Следовательно, основным источником элементарной фотонапряжение являются микрокристаллы. Элементарные фотоэлементы, генерируемые в каждом из микрокристаллов, накапливаются, образуя аномально высокий фотонапряжение.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Исмоилов М. М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПЛОСКИМИ СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ: ОСНОВНЫЕ РЕЗЕРВЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ //CENTRAL ASIAN JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES. – 2022. – Т. 3. – №. 12. – С. 79-84.

2. Исмаилов М. М. РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА //CENTRAL ASIAN JOURNAL OF

MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES. – 2022. – T. 3. – №. 12. – C. 207-210.

3. Исмоилов M. M. On the issue of increasing the efficiency of flat solar collectors in heat supply systems by optimizing their operating parameters //European Journal of Emerging Technology and Discoveries. – 2023. – T. 1. – №. 7. – C. 4-7.

AERODYNAMIC OPTIMIZATION OF SMALL-SCALE VERTICAL AXIS WIND TURBINES USING CFD SIMULATION TOOLS

Rustamov Baxtiyor Odiljon o‘g‘li
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Abstract. *This study focuses on the aerodynamic optimization of small-scale vertical axis wind turbines using computational fluid dynamics simulation tools. The main objective is to analyze the airflow interaction with turbine blades and to enhance the power coefficient through geometric design optimization. A darrieus-type VAWT model is developed and simulated in 2D and 3D domains using turbulence models such as k–ε and k–ω SST. various NACA airfoil profiles are evaluated to determine lift, drag, and optimal angle of attack. The results include velocity and pressure contours, torque distribution, and efficiency curves under different operating conditions. The optimized design demonstrates up to 10–20% improvement in aerodynamic performance, providing a cost-effective and sustainable approach for small-scale wind energy systems in urban and rural applications.*

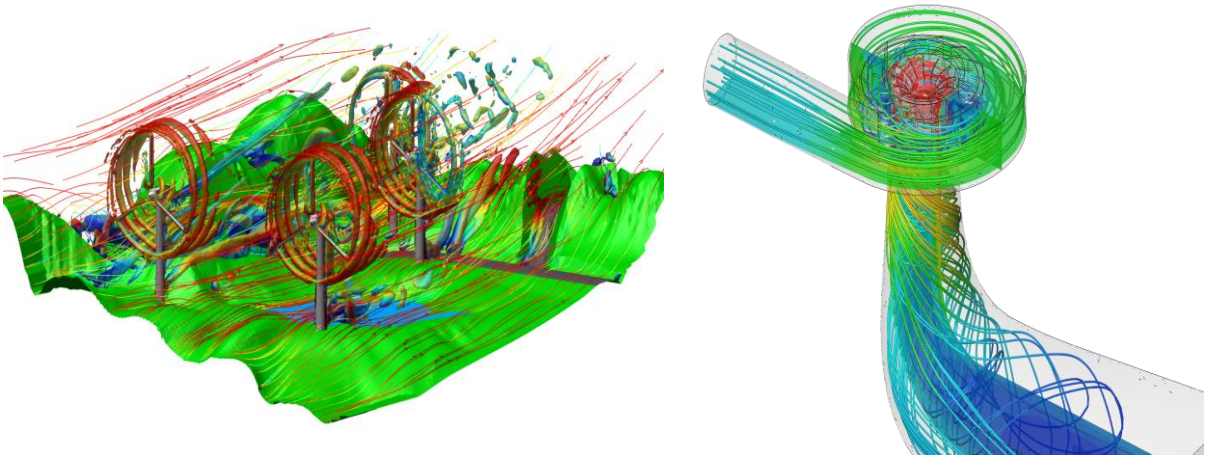
Keywords. *Vertical axis wind turbine; computational fluid dynamics; Aerodynamic optimization; darrieus turbine; naca airfoil; turbulence modeling; lift-to-drag ratio; power coefficient; design optimization; small-scale wind energy systems.*

CFD Modeling

In this research, computational fluid dynamics (CFD) tools such as ANSYS fluent, openfoam, and simscale are employed to simulate and analyze the aerodynamic performance of a vertical axis wind turbine (VAWT). These simulation environments enable precise computation of airflow characteristics, including velocity, pressure, turbulence intensity, and the resulting torque acting on the turbine blades. CFD

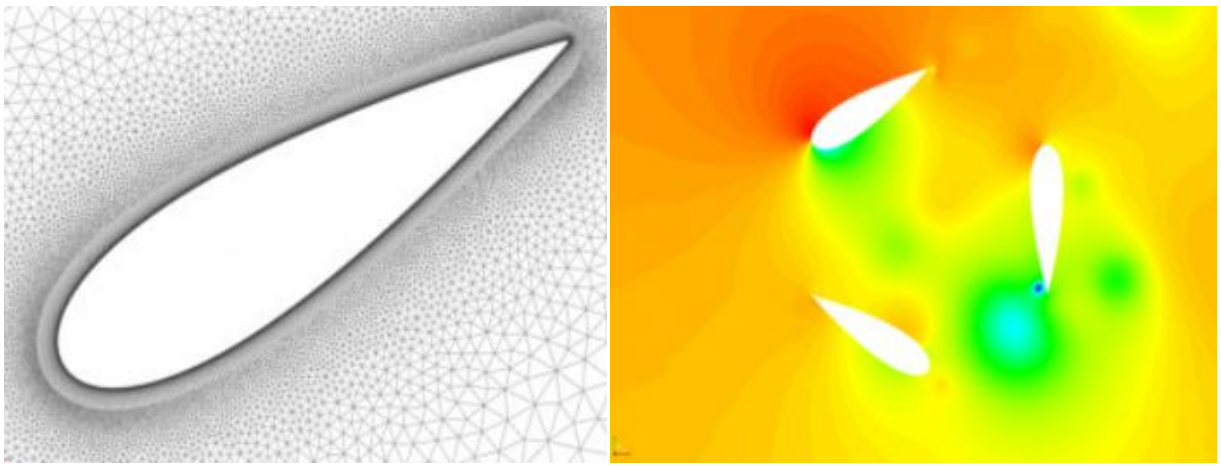
modeling plays a crucial role in identifying flow behavior, wake formation, and performance optimization of small-scale wind turbines.

The first step involves creating a **2D or 3D geometrical model** of the turbine. In this study, a **darrieus-type** VAWT configuration is used due to its symmetrical blade profile and efficiency under low wind speeds. The **airfoil coordinates** (**NACA 0012, NACA 0021**) are imported into a CAD software environment (such as **SolidWorks** or **SpaceClaim**) and then exported to the CFD workspace.



1.Picture CFD modeling using SimScale

The first step involves creating a **2D or 3D geometrical model** of the turbine. In this study, a **darrieus-type** VAWT configuration is used due to its symmetrical blade profile and efficiency under low wind speeds. The **airfoil coordinates (NACA 0012, NACA 0021)** are imported into a CAD software environment (such as **SolidWorks** or **SpaceClaim**) and then exported to the CFD workspace. For transient aerodynamic simulations, **sliding mesh** or **moving reference frame (MRF)** techniques are applied to accurately capture rotor motion and wake evolution.



2.Picture geometry creation using SpaceClaim

A **hybrid mesh structure** is employed structured near the blade surfaces and unstructured in the far-field to ensure both accuracy and computational efficiency.

The **boundary layer region** near the blade is finely meshed to capture flow separation and viscous effects. A **grid independence study** is conducted to confirm that further mesh refinement does not significantly alter the simulation results.

Airfoil analysis

The aerodynamic performance of a vertical axis wind turbine is primarily determined by the geometry and profile of its blades. The airfoil section governs the generation of lift and drag forces, which in turn define the turbine’s torque and overall efficiency. In this research, a detailed airfoil analysis is conducted using **computational fluid dynamics** simulations to compare different airfoil profiles and identify the configuration that yields the highest power coefficient.

To ensure accurate and representative aerodynamic assessment, several symmetrical airfoil types from the **NACA 00-series** are analyzed namely **NACA 0012, NACA 0015,** and **NACA 0021**. These profiles are selected due to their simplicity, self-starting capability, and common use in small-scale Darrieus-type turbines.

The airfoil geometry is defined by its chord length ccc, thickness-to-chord ratio t/ct/,

$$y_t = 5t\left[0.2969\sqrt{x} - 0.1260x - 0.3516x^2 + 0.2843x^3 - 0.1015x^4\right]$$

and camber, as specified in the NACA equations:

where t is the maximum thickness as a fraction of the chord.

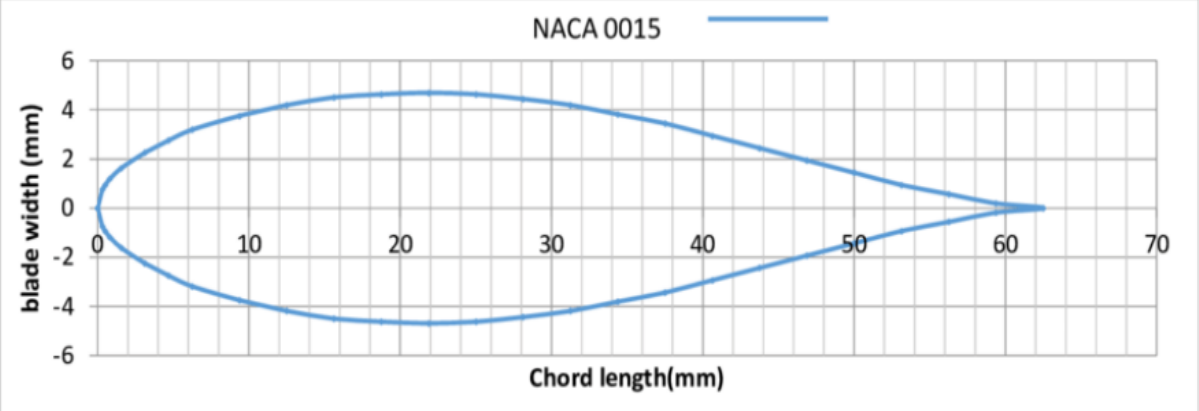
Turbulence modeling and flow analysis

In the aerodynamic analysis of small-scale vertical axis wind turbines (VAWTs), understanding airflow behavior—laminar or turbulent—is fundamental to accurate prediction of aerodynamic forces and energy conversion efficiency. For small turbines, the flow is predominantly **turbulent**, especially near blade surfaces and in the wake region. Therefore, the **reynolds-averaged navier–stokes (RANS)** method is applied to model turbulence effectively. The RANS equations average the instantaneous Navier–Stokes equations, decomposing velocity and pressure fields into

mean and fluctuating components. This introduces reynolds stress terms that are closed using turbulence models such as **k–ε, k–ω SST**, or **LES**. In this study, the **k–ω SST model** is adopted due to its accuracy in resolving near-wall shear stresses and separated flows typical of VAWTs. The computational domain extends **10 rotor diameters upstream** and **15 diameters downstream** of the turbine to minimize boundary effects. The mesh contains near-wall layers refined to $\mathbf{y^+ < 1}$, ensuring accurate resolution of viscous effects.

Geometric optimization and design improvement

The geometric configuration of the vertical axis wind turbine (VAWT) has a decisive influence on its aerodynamic efficiency and self-starting capability. The optimization process focuses on key design variables such as blade number, chord length, blade height, rotor diameter, and tip speed ratio (λ). In this study, parametric optimization is carried out using CFD simulations combined with numerical optimization tools. The multi-objective optimization aims to maximize the power coefficient while minimizing structural drag and acoustic noise. For each configuration, steady-state and transient simulations are performed at varying wind speeds (3–10 m/s) and rotational speeds (100–400 rpm). The analysis reveals that increasing the number of blades improves startup torque but slightly reduces the maximum Cp due to increased flow interference.



3.Picture three blades of NACA 0015 profile

The optimal configuration is found with three blades of NACA 0015 profile, chord length-to-radius ratio (c/R) of 0.15, and a tip speed ratio of $\lambda \approx 3.5$. This

configuration provides a balanced trade-off between torque generation and efficiency, suitable for small-scale applications.

Results and discussion

Velocity and pressure contours: CFD simulation results display a clear flow separation pattern around the blade surfaces, especially at higher angles of attack. Figure 1 illustrates the velocity contour around the turbine at 6 m/s inflow speed, showing wake formation downstream of the blades. The maximum velocity occurs at the outer edge of the rotating blades due to centrifugal acceleration.

Pressure contours (Figure 2) demonstrate alternating high- and low-pressure regions along the blade surfaces, indicating the presence of strong lift forces responsible for torque generation.

Torque and power coefficient characteristics: The instantaneous torque produced by each blade varies periodically with the azimuthal angle. Figure 3 shows the torque distribution curve, where torque peaks occur near the blade’s optimal angle of attack (~12° for NACA 0015). The averaged torque over one full rotation is used to compute the turbine’s power output.

Performance improvement: The optimized turbine geometry achieved **up to 18% higher power coefficient** compared to the baseline NACA 0012 model. The improved performance is attributed to better pressure recovery and reduced flow separation near the trailing edge. Additionally, the refined design demonstrates lower acoustic noise and smoother torque variation, making it more suitable for urban wind energy systems.

Conclusion

This research demonstrates the importance of computational fluid dynamics in improving the aerodynamic performance of small-scale vertical axis wind turbines. By conducting detailed modeling, simulation, and design refinement, a Darrieus-type configuration was optimized to ensure stable and efficient operation under low and medium wind speeds.

The study found that the NACA 0015 airfoil, combined with a three-blade rotor and a tip speed ratio of about 3.5, provided the most effective aerodynamic performance. The k–ω SST turbulence model successfully described critical flow features such as boundary layer separation and wake formation, allowing for realistic evaluation of turbine behavior.

Compared with the initial design, the optimized turbine achieved up to 20% improvement in the power coefficient, along with smoother torque characteristics and lower aerodynamic noise. These results confirm that CFD-based optimization can significantly reduce the need for costly experimental testing and accelerate the design process of efficient, compact wind turbines.

Further studies should focus on experimental validation, the impact of unsteady wind profiles, and the application of advanced optimization techniques based on artificial intelligence. The findings of this work provide a solid foundation for the continued development of small-scale VAWTs and contribute to the broader adoption of sustainable, decentralized wind energy systems.

References

1. Pope, S.B. Turbulent flows. Cambridge University press, 2000.
2. Hansen, M.O.L. Aerodynamics of wind turbines. Earthscan, 2008.
3. Paraschivoiu, I. Wind turbine design with emphasis on darrieus concept. Polytechnic International Press, 2002.
4. Ferreira, C.J.S. “The near wake of the VAWT: 2D and 3D views of the flow field and its impact on performance.” Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2009.
5. Versteeg, H.K., Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. Pearson, 2007.
6. Rezaeiha, A., Kalkman, I., Blocken, B. “CFD analysis of vertical axis wind turbine performance with different turbulence models.” Renewable Energy, 2017.

7. Howell, R., Qin, N., Edwards, J., Durrani, N. “Wind tunnel and numerical study of a small vertical axis wind turbine.” *Renewable Energy*, vol. 35, no. 2, 2010, pp. 412–422.

8. Islam, M., Ting, D. S. K., Fartaj, A. “Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 12, no. 4, 2008, pp. 1087–1109.

9. Battisti, L., Brighenti, A., Benini, E. “Numerical optimization of Darrieus wind turbine airfoil and performance evaluation.” *Applied Energy*, vol. 185, 2017, pp. 1100–1111.

10. Migliore, P. G., Wolfe, W. P., Fanucci, J. B. “Flow curvature effects on Darrieus turbine blade aerodynamics.” *Journal of Energy*, vol. 5, no. 1, 1981, pp. 64–

FORECASTING POWER AND ENERGY CAPACITY FOR RENEWABLE ENERGY SYSTEMS UNDER HIGH SOLAR–WIND PENETRATION AND ELECTRIC VEHICLE INTEGRATION

Mukhamedov Nizamjan Nurullaevich

(nizommuhamedov3020@gmail.com)

Assistant of Fergana State Technical University

Abstract. *This paper presents a forecasting framework to estimate the power and energy capacity required to maintain stable operation of renewable energy systems with high solar–wind penetration and growing electric vehicle (EV) integration. Using a daily time-series model of load, solar, wind, and uncontrolled EV charging, we define two transparent sizing metrics: a power capacity indicator based on net-load ramping and a daily energy capacity indicator based on cumulative-energy swing. The approach enables planners to determine the minimum capabilities needed to absorb intra-day variability while preserving quality of supply. A 24-hour case study shows that very high solar deployment can reduce midday net load yet increase evening ramps when EV charging is concentrated after sunset, driving both power and energy requirements. A heatmap across solar and EV capacities highlights regime changes and provides practical guidance for co-sizing.*

Keywords. *Renewable energy system; Solar–wind penetration; Electric vehicles (EV); Power capacity forecasting; Energy capacity forecasting; Net-load ramping; Daily energy swing; Co-sizing (MW/MWh); Irrigation microgrids; Operational planning*

Introduction. As solar and wind deployment accelerates, planners must ensure that renewable energy systems remain reliable in the face of larger and faster net-load changes. In rural and agricultural regions, irrigation pumping often coincides with solar variability and EV charging that peaks in the evening. These patterns can amplify ramps and multi-hour deficits, creating new power and energy capacity needs for the overall system, from inverters and feeders to balancing resources. Conventional peak-load methods understate these requirements because they mask the intra-day dynamics introduced by renewables and EVs. Forecasting both the power rating (how fast the system must respond) and the energy rating (how much net energy it must absorb and later release) is therefore essential for credible planning.

$$P_{net}(t) = P_{load}(t) + P_{EV}(t) - P_{solar}(t) - P_{wind}(t) \quad (1)$$

$$P_{cap} = \tau \cdot q_{0.95}\left(\left|\frac{d}{dt}P_{net}(t)\right|\right) \quad (2)$$

$$E_{cap} = \max_{0\le t\le T}\left(\int_0^t \tilde{P}_{net}(\tau)d\tau\right) - \min_{0\le t\le T}\left(\int_0^t \tilde{P}_{net}(\tau)d\tau\right) \quad (3)$$

We consider a 24-hour time horizon with 1-minute resolution. Net load is defined as baseline demand plus EV charging, minus solar and wind generation. The power capacity requirement is tied to the magnitude of net-load ramps and a short response window that aggregates high-frequency action into a usable rating. The daily energy capacity requirement is the spread of cumulative net energy over the horizon. These definitions are model-agnostic and can be evaluated with either measured traces or forecast profiles. They also separate two distinct design axes: the power channel, which is dominated by ramps, and the energy channel, which is dominated by multi-hour imbalances.

We construct a stylized 1000 MW-peak system with three representative scenarios. Scenario A combines moderate solar–wind deployment with low EV charging. Scenario B increases both solar–wind and EV levels. Scenario C pushes

solar–wind very high and adds heavy evening EV charging. The daily profiles are derived from clear-sky solar, a mixed diurnal wind shape, a baseline demand with morning and evening shoulders, and an evening-peaking uncontrolled EV profile. These components are normalized and scaled by installed capacities expressed as percentages of the system peak.

Figure 1 shows net-load trajectories for the three scenarios. Scenario A exhibits modest midday valleys and manageable evening ramps. Scenario B deepens the midday valley and steepens the evening ramp as EV charging grows. Scenario C introduces a pronounced net-load trough around noon followed by a sharp evening rebound, yielding a larger power capacity indicator and a wider cumulative-energy swing. Figure 2 generalizes the findings: the heatmap across installed solar and EV capacities (with wind fixed at 40% of peak) highlights a threshold region—beyond roughly 70–80% solar and 30–50% EV, the daily energy capacity rises rapidly. This reflects prolonged deficits after sunset and longer-lasting ramps.

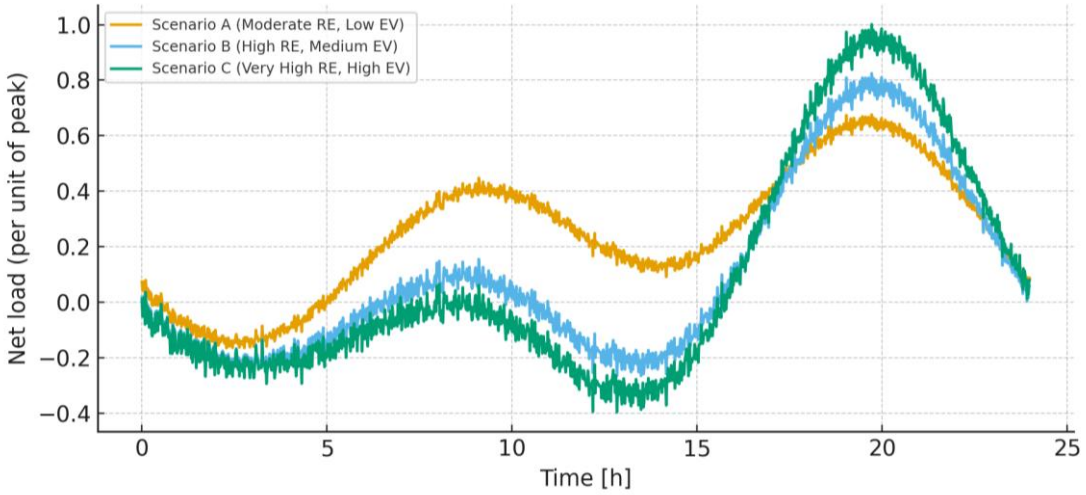


Figure 1. Net load (per unit of peak) under three scenarios across 24 h.

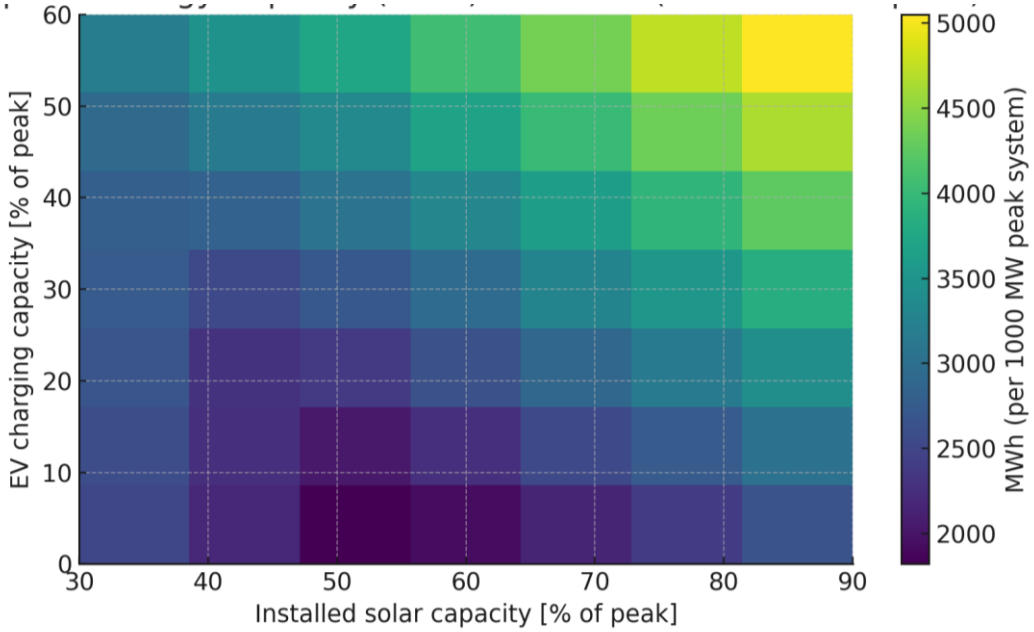


Figure 2. Heatmap of daily energy capacity (MWh) versus installed solar and EV capacities (wind fixed at 40% of peak).

Table 1. Scenario parameters and resulting power/energy capacity indicators (1000 MW-peak system).

Scenario	Solar [%]	Wind [%]	EV [%]	Power cap P_{cap} [MW]	Energy cap E_{cap} [MWh]
Scenario A (Moderate RE, Low EV)	50	30	10	38.2	1911.4
Scenario B (High RE, Medium EV)	80	50	30	63.7	3846.9
Scenario C (Very High RE, High EV)	90	60	50	76.3	5271.9

The dual metrics in (2) provide complementary insight. The power capacity indicator, driven by the 95th percentile of ramps, governs short-window response design. The energy capacity indicator, driven by the cumulative swing, governs how much net energy must be absorbed and later returned during multi-hour imbalances. In high solar–wind systems, evening EV charging is a critical driver of both. Measures that spread charging into earlier hours or coordinate it with solar surplus reduce the required capacities. Forecast uncertainty can be incorporated by inflating the quantile level or by Monte Carlo sampling, which naturally maps into planning margins.

Conclusion. We proposed a transparent forecasting method to co-estimate power and energy capacity for renewable energy systems with high solar–wind shares and increasing EV integration. The two indicators—ramp-based power capacity and daily energy swing—capture distinct engineering constraints and map cleanly to equipment ratings and operational reserves. A 24-hour case study and a solar–EV heatmap revealed a practical threshold beyond which evening deficits dominate and capacities rise rapidly. The framework can be extended to include price-responsive EV charging, multi-day horizons, and probabilistic security criteria, providing a robust basis for renewable planning in irrigation-centric regions and beyond.

References

[1] Kundur, P. (1994). Power System Stability and Control. McGraw-Hill.

[2] Denholm, P., O’Connell, M., Brinkman, G., & Jorgenson, J. (2015). Overgeneration from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart. NREL.

[3] Ela, E., Milligan, M., & Kirby, B. (2011). Operating Reserves and Variable Generation. NREL.

[4] International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook (various years).

[5] Milligan, M., Kirby, B., Beuning, S., & Shu, F. (2010). Operating Reserves and Wind Power Integration. NREL.

[6] Holttinen, H., et al. (2011). Impacts of large amounts of wind power on design and operation of power systems, results of IEA collaboration. Wind Energy.

NACA0021 QANOTIDA SST MODELIDA TURBULENTLIK OQIM HARKATIDA BOSIM KOEFFITSIENTINI SONLI O‘RGANISH

Muxammadyoqubov Xusanboy Elmurod o‘g‘li

xusanboy.muhamamdyoqubov@mail.ru

Farg‘ona davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

Suyuqlik yoki gaz oqimi harakatlanayotganda, u jism yuzasiga uriladi va bu joyda statik bosim o‘zgaradi. Oqimning tezligi, yo‘nalishi va jism shakliga qarab bosim taqsimoti turlicha bo‘ladi. Bu o‘zgarishni o‘lchovsiz shaklda ifodalash uchun bosim

koeffitsienti (Cp) kiritiladi. Bosim koeffitsienti – bu jism yuzasidagi bosimning erkin oqimdagi dinamik bosimga nisbati bo‘lib, oqim ta’sirida bosim qanday o‘zgarayotganini ko‘rsatadi. NACA 0021 profil gazlar harakatida ham aerodinamik kuchlarga juda ham bardoshli profil hisoblanadi. Ushbu tezisda biz naca 0021 profilida SST, modeli orqali Naca 0021 profilida burchaklar orqali bosim koeffitsienti sonli tahlil qilindi. Ushbu profilda SST turbulent oqimli modelni o‘rganishda Comsol Multiphysics dasturidan foydalanilgan. NACA 0021 turbulent qanot profilini deyarli siqilmaydigan sharoitlarda ishlatish kerak. Reynolds soni $Re = 2\times10^5$ hisoblash to‘ri va boshlang‘ich chegaraviy shartlar NACA bazasida keltirilgan. NACA 0021 aerodinamik profilining bosim koeffitsientini tahlil qilish muammosini hal qilish uchun Reynolds bo‘yicha o‘rtacha Navier-Stokes (RANS) tenglamalari ishlatilgan. Ushbu tenglamalar siqilmaydigan suyuqlik dinamikasining matematik tavsifiga asoslanadi vaqt va makonda suyuq muhitdagi tezlik va bosim o‘zgarishini modellashtiradigan differentsial tenglamalar tizimidir. Navier-Stokes tenglamalarini vatq bo‘yicha o‘rtachalashtirilgan Reynolds (RANS) tenglamalari hamda turbulentlikning SST modeli quyidagicha ko‘rinishga ega

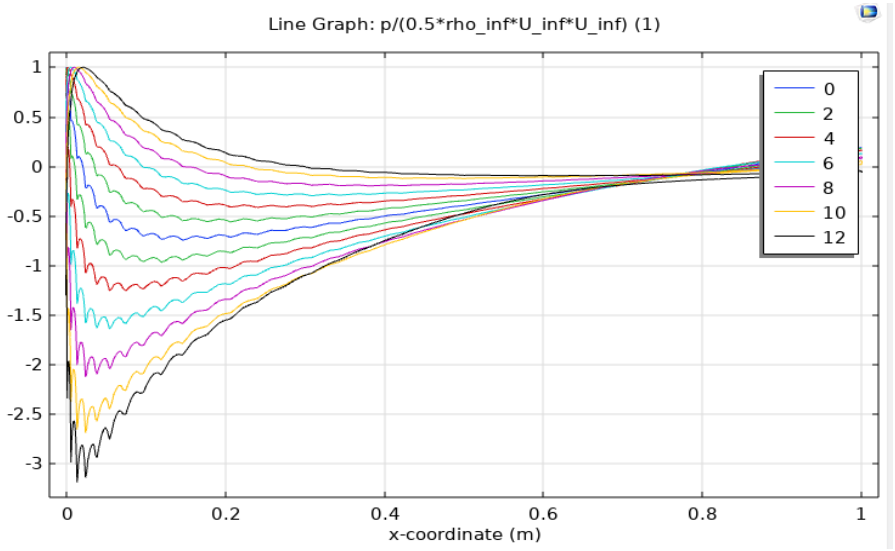
$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial t} + \overline{u}_j \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 \overline{u}_i}{\partial x_j \partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} \tag{2}$$

Turbulentlikning standart SST modeli uchun COMSOL Multiphysics standart yechimlaridan foydalaniladi. Qanot profiling sirtidagi bosimi koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{0.5\rho U_0^2}. \tag{3}$$

Bu yerda **p** — profil sirtidagi nuqtadagi bosim, **p∞** — erkin oqimdagi bosim, **ρ** — erkin oqimning zichligi, **U₀** — erkin oqimning tezligi.



1-rasm Hujum burchagining o‘zgarishi bosim koeffitsientiga ta’siri .

Mazkur ishda **NACA0021 aerodinamik profili** atrofidagi bosim koeffitsientini havo oqim burchaklariga ta’siri **SST turbulentlik modeli** asosida sonli o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, SST modeli devor yaqinidagi turbulent qatlamlarni aniq hisoblash imkonini beradi hamda ajralish zonalarini ishonchli aniqlaydi. O‘tkazilgan hisoblashlar profilning aerodinamik xususiyatlarini tahlil qilishda SST modelining yuqori aniqlikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Madaliev, E., Madaliev, M., Raxmankulov, S., & Raxmonkulova, S. (2023). Turbulent mixing of two plane flows based on the SST turbulence model. In E3S Web of Conferences (Vol. 452, p. 02012). EDP Sciences.
2. Pasha, A. A. (2018). Study of parameters affecting separation bubble size in high speed flows using k-ω turbulence model. Journal of Applied and Computational Mechanics, 4(2), 95-104.
3. Malikov, Z. M., & Madaliev, M. E. (2021). Numerical study of a swirling turbulent flow through a channel with an abrubt expansion. Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Matematika i Mekhanika, (72), 93-101.

QUYOSH BATAREYASI UCHUN INVERTORNI LOYIHALASH

Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li
muhriddinmadaminov1996@gmail.com
Farg‘ona davlat texnika universiteti

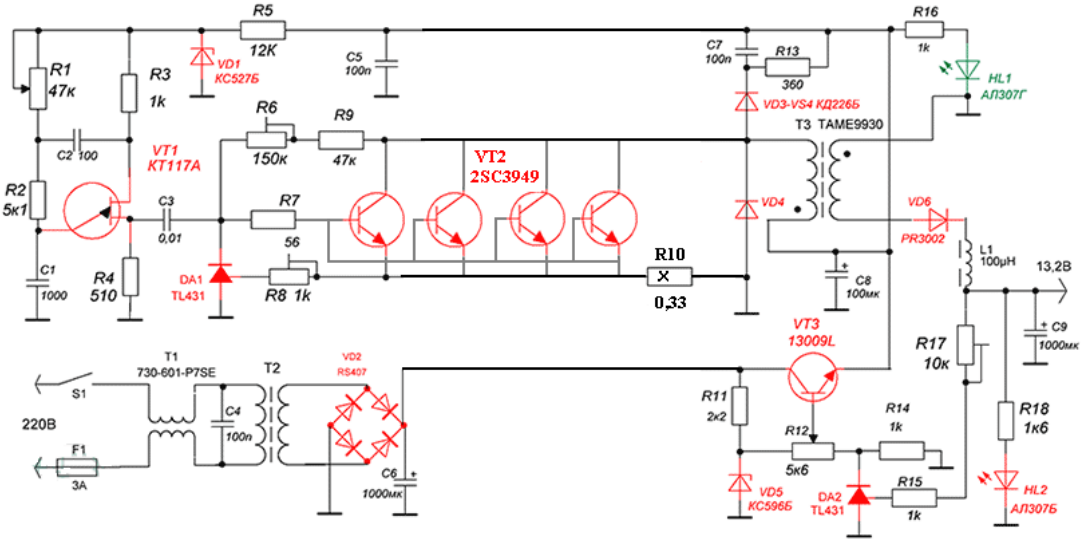
Annotatsiya. *Ushbu maqolada quyosh batareyasi asosida ishlovchi invertorni loyihalash masalalari ko‘rib chiqilgan. Invertor 12 V o‘zgarmas kuchlanishni 220 V, 50 Gts chastotali o‘zgaruvchan kuchlanishga aylantiruvchi qurilma sifatida ishlab chiqilgan. Tadqiqot davomida invertorning printsipial sxemasi, elementlar tarkibi va asosiy texnik xarakteristikalari tahlil qilindi. Taklif etilgan model yuqori foydali ish koeffitsientiga ega bo‘lib, zamonaviy himoya tizimlari va avtomatik boshqaruv funksiyalari bilan jihozlangan.*

Kalit so‘zlar*: uyosh batareyasi, invertor, energiya konvertatsiyasi, o‘zgarmas tok, o‘zgaruvchan tok, foydali ish koeffitsienti, avtomatik boshqaruv, energiya samaradorligi.*

Kirish. So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish tobora kengayib bormoqda. Jumladan, quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi tizimlar ekologik toza, iqtisodiy jihatdan foydali va uzoq muddatli ishlash xususiyatiga ega bo‘lgani sababli keng qo‘llanilmoqda. Quyosh batareyalari tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiyasi o‘zgarmas tok ko‘rinishida bo‘ladi. Ammo ko‘plab maishiy va sanoat qurilmalari o‘zgaruvchan tok (AC) bilan ishlaydi. Shu sababli quyosh energiyasi tizimlarida o‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi invertor qurilmalari muhim ahamiyat kasb etadi.

Tahlil. Invertorlarning asosiy vazifasi – energiyani minimal yo‘qotish bilan aylantirish, uzluksiz quvvat ta’minotini yaratish hamda tarmoq kuchlanishi yo‘q paytda ham elektr energiyasini uzluksiz yetkazib berishdir. Shu maqsadda ushbu maqolada 12 V kuchlanishli quyosh batareyasi uchun 220 V, 50 Gts chastotali, 3500–4000 Vt quvvatli invertorni loyihalash, uning sxemasi va texnik parametrlari tahlil qilingan. Qurilma tarkibiga maydonli tranzistorlar, ko‘taruvchi transformatorlar, avtomatik zaxira ulovchi (ZAU) blok hamda himoya tizimlari kiritilgan.Mazkur tadqiqotning maqsadi — yuqori samarali, ishonchli va energiya

tejamkor invertor tizimini ishlab chiqish orqali quyosh energiyasidan maksimal darajada foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishdir.Quyosh batareyasidan



olinadigan 12 V o`zgarmas kuchlanish 220 V, 50 Gts 3500 Vt quvvatli invertorni tanlanadi va uni loyihalanadi.Ushbu invertor zamonaviy elementlardan tayyorlanishi va yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega bo`lishi kerak.

.1-rasm. Invertor sxemasi.

Invertor 4ta VT2 va VT1, VT3 maydonli tranzistorli kalit va ko`taruvchi T1 va T2 transformatordan iborat bo`lsin.

Mikrosxemaning chiqish quvvati va chiqish kuchlanishi kuchaytirgichlarsiz maydonli tranzistorlarni boshqarish uchun yetarli bo`ladi.

Shuningdek loyihalanayotgan uzluksiz ta`minot manbasinig yana bir zarur elementlaridan biri zaxirani avtomatik ulovchi ZAU qurilma hisoblanib, ushbu qurilma uzluksiz ta`minlash manbasini tarmoqda kuchlanish mavjud bo`lganda qurilma bevosita tarmoqdan ta`minlanadi va tarmoqdagi kuchlanish mavjud bo`lmagan hollarda ( avariya sodir bo`lganda) akkumulyator batareyalaridan ta`minlash rejimiga o`tkazadi, bunda uni bu rejimga o`tkazish vaqti 4 ms ni tashkil etib, ishlayotgan qurilmani uzilmay ishlashini ta`minlaydi.

POWER MASTER PM-4000 LC 24 V 4000Vt invertori. Ushbu qurilma zamonaviy va ko`p funksiyali invertor hisoblanib, chiqish signali sinusoid, LCD displeyli, avtomatik boshqarish qurilmasi va qisqa tutashuv tokidan ximoya va

ko`plab funksiyalarga ega qurilmadir. Uning asosiy xarakteristikalarini ko‘rib chiqamiz:

Asosiy xarakteristikasi:

- LCD display,
- Ko`p imkoniyatli zaryad qurilmasi,
- Mikroprotsesorli boshqarish,
- Kuchlanishni stabilovchi funksiyaga ega (AVR),
- Izolyatsiyalangan kirish va chiqish,
- Xaroratni avtomatik boshqarish,
- Qisqa tutashuv tokidan ximoya,
- Xaroratli ximoya,
- Past kuchlanishli kirish tokidan ximoya,
- Yuqori kuchlanishli chiqish tokidan ximoya,
- Batareya zaryadi ozaysa avtomatik o`chishi.

2-rasm. POWER MASTER PM-4000LC 24V 4000Vt invertorining umumiy ko‘rinishi.

1-Jadval. Loyihalanayotgan invertor xarakteristikasi

POWER MASTER PM-4000LC 24V 4000Vt invertorini texnik xarakteristikasi	
Chiqish signali	Sinusoid

Kirish kuchlanish	24VDC (20~32VDC)
Chiqish Kuchlanish	110V/220Vac
Chastota	50Hz / 60Hz (45Hz~75Hz
F.I.K	85%
Belgilangan quvvat	4000 Vt
Eng ko`p quvvat 5 sek davomid	8000 Vt
Qurilmaning maksimal oqim zaryadi	60/80/100 A
Avtomatik yonish vaqti	8ms
Shovqin	55 dBA (1-metr hududa)
Qurilmaning o`lchami	(L x W x H mm) 600 × 415 × 260
Og`irligi	49,2 kg

Xulosa. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, quyosh batareyasi uchun ishlab chiqilgan invertor yuqori samaradorlik va ishonchlilik ko‘rsatkichlariga ega ekanligi aniqlandi. Taklif etilgan invertor 12 V kuchlanishli manbadan 220 V, 50 Gts chastotali o‘zgaruvchan tok hosil qiladi hamda 3500–4000 Vt quvvatda barqaror ishlash imkoniyatini beradi. Qurilmaning foydali ish koeffitsienti (F.I.K) 85% ni tashkil etadi, bu esa energiya yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytiradi.

Invertor sxemasiga kiritilgan avtomatik zaxira ulovchi (ZAU) tizimi quvvat tarmog‘idagi uzilishlar paytida 4–8 millisekund ichida akkumulyator manbaiga o‘tishni ta’minlaydi, bu esa uzluksiz quvvat ta’minotini kafolatlaydi. Shuningdek, invertor issiqlik, past yoki yuqori kuchlanish, qisqa tutashuv kabi nosozliklardan himoyalangan bo‘lib, mikroprotsessorli boshqaruv moduli yordamida ishlaydi. Yaratilgan qurilma nafaqat quyosh energiyasi tizimlari, balki boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida ishlovchi elektr tizimlarida ham samarali qo‘llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bhoopendra Singh, Mayank Tripathi, Shweta Maithil, Vinayak Gupta, "A review on the integration of electric vehicles into the power grid and its impact on the energy infrastructure in India", 2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM), pp.1-6, 2023.

2. Laya M.A. Al-Hilfi, Stella Morris, Wong Jianhui, Bala Venkatesh, Chew Kuew Wai, Chua Kein Huat, "Exploration of the Suitability of Gravity Energy Storage in Malaysian Grid Systems", 2022 IEEE International Conference in Power Engineering Application (ICPEA), pp.1-6, 2022.

3. X.T.Yuldashev, D.D.Xosilov,, M.R.Madaminov. Mobil tarmoqlarining baza stansiyalarida zaxira energiya ta’minot manbaalarining energetik samaradorligini oshirish. SCIENTIFIC –TECHNICAL JOURNAL of FerPI 2022 T.26 № 10 185-188 betlar

4. Rayimjonova O.S. Sotvoldiyev N.S, M.R.Madaminov. Uyali aloqa tarmoqlari baza stansiyalari quyi tizimining energiya samaradorligini oshirish yo‘llari. “Axborot –kommunikatsiya texnologiyalari va telekommunikatsiyalari soxasida zamonaviy muammolar va yechimlar”. Respublika ilmiy-texnik anjumani 15-16 aprel Farg‘ona 2022 . 424-430 b

KREMNIYDA NIKEL ATOMLARI DIFFUZIYASIDAN SO’NG SOVITISH SHAROITLARINING ELEKTR FAOL MARKAZLAR HOSIL BO’LISHIGA TA’SIRI

Azizjon Kurbanov[1], Sevaraxon Bakirova[2]

e-mail: sbakirova471@gmail.com

Andijon davlat universiteti,

Annotatsiya. *Yuqori temperaturada diffuziya qilingandan keyin tez va sekin sovitilgan Si<Ni> namunalarda energetik sathlar kontsentratsiyasini o’rganishda dastlabki modda sifatida n-turli p-turli kremniy namunalardan foydalanilgan. Ushbu ilmiy ishda biz DLTS spektrida tez sovitilgan n-Si<P,Ni> namunalarda 1170 °C temperaturada diffuziya qilinganidan keyin energetik sathlar kuzatilishini o’rgandik. Tadqiqotlar shuni ko’rsatdiki, diffuziyadan keyingi namunalarni sovitish tezligi elektr*

faol markazlar hosil qilib, rekombinatsiya tezligiga, zaryad tashuvchilar harakatchanligiga va defektlar soniga ta’sir qilar ekan.

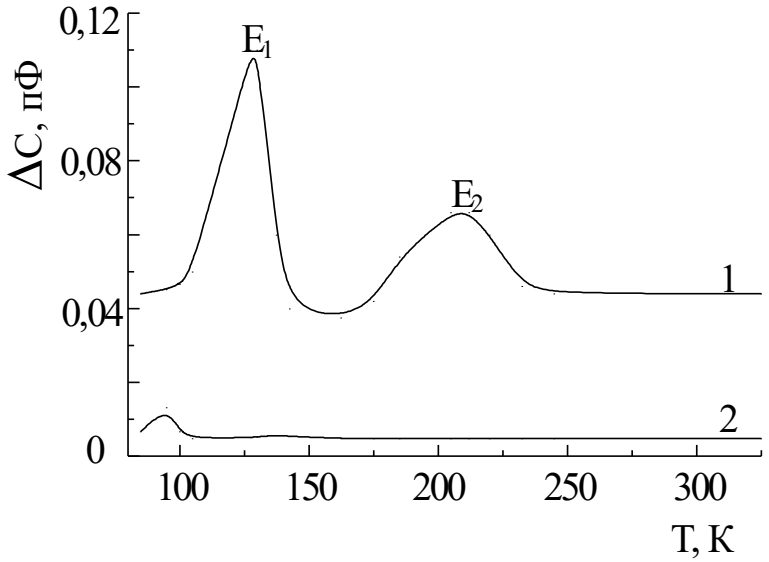
***Kalit so’zlar**: kremniy, n-tip, p-tip, diffuziya, nikel, elektr faol.*

So‘nggi yillarda yarimo‘tkazgich materiallarining fizik xossalarini boshqarish, ularning energetik sathlarini aniqlash va nazorat qilishga qaratilgan ilmiy izlanishlar yanada dolzarb tus olmoqda. Xususan, kremniy (Si) materialining elektr va optik parametrlarini yaxshilash maqsadida turli elementlar bilan legirlash, atom darajasidagi o‘zgarishlarni o‘rganish hamda chuqur energetik sathlarning ta’sir mexanizmini aniqlash zamonaviy yarimo‘tkazgich fizikasi oldida turgan muhim ilmiy masalalardan biridir.Bu maqsadga erishish uchun turli xil texnologik usullar qo‘llaniladi, jumladan: termik ishlov berish [1], begona atomlar klasterlarini kiritish [2, 3], nurlanish orqali faollashtirilgan ta’sirlar, qo‘shimcha hajmiy to‘siqlar hosil qilish va boshqalar. Kristall kremniy tarkibiga begona atomlar klasterlarini kiritish orqali elektronika va fotoenergetika uchun kengroq funksional imkoniyatlarga ega hajmiy-nanotuzilmali materiallar yaratish mumkin. Biroq, bunday materiallarning fizik xususiyatlari hanuzgacha yetarlicha o‘rganilmagan.

Mazkur materiallarning xos xususiyatlari zamonaviy elektron, nanoelektron qurilmalar, fotonika sohalarida tamomila yangi turdagi qurilmalarni ishlab chiqish va yaratish imkonini beradi. Shuningdek, ular yuqori samaradorlikka ega quyosh fotoelementlarini ishlab chiqishda keng qo‘llanilishi mumkin. Shu munosabat bilan, tarkibida aralashma atomlari klasterlari mavjud bo‘lgan kompensatsiyalangan kremniy tadqiqotchilar e’tiborini tortmoqda. Bunday materiallar asosida yuqori harorat va nurlanish ta’siriga barqaror bo‘lgan turli xil datchiklar (sensorlar)ni ishlab chiqish imkoniyati mavjud[4].

Legirlangan kremniyning taqiqlangan zonasidagi o’tish elementlari hosil qilgan energetik sathlar holatlarini, ularning kontsentratsiyalarini hamda zaryad tashuvchilarning tutib olish kesimini o’rganish uchun DLTS usuli yordamida tadqiqotlar o’tkazilgan.

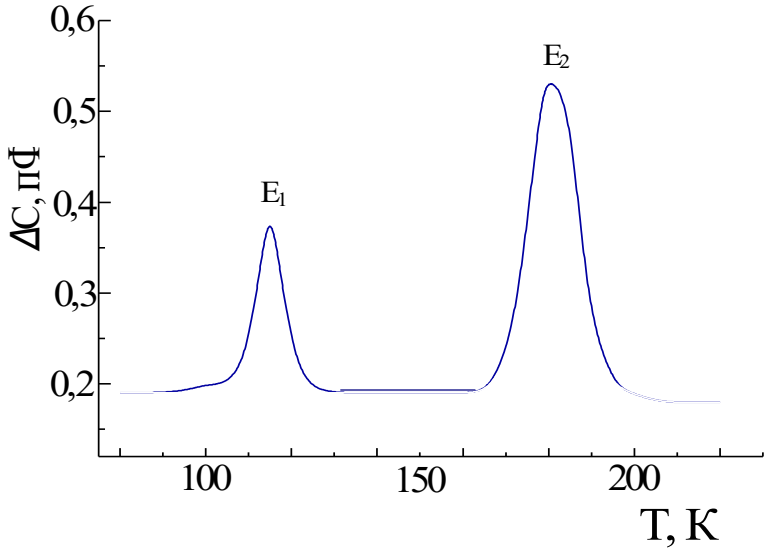
Yuqori temperaturada diffuziya qilingandan keyin tez (250ºC/min-II tur) va sekin (25ºC/min-I tur) sovitilgan Si<Ni> namunalarda energetik sathlar kontsentratsiyasini o’rganishda dastlabki modda sifatida solishtirma elektr qarshiliklari (3÷10) Om·sm bo’lgan n-turli va (5÷20) Om·sm bo’lgan p-turli kremniy namunalardan foydalanilgan. 1-rasmdan ko’rinadiki, DLTS spektrida tez sovitilgan n-Si<P,Ni> namunalarda 1170 ºC temperaturada diffuziya qilinganidan keyin ikkita $E_1=E_c-(0,22\pm0,02)$ eV ($\sigma_n=5\cdot10^{-15}$ sm^2) va $E_2=E_c-(0,42\pm0,02)$ eV ($\sigma_n=8\cdot10^{-16}$ sm^2) energetik sathlar kuzatildi.



1- rasm. n-Si<P,Ni> II turli (1) va n-Si<P> II turli (2) namunalar uchun olingan DLTS spektri ($T_{dif.}$=1170 ºC): $E_1=E_c-(0,22\pm0,02)$ eV, $E_2=E_c-(0,40\pm0,02)$ eV

Ko’rinib turibdiki, (2) grafikda sathlar kuzatilmadi chunki (1) da hosil bo’lgsn energetik sathlar nikel atomlari sabablidir.

DLTS spektrida tez sovitilgan p-Si<B,Ni> namunalarda (2-rasm) donor $E_1=E_v+(0,24\pm0,02)$ eV ($\sigma_r=1,5\cdot10^{-13}$sm^2) va aktseptor $E_2=E_v+(0,32\pm0,02)$ eV ($\sigma_r=3,9\cdot10^{-15}$ sm^2) xarakterli energetik sathlar aniqlandi.



2-rasm. p-Si<B,Ni> II turli namunalar uchun olingan DLTS spektri ($T_{dif.}$=1275 ºC); $E_1=E_v + (0,24 \pm 0,02)$ eV, $E_2=E_v + 0,32 \pm 0,02$ eV

Diffuziya temperaturasi kattalashib borgan sari bu energetik sathlar kontsentratsiyalari ortib boradi va diffuziyadan keyingi namunalarni sovitish tezligiga bog’liq ekan.

Legirlangan I turli va II turli namunalardagi elektr faol nikel markazlari kontsentratsiyalari orasidagi farqni adabiyotlardagi ilmiy ishlarni tahlil qilgan holda tushuntirish mumkin. Agarda yuqori temperaturali diffuziyadan keyin legirlangan namunalar katta tezlikda sovitilsa diffuziyalanuvchi Ni atomlari kremniy kristali hajmida tekis taqsimlanib “qotib” qoladi, ya’ni Ni atomlari tarkibiy nuqsonlar atrofiga yetib olishga ulgurmaydilar va elektr faol bo’lmagan (ikkinchi faza) hamda elektr faol to’plamlarni (soxalarni) xosil qiladi. Namunalar sekin sovitilganda esa yuqorida ta’kidlangan elektr faol va faol bo’lmagan to’plamlar tarkibiy nuqsonlar atrofida hosil bo’ladi va ularning o’lchamlari sezilarli katta bo’ladi. Ma’lumki, kirishmaviy nuqsonlar to’plamining hosil bo’lishi kristall matritsasini qattiq deformatsiyalaydi, bu esa o’z navbatida qattiq kuchlanishni kompentsasiyalovchi vakansiyalarni xosil qiladi. Bunday tizim diffuziyadan keyingi sekin sovitish jarayonida muvozanat holatga o’tishga intiladi, natijada kristall matritsasini deformatsiyasi kamayadi va juda ko’p sondagi vakansiyalar paydo bo’ladi. Bu vakansiyalar tugunlar orasidagi Ni atomlari bilan quyidagi reaktsiya $Ni_i+V \rightarrow Ni_s$ orqali o’zaro ta’sirlashadilar, ya’ni bir qism nikel

atomlari bu vakansiyalar orqali ushlab olinadi va elektr faol kirishma atomlari kontsentratsiyasining ortishiga olib keladi. Shuni ta’kidlash joizki, kremniyda elektr faol nikel markazlari asosan tarkibiy nuqsonlar atrofida (dislokatsiyalar atrofida, ikkinchi fazada) xosil bo’ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Zaynabidinov S.Z., Kurbanov A.O. Nickel-dopant atom clusters and their effect on the recombination properties of silicon. Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences, 2019, No. 2, pp. 81–93. DOI: 10.18698/1812-3368-2019-2-81-93.

2. Makhkamov Sh., Karimov M., Khakimov Z. M., Odilova N. J., Makhmudov Sh. A., Kurbanov A. O., Begmatov K. A. Interaction of deep impurities with radiation defects in n-Si at γ – irradiation // Radiation Effects and Defects in Solids. –Taylor & Francis. –2005.-V. 160, -No.8, -P. 349-356.

3. Махкамов Ш., Каримов М., Курбанов А. О., Махмудов Ш. А., Караходжаев А. К. К вопросу термостабильности электрофизических свойств p-Si<P,Ni> и p-Si<P,Cu> // Известия вузов. Физика. –Томск. -2005.-Вып.12.-С.80-82.

4. А.Курбанов С.Бакирова. Электрофизические свойства кремния в зависимости от кластеров примесных атомов // Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. -2025.-Vol 7. Iss 1. Pp.62-65.

АНОМАЛЬНО ВЫСОКИЙ ДИОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ АРСЕНИД-ГАЛЛИЯ.

Эргашев Шоҳбозжон Умарали ўғли

старший препадователь Ферганский государственный технический университет

ergashevshoh1992@gmail.com

Аннотация: *Исследованы вольтамперометрические характеристики Афк-элементов, изготовленных методом вакуумного анизатронного испарения.*

Было установлено, что существует неоднородная суперсерия последовательных переходов p–n–p.... Проверялась зависимость вольт-амперной характеристики штор, обогащенных кислородом в среде, от температуры и освещенности.

Ключевые слова: *афк-элемент, амнизатронное испарение, потенциальные барьеры, фотопроводимость, микрокристаллиты, центры заполнения, точка, сдвиговое сопротивление, условие электронейтральности, фото, концентрация теплопроводности, кластеры, захват комплексов.*

ВВЕДЕНИЕ

Адирович Е.И. и соавт. [1] получили полупроводниковые тонкие пленки из арсенида галлия (GaAS) с аномально высокой фотоэдс (~100 В) с помощью простого метода термического испарения. Позже в [2] аномально высокое фотоэдс (~5 В) наблюдалось и в тонких пленках последовательных полупроводников, относящихся к группе $A^{III}B^{V}$. Карпович [3] экспериментально установил, что величина аномальной фотоэдс и ее направление изменяются в зависимости от угла падения света на поверхность образца. По их мнению, можно найти такое направление, при котором при освещении образца с этим направлением аномально высокая фотоэдс (Afk) приближается к нулю, а затем фотоэдс меняет полярность. Позже стало известно, что это состояние соответствует направлению роста его микрокристаллов при формировании тонких пленок GaAS [4]. Исследования тонких пленок арсенида галлия и других полупроводников показали, что аномальные диаграммы зависимости фотоэдс от угла освещения являются одной из определяющих характеристик. Эти исследования позволяют определить физическую природу аномально высоких фотонапряжений, образующихся в Afk-элементах. Согласно Фигельскому [5], фотоэдс (аномально высокая) возникает на границе микрокристаллов с локализованными условиями в виде поверхности или дислокаций в полупроводниковой поликристаллической тонкой пленке. Эти состояния заряжены и образуют потенциальный барьер. Электронные и дырочные фотоносители, инертные под действием света, генерируются по одну сторону от потенциального барьера и разделены барьерной средой. Они создают разность потенциалов в соседних

микрокристаллах (рис. 1). В этом случае для элементарной микрофотоэдс подходит следующее выражение.

$$V_{\text{ф}} = \frac{\text{кТ}}{q}\frac{\Delta\eta_{\text{ч}}}{\eta_{\text{н}}}\left(\frac{J_n}{J_n+J_{cc}}\right)$$

(1.1)

$\eta_{\text{н}}$ - концепция непервичных носителей заряда,

$\Delta\eta_{\text{ч}}$ – концентрация носителей заряда, образующихся под действием света.

Фотоэдс достигает своего максимального значения, когда отношение токов основных носителей заряда и неосновных носителей заряда Jn в выражении для микрофотоэдс составляет Jos:Jn <<1. Это состояние означает наличие структурных систем типа p – n – p или n– p – n на границе вуалеобразных кристаллитов. Одним из факторов, вызывающих аномально высокое фотоэдс, являются фотодиффузионные процессы на однородных участках тонкой пленки (Дембер-эффект) [6,7]. Так как в экспериментальных образцах между микрокристаллами завесы имеются «оксидные» участки, и их сопротивление достаточно велико. Эти пограничные области препятствуют обмену межкристаллитными свободными носителями. Потому что удельное сопротивление испаряемого в вакууме материала отличается от удельного сопротивления полученной из него тонкой пленки (намного, в несколько раз меньше). Существование таких полей было подтверждено в электронно-микроконических отверстиях [8].

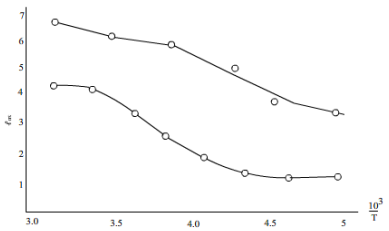
ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Опубликовано достаточно работ по природе формирования, технологии получения, особенностям и областям применения аномально высоких фотоэдс (АФЭ) [9]. Механизм эффекта, в технологии АФК - изготовления элементов из любого полупроводникового материала - достаточно задач, требующих решения. Эти проблемы вызывают различия в AFK - характеристических параметрах элемента. В результате несовершенство практических и теоретических критериев, уточняющих экспериментальные характеристики, вызывает определенные трудности в областях практического применения элементов АФК. По этим причинам необходимо углублять и расширять масштабы работ в этой области. Для этого попробуем

уточнить сущность и характеристики АФК - элемента вольт-амперной характеристики (ВАХ). Суть дела в том, что если есть потенциальные препятствия в неоднородности элемента АФК, то в его вольт-амперной характеристике наблюдаются нелинейности различной формы (отклонение от закона Ома). В результате изучения АФК - элемента VAX можно будет определить критерий, уточняющий механизм образования АФК [10]. Для определения механизма АФК подают переменное напряжение под действием света типа ВАХ. На вертикально-отклоняющую пластину (электрод) осциллографа через нагрузочный резистор подается напряжение. Оно пропорционально напряжению, проходящему через образец. Напряжение, подаваемое на образец, подается на горизонтальную электродную пластину осциллографа. В результате на экране появится график ВАХ за один период. Осциллограмму изучают путем снятия фотографии (компьютерного изображения) с экрана. Нелинейность в ВАХ не заметна при слабой освещенности и площади, но проявляется при больших значениях площади и освещенности. Исходя из цели исследования важно абсолютное значение напряжения и тока в ВАХ, а не абсолютное (действительное) значение, т.к. характер графиков ВАХ показан на осциллограмме. Знак и величина фотоэдс, связанной с засветкой, зависят от асимметрии ВАХ в соответствии с направлением приложенного к нему внешнего напряжения. При приближении поля к 3,103 В/см наблюдается резкое увеличение тока. В условных единицах ВАХ образцов, отобранных анизатронным методом термического испарения для безосвещенного (V = 0, рис. 1-а) и освещенного (V = 0, рис. 2-б) условий, показаны на рис. 1. Из рисунка видно, что приблизительный наклон ВАХ, полученный для случая ВАХ, равен x v. Если потенциальные барьеры «сжимаются» под действием света, то при больших значениях силы света (или освещенности) потенциальные барьеры исчезают и происходит выпрямление ВАХ (представляющее собой классическую связь ОМ). Такая ситуация возникает при $\Delta n = \frac{N_0 \chi}{\lambda}$ где N_0– концентрация доноров и акцепторов, для GaAS около 10^{18} см,$^{-3}$ d – толщина тонкой пленки АФК-элемента, когда она составляет 1 мкм, концентрации фотоэлектронов происходит при значении $\Delta n = 4 \cdot 10^{18}$ см,$^{-3}$

ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ.

Для исследования вольт-амперных характеристик использовались тонкие пленки GaAS, полученные методом анизатронного термического испарения в вакууме. Перед началом процесса измерения образец подвергают высокотемпературной и низкотемпературной термообработке в кислородной среде и обогащают кислородом. Также возможно использование классической схемы [4] пошагового непрерывного измерения (силы тока и напряжения) для выполнения вольт-амперных измерений. Этот метод требует длительных, сложных (трудоемких) измерений. Потому возникает необходимость оптимизации измерительной цепи с высоким сопротивлением (>109 Ом). В то же время осциллографически с помощью технических средств информационных технологий (гарнограф) можно изучать и ВАХ. Для этого вы можете сэмплировать на низкой частоте (~ 50 Гц). В начале начальной (λ_1- -наклонной) линейной координаты в ВАХ связь расширяется (увеличивается) с увеличением освещенности. Однако полной коррекции ВАХ не наблюдается до 10^5 лк. Фотопроводимость можно определить по качеству разности тангенсов наклонов в ВАХ ($tg\lambda_1$- $tg\lambda_2=\tau$). Линейность не меняется при изменении температуры и освещенности (рис. 3). На рис. 4 представлена температурная зависимость электропроводности образцов, подвергнутых термообработке при высокой температуре ($\frac{10^3}{T}$<3.2) в кислородной среде.

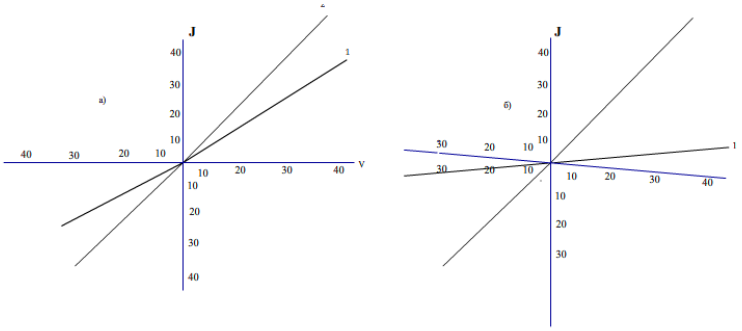


1 – рисунок. Температурная зависимость проводимости образцов, полученных в анизатронном испарителе, подвергнутых высокотемпературной термообработке.

(Проницаемость в дополнительных единицах)

1 – коэффициент пропускания для неосвещенного образца

2 – коэффициент пропускания при освещении 5.

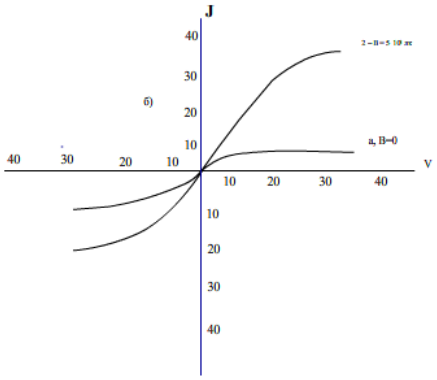


2 – рисунок. Вольт-амперная зависимость для образцов, подвергнутых низкотемпературной термической обработке ($\frac{10^3}{T}$>4) в кислородной среде.

(графически в условных единицах)

а) – снято при комнатной температуре, 1 – без освещения 2 – В = 5· 10^3 лк.

б) – образец при температуре жидкого азота, 1 – без подсветки, 2 – В = 5· 10^3 лк.

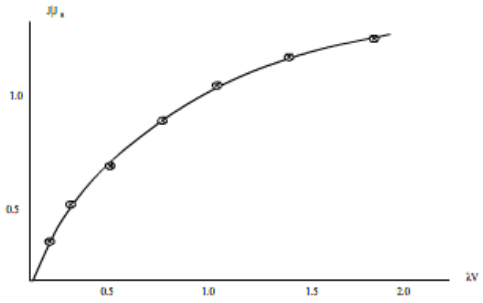


2 – рисунок. ВАХ для образца, прошедшего термообработку в атмосфере кислорода при высокой температуре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несветящаяся форма ВАХ указывает на наличие шунтирующих токов, шунтирующих переходы p-n. По условию электронейтральности для тока можно записать выражение $J=J_s Tg\lambda$ tg V.

Это выражение можно сравнить с экспериментом, введя J $\frac{J}{J_S} th \frac{\tau V}{J_S}$ $\tau = \frac{dJ}{dV}|_{v=0} = \lambda J_s$ соответствует проницаемости завесы. Если для ВАХ освещенного образца используется соединение $\frac{J}{J_S} \not{t}(2V)$, то его график выглядит следующим образом (рис. 5).



5 – рисунок. ВАХ для горящего состояния

При достаточно высоких температурах ВАХ в освещенном состоянии и ВАХ в неосвещенном состоянии завесы соответствуют гиперболической касательной, что означает наличие p-n-p или n-p-n-переходов в завесе. Степень асимметрии соседних переходов вызывает появление фотоэлектрического напряжения (Э.Ю.К).

ЛИТЕРАТУРА

1. Адирович Э.И., Рубинов В.М., Юабов Ю.М., ФТТ, 610, 3180, (1964).
2. Успенский М.Д., Иванова Н.Г., Маликис И.Е., ФТП, I, 8, 1268 (1967).
3. Карпович И.А.В аб. “Электронно – дыфчные и рекоды в полупроводниках ”, Ташкент, Изд – во АН УзССР (1962)
4. Найманбаев Р., Ирматов С.Х., Яримўтказгичли фотоприёмниклар, Фарғона, ФарПи нашриёти 2011 йил, 60 – 62 бетлар.

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОД ЭЛЕКТРОМОБИЛИ

[1]Хуснутдинов Азат Назипович, [2]Лазарев Павел Сергеевич
[1] khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru, [2]pavel.lazareb@mail.ru
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Аннотация. *В работе рассматривается внедрение электромобилей как стратегию для сокращения выбросов парниковых газов. Однако переход к этим транспортным средствам включает в себя вызовы, такие как воздействие на электросеть и необходимость точного прогнозирования нагрузки. Для решения этих проблем предлагается метод ультракороткосрочного прогнозирования нагрузки электромобилей, основанный на комбинации различных моделей*

машинного обучения, таких как регрессия с частичными наименьшими квадратами и машина повышения градиента света.

Ключевые слова: *электромобиль, зарядные станции, регрессия с частичными наименьшими квадратами, машина повышения градиента света.*

Одним из ключевых факторов сокращения выбросов парниковых газов является переход к экологически чистым транспортным средствам. В этом отношении электромобили представляют собой одно из наиболее перспективных решений. Исследования, проведенные в различных странах, показали, что электромобили способны существенно снижать выбросы парниковых газов по сравнению с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания [1].

Однако переход к электромобилям также вносит свои вызовы. Влияние на электросеть является одним из таких вызовов. Зарядка электромобилей требует больше времени, чем заправка автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Это может привести к увеличению нагрузки на электросеть, особенно в периоды пиковой нагрузки. С увеличением числа электромобилей на дорогах этот фактор становится все более актуальным и требует системного подхода к решению [2]. Более того, с развитием технологий и расширением ассортимента электромобилей, в том числе и крупных транспортных средств, таких как грузовики и автобусы, ожидается дополнительное увеличение нагрузки на электросеть [3]. Это требует более глубокого планирования и разработки инфраструктуры зарядных станций, чтобы обеспечить эффективное и безопасное функционирование электромобильного парка.

Для эффективного управления этой нагрузкой требуются точные модели прогнозирования. Однако прогнозирование нагрузки зарядки электромобилей представляет сложную задачу из-за множества факторов, влияющих на процесс зарядки. Они включают в себя структуру дорожной сети, состояние дорожного движения, распределение зарядных устройств, маршрут движения, пункт назначения, начальное состояние зарядки, психологию пользователя и др. [4].

Для решения этой проблемы был предложен метод ультракороткосрочного прогнозирования нагрузки электромобилей на основе многомодельного слияния. Это инновационный подход, разработанный для решения актуальных проблем, связанных с электрическими сетями и интеграцией электромобилей. Он представляет собой синтез различных методов машинного обучения, таких как регрессия с частичными наименьшими квадратами (PLSR) и машина 12 повышения градиента света (LightGBM), для эффективного прогнозирования нагрузки. Этот метод является ответом на растущую потребность в точных прогнозах энергопотребления электромобилей, которые становятся все более важными в контексте перехода к устойчивой и чистой энергетике.

PLSR – это статистический метод, разработанный для анализа взаимосвязи между набором независимых переменных и зависимой переменной. В контексте прогнозирования нагрузки электромобилей PLSR может использоваться для извлечения и анализа атрибутов из последовательности нагрузок, что позволяет строить более точные и надежные модели прогнозирования.

С другой стороны, LightGBM представляет собой алгоритм машинного обучения, основанный на градиентном бустинге, который эффективно работает с большими объемами данных. Он создает ансамбль слабых моделей обучения, таких как деревья решений, и каждая модель исправляет ошибки предыдущих моделей. В контексте прогнозирования нагрузки электромобилей LightGBM может обеспечить высокую точность и быструю скорость прогнозирования, что особенно важно для оперативного управления электросетями.

Вместе эти методы образуют мощный инструмент для прогнозирования нагрузки электромобилей на ультракороткий срок. Они позволяют учитывать различные факторы, влияющие на нагрузку, такие как погодные условия, временные пики и вариации в поведении потребителей, что обеспечивает более точные прогнозы и оптимальное управление энергосистемой.

Вместе с методом ультракороткосрочного исследователи активно исследуют и разрабатывают другие подходы, чтобы улучшить точность и надежность прогнозирования нагрузки электромобилей. Один из таких подходов

– использование методов глубокого обучения, таких как рекуррентные нейронные сети (RNN) и сверточные нейронные сети (CNN).

RNN – это класс нейронных сетей, способных работать с последовательными данными, что делает их идеальным выбором для анализа временных рядов, таких как данные о нагрузке электромобилей. Они обладают способностью запоминать предыдущие состояния и использовать их для прогнозирования будущих значений. Это позволяет им успешно моделировать сложные временные зависимости и достигать высокой точности прогнозирования нагрузки.

Сверточные нейронные сети (CNN) хоть изначально и разработаны для обработки изображений, также могут быть эффективно применены к анализу временных рядов. Они способны автоматически извлекать признаки из данных, что делает их полезными инструментами для прогнозирования нагрузки электромобилей. Использование CNN позволяет учитывать различные факторы, такие как временные тренды и сезонные изменения, что в конечном итоге приводит к улучшению точности прогнозирования.

Таким образом, для успешной интеграции электромобилей в городскую инфраструктуру необходимо разработать эффективные методы управления и прогнозирования нагрузки на электросеть [5]. Использование многомодельного слияния и оптимального планирования зарядки может помочь в решении этих проблем и обеспечить эффективное функционирование как транспортной системы, так и электроэнергетики в целом.

Список литературы

1. Горбунова А.Д., Анисимов И.А. Анализ научных подходов к обоснованию расположения зарядной инфраструктуры для электромобилей // Прогрессивные технологии и процессы: сб. науч. ст. VI Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Курск, 2019. – С. 66–68.

2. Load of electric vehicle charging station based on grey theory and neural network / J. Feng [et al.] // Energy Reports. – 2021. – Vol. 7. – P. 487–492.

3. Подход к определению интегрального показателя надежности технических систем на этапе разработки / Р.С. Литвиненко, А.Э. Аухадеев, А.Н. Хуснутдинов [и др.] // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 1 (30). – С. 52–61.

4. An Approach to Determining the Integrated Reliability of Technical Systems at the Development Stage / R. Litvinenko, A. Auhadeev, 14 A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022. – P. 83–94.

5. Yin W., Ji J. Research on EV charging load and orderly charging scheduling based on model fusion // Energy. – 2024. – Vol. 290. – P. 130126.

ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК 1 И 2 ТИПА НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Абдусаматов Хасанбой Абдурахим углы

E-mail: haa3@tpu.ru

Ферганский государственный технический университет

Аннотация *Статистика показывает, что мощность, получаемая при использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ) более чем удвоилась за десятилетие 2007-2017 гг.*

Ключевые слова: *актуальной, проблемой, широко, изучается, рубежом.*

В целом, на ВИЭ приходится примерно 70% чистого прироста мощности в мире в 2017 году. Лидирующие позиции в области электроэнергетики среди ВИЭ занимают ветроэлектрические установки (ВЭУ), объединенные в ветроэлектростанции (ВЭС), общая вырабатываемая мощность которых на конец 2017 года составила 539 ГВт (рисунок 1).

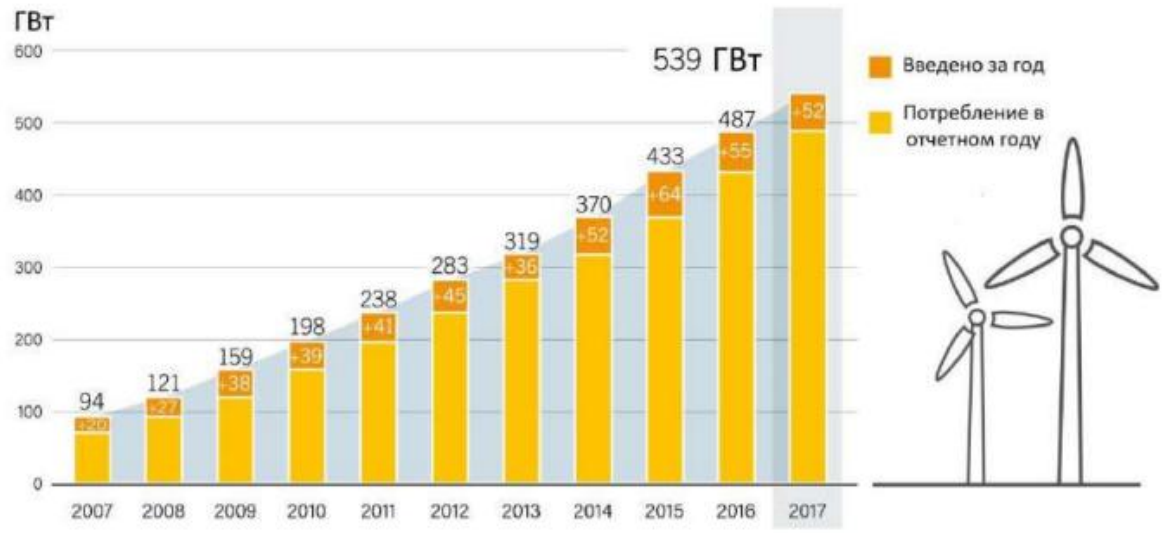


Рис. 1 Мощность вырабатываемая ВЭС.

Проблемы совместной работы маломощных ветроэлектрических установок (ВЭУ) с сетью хорошо изучены, имеется множество инструментов для анализа взаимодействия ВЭУ и ЭЭС. Проблемы подключения небольшого количества ВЭУ к ЭЭС связаны в основном с качеством напряжения и термической стойкостью линий и кабелей. Внедрение мощных ВЭУ в работу ЭЭС является актуальной проблемой и широко изучается за рубежом. Единственным возможным способом оценки влияния работы мощных ВЭС на ЭЭС в различных режимах работы, является математическое моделирование таких ВЭС, соответственно к моделирующим комплексам и математическим моделям применяются высокие требования.

Схемы ВЭУ 1-го и 2-го типа являются устаревшими конструкциями, применяемыми с начала 80-ых годов. В силу низкого КПД по сравнению с 3-им и 4-ым типами, ВЭУ 1-го и 2-го типа все меньше встречаются на рынке и активно заменяются на действующих ВЭС. Однако их доля в общем количестве ВЭУ все еще достаточно велика, в связи с чем их особенности необходимо учитывать при анализе режима работы ЭЭС.

В ЭЭС с ВЭУ 1-го и 2-го типов без системы компенсации реактивной мощности (РМ) аварийный режим характеризуется колебаниями напряжения, резкой просадкой напряжения в коллекторной сети и в точке подключения ВЭС к ЭЭС. Ротор ВЭУ начинает ускоряться, (увеличивается скольжение) ввиду

неравенства между электрическим и механическим моментом. При коротких замыканиях (КЗ) на шинах ВЭУ 1-го и 2-го типа пиковые токи будут значительно выше номинальных и в 5-8 раз могут превышать номинальные [1].

После устранения КЗ ВЭУ 1-го и 2-го типа начинают потреблять РМ из сети, для создания магнитного потока, что приводит к еще большему снижению напряжения в точке подключения. Проблема компенсации РМ в таком случае может быть решена установкой компенсирующих устройств РМ (УКРМ), таких как: управляемые шунтирующих реакторы, СТАТКОМы или конденсаторные батареи; в данном ключе следует также рассматривать воздействие этих устройств на режим работы ЭЭС [2-4]. К примеру, использование устройств компенсации РМ может привести к самовозбуждению асинхронных генераторов, в аварийных режимах. Следующей проблемой аварийных режимов ВЭУ 1-го и 2-го типа являются перенапряжения в сети [5,6]. Перенапряжения могут возникнуть при отключении ВЭУ, вследствие возникновения избытка РМ. Следовательно, для нормальной работы ЭЭС с ВЭУ 1-го и 2-го типа устройства регулирования РМ должны содержать как емкостные, так и индуктивные компоненты. В [7], рассматривается вопрос значительного уменьшения напряжения на шинах при внедрении большой мощности от ВЭУ 1-го и 2-го типа в ЭЭС. Это связано с тем, что потребление РМ ВЭУ в составе ВЭС перераспределяет перетоки РМ в сети. На рисунке 2 показана зависимость уровня напряжения на шинах в ЭЭС от увеличения мощности ВЭС.

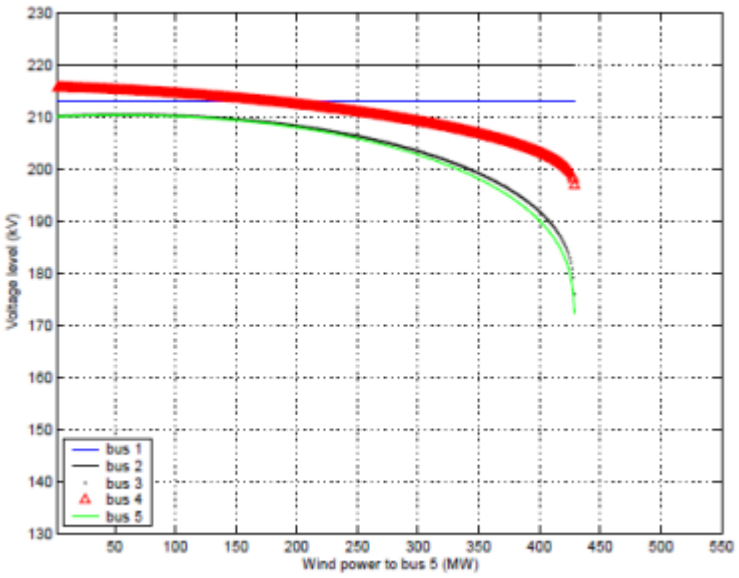


Рис. 2 Снижение напряжения в ЭЭС в зависимости от мощности ВЭС (ВЭУ 1 типа)

Также исследования показали, что при аналогичной конфигурации сети с использованием ВЭУ 4 типа, пределы по статической устойчивости в сети значительно выше (рисунок 3), что позволяет использовать ВЭУ в большем количестве.

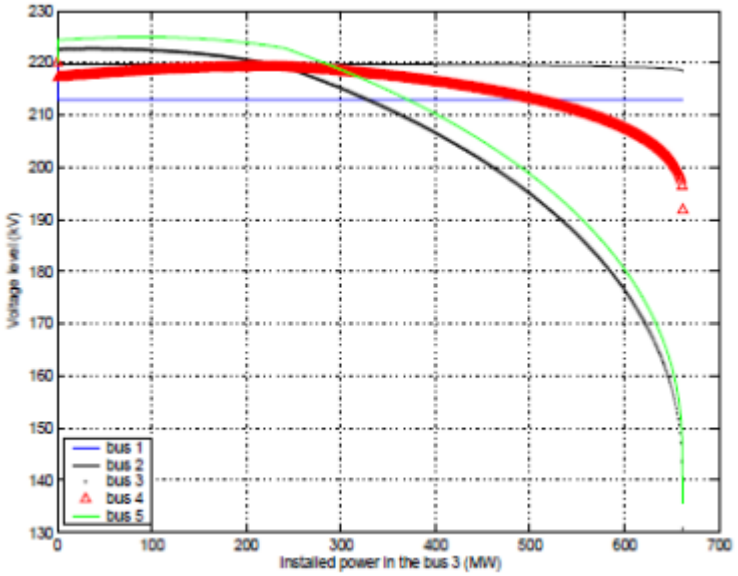


Рис. 3 Снижение напряжения в ЭЭС в зависимости от мощности ВЭС (ВЭУ 4 типа)

Ряд обозначенных технических ограничений ВЭУ 1-го и 2-го типов (потребление реактивной мощности, узкий диапазон изменения скорости вращения и т.д.) обусловил предел наращивания их единичной мощности, что привело к необходимости разработки новых технических решений – ВЭУ 3-го и 4-го типов, что позволило существенно снизить воздействие ВЭУ и ВЭС на ряд

показателей качества электрической энергии, таких как: доза фликера, колебания напряжения и PM [8]. Сегодня в связи с вышеописанными недостатками зарубежные операторы активно модернизируют ВЭС и заменяют устаревшие ВЭУ 1-го и 2-го типа на ВЭУ 3-го и 4-го типа.

Литература

1. Bradt M., Behnke M.R., Bloethe W.G. and other. Wind Plant Collector System Fault protection and Coordination IEEE PES Wind Plant Collector System Design Working Group.

2. Zhou F.Q., Joos G., Abbey C. Voltage Stability in Weak Connection Wind Farms, Power Engineering Society General Meeting, 2005. IEEE. Volume 2, 12-16 June 2005 Page(s): 1483-1488.]

3. Ha L.T., Saha T.K., Investigation of Power Loss and Voltage Stability Limits for Large Wind Farm Connections to a Sub-transmission Network, Power Engineering

4. Ackermann T. Wind Power in Power Systems. - Wiley (2005)

5. Akhmatov V. and Børre Eriksen P. A Large Wind Power System in Almost Island Operation—A Danish Case Study/ IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 22, NO. 3, AUGUST 2007]

6. Akhmatov V. and Søbrink K. Static Synchronous Compensator (Statcom) for Dynamic Reactive-Compensation of Wind Turbines WIND ENGINEERING VOLUME 30, NO. 1, 2006]

7. Rosas, P. Dynamic Influences of Wind Power on the Power System : Ph.D. thesis, - 0rsted.: Riso National Laboratory, - 2003, 150 p.

8. Larsson, A. The Power Quality of Wind Turbines: PhD thesis, - Goteborg. : Chalmers University of Technology.: Department of Electrical Power Engineering, 2000. - 166 P.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ИНЕРЦИИ ЧЕТЫРЕХ НАПРАВЛЕННОГО ВЕТРА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ

Абдусаматов Хасанбой Абдурахим углы

E-mail: haa3@tpu.ru

Ферганский государственный технический университет

Аннотация *В статье Инерция от вращающихся масс генераторов на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях представляет собой источник кинетической энергии, которая используется чтобы дать сети время отреагировать на возмущение в течение нескольких секунд.*

Ключевые слова: *тепловых, атомных, гидроэлектростанциях, источник, кинетической, энергии.*

Именно инерция не позволяет частоте изменяться скачком, и чем больше значение постоянной инерции, тем проще системе поддерживать номинальное значение частоты [1].

Однако из-за глобальной тенденции перехода к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) общесистемное значение постоянной инерции уменьшается. Солнечные электроустановки в принципе не имеют вращающихся частей, способных накопить кинетическую энергию, в то время как ветроэнергетические установки (ВЭУ) не могут напрямую использовать энергию вращающихся масс из-за того, что они отделены от сети силовыми преобразователями (рисунок 1) [2].

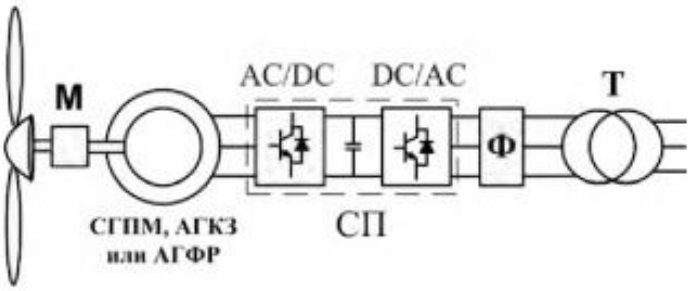


Рис. 1. Схема подключения ВЭУ посредством преобразователя полной мощности (ВЭУ 4-го типа): АГКЗ - асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором; АГФР - асинхронный генератор с фазным ротором; СГПМ - синхронный генератор с постоянным магнитом; М - мультипликатор; Т – трансформатор

Одной из мер увеличения постоянной инерции в электрической сети является использование кинетической энергии вращающейся части ВЭУ (рисунок 2) с помощью специальных каналов управления (рисунок 3). Инерционный отклик в этом плане обеспечивается таким же образом, что и при традиционных генераторах, только если там значение инерции определяется непосредственно массой ротора, то при ветряных электроустановках инерция обеспечивается косвенно, через их систему управления. Соответственно блоки управления, с помощью которых достигается увеличение постоянной инерции, называются блоками синтетической инерции (СИ) [3].

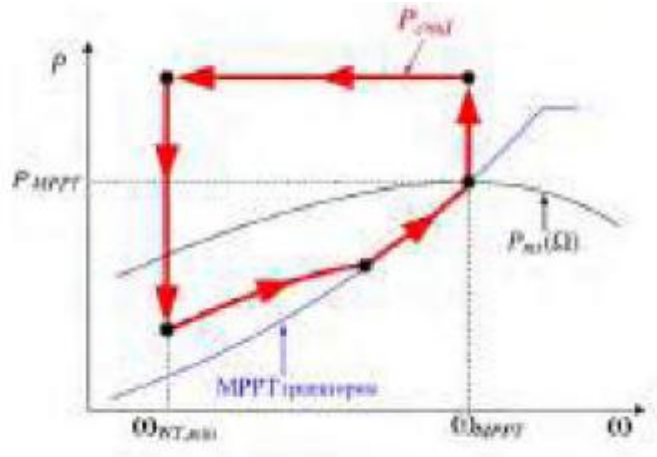


Рис. 2. Диаграмма процесса высвобождения кинетической энергии ветряного колеса

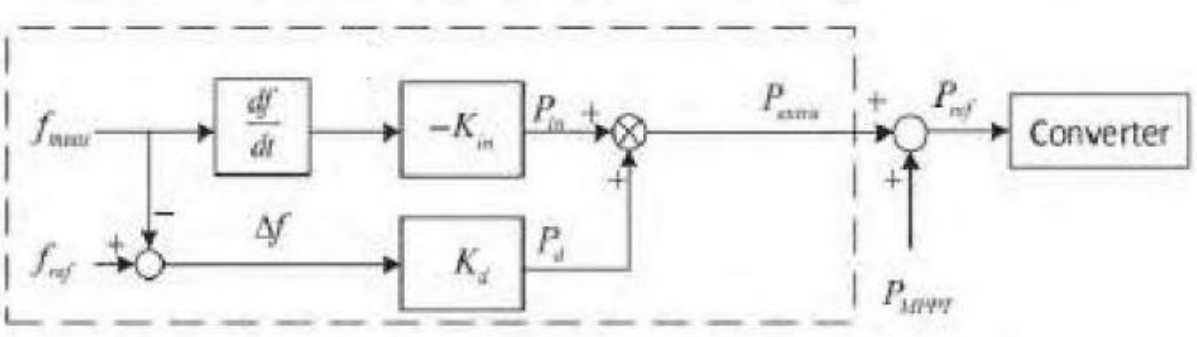


Рис. 3. Структурная схема модуля синтетической инерции

Анализу влияния синтетической инерции в ветроэнергетической установке 4-го типа на устойчивость по частоте и посвящена данная работа. Для исследования частоты системы используется учебная тестовая модель ЭЭС 9 bus IEEE, представленная на рисунке 4. Объем мощности, вырабатываемый ветряной электростанцией (ВЭС), которую образуют ВЭУ 4-го типа, постепенно

замещает объем мощности от синхронного генератора Г3. Опыты проводятся путем моделирования увеличения нагрузки для случаев 80 %, 50 % и 25 % замещения традиционной генерации на ВЭУ. Соответственно, в опыте без ВЭУ шина 7 была отключена при включении шины 6, а в опыте 80 %-ого замещения традиционной генерации на ВЭУ наоборот. При этом объем общей генерируемой мощности, как и величина наброса нагрузки, были одинаковыми во всех трех опытах. Модель реализована в программном комплексе «Eurostag».

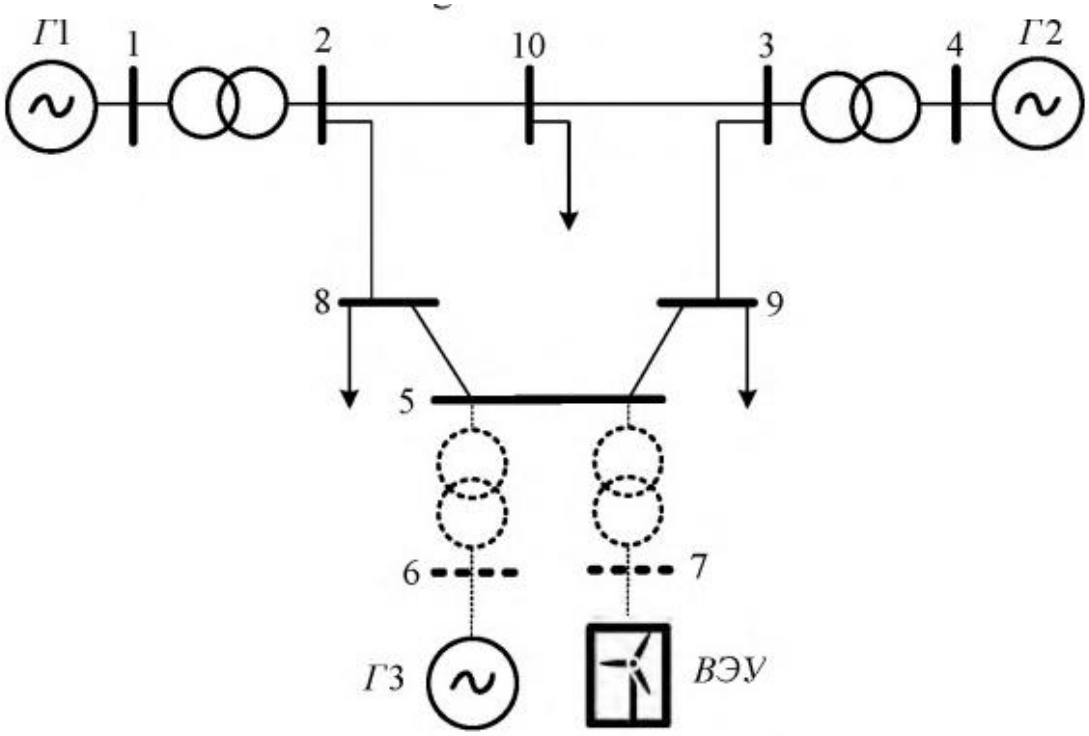


Рис. 4. Схема сети 9 bus IEEE

1. Оценка влияния на частоту при 80 % замещения ВЭУ Из результатов первого эксперимента, приведенных на рисунке 5, можно сделать два вывода. Во-первых, при значительной доле ВЭУ в энергосистеме из-за уменьшения постоянной инерции скорость изменения частоты действительно увеличивается (сравнение красной и зеленой осциллограммы). Во-вторых, применение синтетической инерции позволяет значительно сократить максимальное отклонение частоты и длительность переходного процесса (сравнение красной и синей осциллограммы). Второй и третий опыты посвящены исследованию настроек управления синтетической инерцией.

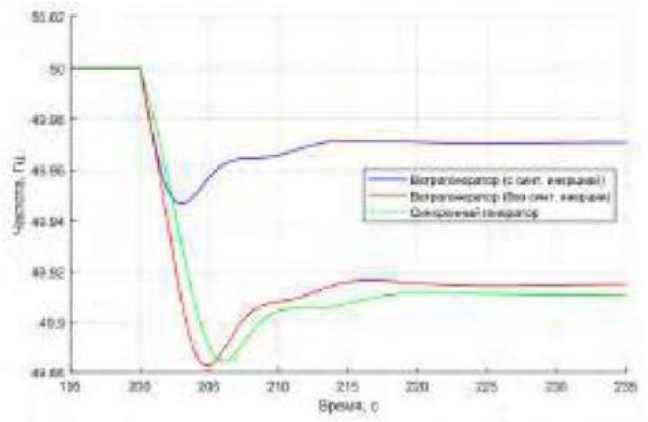


Рис. 5. Осциллограммы частоты при 80% замещения

2 . Оценка влияния на частоту при 50 % замещения ВЭУ Из графика на рисунке 6 видно, как значение коэффициентов влияет на поведение частоты в энергосистеме. Если увеличить коэффициент Ki, отвечающий за скорость изменения частоты, можно достичь более плавного изменения параметра. Однако с увеличением данного коэффициента частота будет увеличивать величину падения, что может негативно сказаться на энергосистеме. Поэтому сильно замедлить падение частоты не получится.

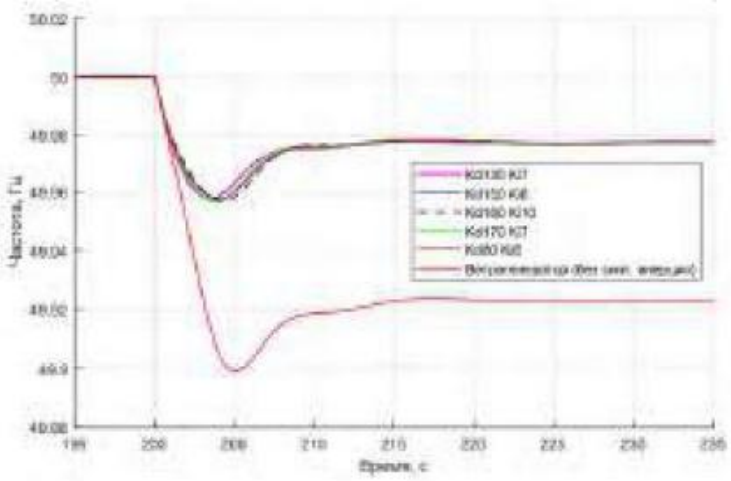


Рис. 6. Осциллограммы частоты при 50% замещения

3. Оценка влияния на частоту при 25 % замещения ВЭУ Как видно на графике, приведенном на рисунке 7, при неправильно выбранных значениях коэффициентов (пунктирная осциллограмма) система становится нестабильной и долго не может перейти в установившейся режим.

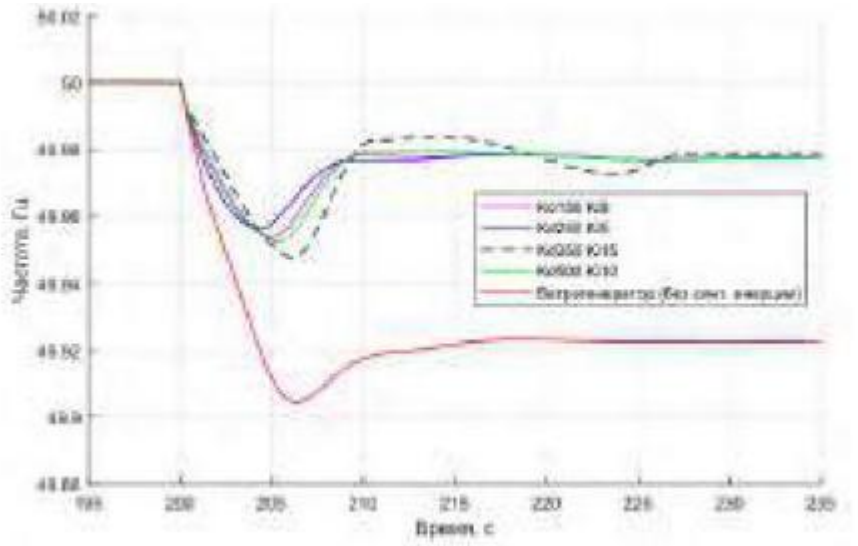


Рис. 7. Осциллограммы частоты при 25% замещения

Применение метода высвобождения кинетической энергии ветряного колеса ВЭУ 4-го типа в связке с модулем СИ может привести к нарушению устойчивой работы ВЭУ. Стабильная работа обеспечивается лишь в некотором диапазоне коэффициентов модуля СИ. Наблюдаемая неустойчивость работы ВЭС 4-го типа обуславливается реактивным набором скорости ветрового колеса свыше номинальной после торможения ротора. Исследование показало, что внедрение в энергосистему возобновляемых источников энергии, в частности, ветроэнергетических установок 4-го типа, влечет за собой более резкое изменение частоты после возмущений. Однако применение блоков синтетической инерции улучшает устойчивость системы, значительно сокращая предельное отклонение частоты. В свою очередь неправильная настройка параметров управления может привести к тому, что даже при относительно небольшой доле внедрения ВИЭ переходный процесс будет длиться значительно дольше и опаснее.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Xiong, Liansong, Yujun Li, Yixin Zhu, Ping Yang, "Coordinated Control Schemes of SuperCapacitor and Kinetic Energy of DFIG for System Frequency Support" Energies 11, no. 1: 103. 2018 https://doi.org/10.3390/en11010103.

2. Teodorescu, R. Grid converters for photovoltaic and wind power systems / R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez // Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2011.

3. P. Tielens and D. Van Hertem, “Grid inertia and frequency control in power systems with high penetration of renewables,” in Young Researcher Symposium Delft, April 2012, pp. 1- 6.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОТОКОВ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ЭНЕРГОСЕТЯМИ В КЕНИИ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Ёкубов Шокиржан Шукрулло угли

good2124good@gmail.com

Ферганиский государтсвенный технический Университет

ассистент кафедре Телекоммуникационной инжиниринг

Аннотация. *Все более развивающаяся энергосистема Кении требует передовых методов анализа потоков данных для более эффективного мониторинга и управления в режиме реального времени. В данной статье рассматривается, как эти методы в настоящее время используются в интеллектуальных энергосетях Кении, подчеркивая как их преимущества, так и недостатки. Хотя существующие системы поддерживают базовый мониторинг и обнаружение неисправностей, они не способны эффективно обрабатывать высокую скорость передачи данных, их изменчивость и интеграцию возобновляемых источников энергии. Высокие цены, слабая нормативная поддержка, ограниченные технические навыки, низкое качество данных и неадекватная вычислительная инфраструктура являются некоторыми из основных препятствий. В данной статье рассматриваются машинное обучение, адаптивная кластеризация и периферийные вычисления в качестве возможных решений для улучшения обнаружения неисправностей, динамической балансировки нагрузки, мониторинга в режиме реального времени и интеграции возобновляемых источников энергии. Эти стратегии*

оптимизируют производительность сети, одновременно решая проблемы задержек и масштабируемости.

Ключевые слова *Анализ потока данных · Интеллектуальные электросети · Мониторинг данных в реальном времени · Алгоритмы кластеризации · Интернет вещей.*

Введение

Интеллектуальные электросети стали революционным решением для современного управления энергоресурсами, предоставляя возможности мониторинга и управления в режиме реального времени, которые повышают эффективность, надежность и устойчивость. Эти сети используют Интернет вещей (IoT) и передовую аналитику для повышения эффективности производства, передачи и потребления электроэнергии . Применение методов анализа потоков данных имеет решающее значение для функциональности сетей, позволяя непрерывно обрабатывать и анализировать огромные и динамичные потоки данных, создаваемые сетевыми датчиками и устройствами [2]. Однако могут возникнуть проблемы, которые необходимо постепенно решать.

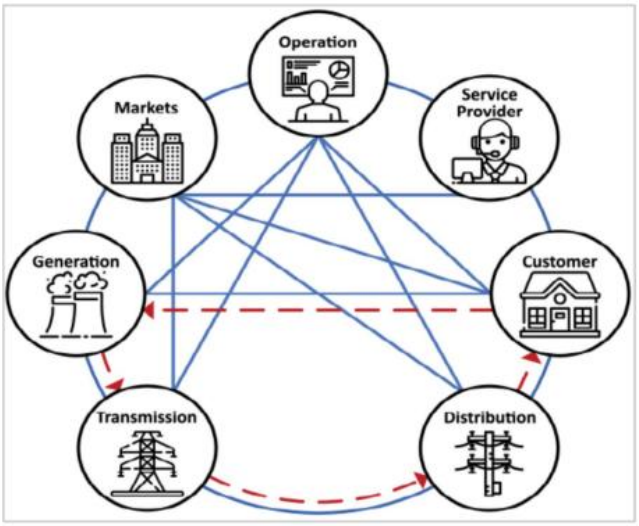
Методы анализа потоков данных интеллектуальных электросетей и их роль в Кении.

Методы анализа потоков данных критически важны для получения полезной информации из непрерывного потока данных, предоставляемого интеллектуальными электросетями. Эти методы позволяют осуществлять мониторинг, управление и оптимизацию работы сети в режиме реального времени, поскольку они способствуют получению содержательной информации из огромных непрерывных потоков данных, генерируемых датчиками, интеллектуальными счетчиками и устройствами Интернета вещей [8]. Однако их реализация имеет значительные преимущества, недостатки и препятствия, которые требуют критического анализа . На рисунке 1 представлена

архитектурная модель интеллектуальной сети (SGAM) со взаимосвязанными системами и устройствами для подачи электроэнергии потребителям.

Методы анализа потоков данных интеллектуальной электросети и их роль в Кении

Методы анализа потоков данных критически важны для получения полезной информации из непрерывного потока данных, предоставляемого интеллектуальными энергосетями. Эти методы позволяют осуществлять мониторинг, управление и оптимизацию работы сети в режиме реального



времени, поскольку они способствуют получению содержательной информации из огромных непрерывных потоков данных, генерируемых датчиками, интеллектуальными счетчиками и устройствами Интернета вещей. Однако их реализация имеет существенные преимущества, недостатки и препятствия, которые требуют критического анализа . На рисунке 1 представлена архитектурная модель интеллектуальной сети (SGAM) с взаимосвязанными системами и устройствами для подачи электроэнергии потребителям.

Рис. 1

Аналитика в реальном времени.

Методы анализа потока данных позволяют практически мгновенно обнаруживать аномалии в сети, такие как отключения электроэнергии или изменения напряжения, что позволяет быстро реагировать. По мнению Ахмада и др. [11], информация в режиме реального времени критически важна для

сохранения стабильности сети и предотвращения каскадных сбоев. Дополнительные преимущества связаны с непрерывной обработкой данных, методами оконного анализа, онлайн-алгоритмами и инкрементальным обучением. В отличие от традиционного анализа данных, который работает со статическими наборами данных, анализ потока данных обрабатывает данные по мере их поступления. Это позволяет анализировать и идентифицировать закономерности в режиме реального времени. Чтобы справиться с бесконечностью потоков данных, используются такие методы, как скользящие или переворачивающиеся окна, сужающие анализ до определенной части потока и предоставляющие актуальную информацию Танталаки и др. отметили, что онлайн-алгоритмы предназначены для обработки данных в режиме реального времени с использованием ограниченного объема памяти и вычислительных ресурсов. Алгоритмы настроены на постепенное обновление своих моделей с каждой новой точкой данных, подстраиваясь под изменения данных и представляя самое актуальное представление.

Интеграция с Интернетом вещей

Передовые методы анализа потоков данных без проблем работают с устройствами Интернета вещей (IoT), позволяя улучшить распределение энергии в сети и включить возобновляемые источники энергии . Такое сочетание открывает потенциал для расширенного управления и оптимизации сети. Роль IoT в интеллектуальных сетях включает улучшение сбора данных, систем связи и распределенного интеллекта. Интеллектуальные счетчики, датчики и исполнительные механизмы — это лишь некоторые из устройств IoT, используемых в сети для сбора данных в режиме реального времени о напряжении, токе, потоке мощности, температуре и состоянии оборудования. Кроме того, IoT позволяет создавать

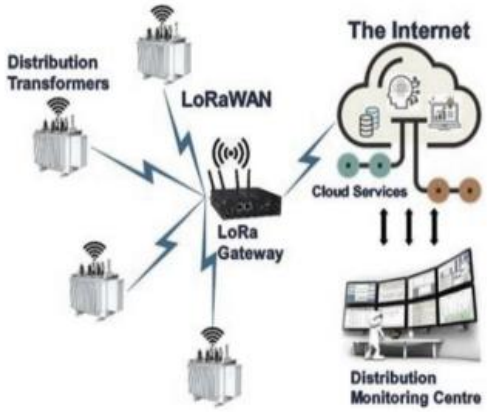


Рис. 2

сети связи, обеспечивающие бесперебойную передачу данных между сетевыми устройствами и центрами управления. Устройства IoT также могут выполнять локальные задачи обработки и управления, обеспечивая распределенное принятие решений и более быстрое время отклика. Рис. 2 Контроль неисправностей распределительных трансформаторов с использованием встроенных датчиков.

Список литературы

1. Ahmad T, Zhang D. Using the internet of things in smart energy systems and networks. Sustain Cities Soc. 2021;68: 102783.

2. Hossein Motlagh N, Mohammadrezaei M, Hunt J, Zakeri B. Internet of Things (IoT) and the energy sector. Energies. 2020;13(2):494.

3. As KN, Desai K, Kautish S. Optimizing green power and green energy through digital technologies. In: Digital technologies to implement the UN sustainable development goals. Cham: Springer; 2024. p. 275–304.

4. Tapo AA, Traoré A, Danioko S, Tembine H. Machine Intelligence in Africa: a survey. arXiv:2402.02218. 2024. https://arxiv.org/abs/2402. 02218.

5. Ochola DO. Static synchronous compensator (STATCOM) related factors and performance of voltage regulation project, a case of lake Turkana wind power plant. Nairobi: University of Nairobi; 2023.

6. Zang T, Wang S, Wang Z, Li C, Liu Y, Xiao Y, Zhou B. Integrated planning and operation dispatching of source–grid–load–storage in a new power system: a coupled socio–cyber–physical perspective. Energies. 2024;17(12):3013.

7. Hua H, Li Y, Wang T, Dong N, Li W, Cao J. Edge computing with artificial intelligence: a machine learning perspective. ACM Comput Surv. 2023;55(9):1–35.

8. Abir SA, Anwar A, Choi J, Kayes AS. IoT-enabled smart energy grid: applications and challenges. IEEE Access. 2021;9:50961–81.

BARQAROR ENERGIYA BOSHQARUVIDA AQLLI TARMOQLAR VA MIKRO TARMOQLARNING O‘ZGARUVCHAN ROLI

Faxriddin Kasimov Shadmankulovich[1,2],Dilrabo Allayorova Abdujamil qizi[3],

1- O’zR Fanlar Akademiyasi S.Azimov nomidagi Fizika-texnika instituti,

2- O‘zbekiston jurnalistika va ommaviy kommunikatsiyalar universiteti,

3- Guliston Davlat Universiteti

E-mail: fahri2002@mail.ru

Annotatsiya.

Ushbu tadqiqot barqaror energiya boshqaruvi kontekstida aqlli tarmoqlar, mikro tarmoqlar va yarimo‘tkazgich texnologiyalari bo‘yicha ilmiy nashrning keng qamrovli bibliometrik tahlilini taqdim etadi. Ma’lumotlar Web of Science Core Collection bazasidan to‘plandi va VOSviewer (Visualization of Similarities Viewer) dasturi yordamida intellektual tuzilmalar, tematik klasterlar va tadqiqot yo‘nalishlarini aniqlash uchun tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, yarimo‘tkazgich asosidagi yechimlar qayta tiklanuvchi energiya integratsiyasi, tarmoqni optimallashtirish va energiya saqlash tizimlarini rivojlantirishda tobora muhim rol o‘ynamoqda. Beshta asosiy tadqiqot yo‘nalishi aniqlangan: qayta tiklanuvchi energiya va aqlli tarmoqlar integratsiyasi, tarqatilgan mikro tarmoq tizimlari, optimallashtirish modellari, boshqaruv strategiyalari, tizim darajasidagi barqarorlik va kiberxavfsizlik.

Kalit so‘zlar: *barqaror energiya; yarimo‘tkazgichli texnologiyalar; bibliometrik tahlil; aqlli tarmoq; sun’iy intellekt; qayta tiklanuvchi energiya innovatsiyasi.*

Kirish

Tahlil shuni ko‘rsatdiki, 2020–2021 yillardagi asosiy muhandislik yo‘nalishlaridan 2022–2025 yillarda aqlli, raqamli imkoniyatlarga ega energiya tizimlariga bosqichma-bosqich o‘tish sodir bo‘lgan. Ayniqsa elektr harakatchanligi (electromobility), raqamli egizaklar (digital twins) va konveks optimallashtirish kabi ilg‘or energiya boshqaruv usullariga e’tibor ortgan.

Barqaror va bardoshli energiya tizimlariga global intilish natijasida energiyani ishlab chiqarish, taqsimlash va iste’mol qilish usullarida sezilarli texnologik, institutsional va xulqiy o‘zgarishlar yuz bermoqda [1]. Ushbu o‘zgaruvchan muhitda aqlli tarmoqlar (smart grids) va mikro tarmoqlar (microgrids) markaziy komponentlarga aylandi - ular energiya infratuzilmasining markazlashmagan va raqamlashtirilgan shaklini ifodalaydi [2].

Dastlab bu tizimlar eskirgan elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish uchun muhandislik yechimlari sifatida ishlab chiqilgan bo‘lsa-da, endilikda ularning roli sezilarli darajada kengaydi - texnik innovatsiyalar bilan bir qatorda boshqaruv, energetika siyosati, xavf menejmenti va tashkiliy o‘zgarishlarga oid strategik funksiyalarni ham o‘z ichiga olmoqda [3].

Aqlli tarmoqlar - bu ishlab chiqarish, taqsimlash va iste’molni optimallashtirish uchun ilg‘or aloqa, avtomatlashtirish va real vaqtli ma’lumotlarni qayta ishlash imkoniyatlaridan foydalanadigan elektr tarmoqlaridir [4]. Yetkazib beruvchi va iste’molchi o‘rtasida ikki tomonlama aloqa imkonini yaratish orqali ushbu tizimlar qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash, talabni boshqarish va tizimning umumiy moslashuvchanligini oshirishga yordam beradi [5].

Shu bilan birga, mikro tarmoqlar - mahalliy energiya tizimlari bo‘lib, ular asosiy tarmoq bilan birgalikda yoki mustaqil ishlay oladi, energiya ishonchliligi, ofatlarga bardoshlilik va qishloq elektrifikatsiyasiga hissa qo‘shadi [6]. Har ikki texnologiya ham energiyaga o‘tish jarayonining muhim omillari hisoblanadi, chunki ular yoqilg‘i manbalariga qaramlikni kamaytirish va past uglerodli, taqsimlangan hamda intellektual energiya tizimlarini rivojlantirishni qo‘llab-quvvatlaydi [7].

Biroq aqlli tarmoqlar va mikro tarmoqlarning rivojlanishi faqat texnologik yutuq emas [8]. Ularning muvaffaqiyati ko‘p darajali manfaatdor tomonlar o‘rtasidagi

muvofiqlashtirilgan hamkorlikka bog‘liq - bu energiya kompaniyalari, tartibga soluvchi organlar, siyosatchilar, texnologiya ishlab chiquvchilar va iste’molchilarni o‘z ichiga oladi [9]. Shuning uchun bu tizimlarning muvaffaqiyatli joriy etilishi huquqiy asoslar, moliyaviy modellar, davlat–xususiy sherikliklar, foydalanuvchi ishonchi va tarmoqlararo rejalashtirish kabi omillarga tayanadi [10].

Bu jarayonda yarimo‘tkazgichli texnologiyalarning roli muhim, ammo yetarlicha o‘rganilmagan [11]. Yarimo‘tkazgichlar quvvat elektronikasidagi, tarmoq intellektidagi va energiya saqlashdagi yutuqlarning asosini tashkil etadi, samarali energiya aylanishi, bashoratli tahlil va xavfsiz raqamli infratuzilmani ta’minlaydi [12]. So‘nggi tadqiqotlar ularning invertor samaradorligini oshirish, sun’iy intellekt asosidagi energiya boshqaruvini qo‘llab-quvvatlash va elektr harakatchanlikni rivojlantirishdagi rolini ta’sdiqlagan [13]. Shu bois, yarimo‘tkazgichlar raqamli intellekt va barqaror energiya tizimlari o‘rtasidagi texnologik ko‘prik vazifasini bajaradi, biroq bu masala hozirgi adabiyotlarda etarli darajada yoritilgan.

Mavjud ilmiy adabiyotlar keng va tarmoqlangan bo‘lib, bu sohaning intellektual tuzilmasi va tematik ustuvorliklari haqida yaxlit tasavvur hosil qilishni qiyinlashtiradi. Avvalgi tahliliy sharhlarda foydali ma’lumotlar bergan bo‘lsa-da [11,12,13], ular asosan tavsifiy xarakterga ega va tizimli intellektual bog‘liqliklarni ko‘rsatmaydi. Bundan tashqari, yarimo‘tkazgich innovatsiyasi bilan barqaror energiya boshqaruvi integratsiyasiga, mintaqalararo tadqiqot hissasiga va siyosiy hamda sanoat oqibatlariga oid bo‘shliqlar mavjud [14,15].

Ushbu bo‘shliqlarni bartaraf etish maqsadida ushbu tadqiqot 2009–2025 yillar oralig‘ida aqlli tarmoqlar, mikro tarmoqlar va yarimo‘tkazgich asosidagi barqaror energiya yechimlari bo‘yicha global ilmiy ishlanmalarni bibliometrik tahlil yordamida tizimli ravishda o‘rganadi. Bibliometrik tahlil ilmiy faoliyatning natijalarini - nashrlar soni, mualliflar, tashkilotlar, hamkorlik tarmoqlari va tematik yo‘nalishlarni aniqlash uchun ishonchli metodologik asos bo’ladi [16,17].

An’anaviy adabiyot sharhlaridan farqli o‘laroq, bibliometrik yondashuv tadqiqot sohasining rivojlanishi va hozirgi holatini miqdoriy hamda vizual jihatdan tahlil qilish imkonini beradi. Shu orqali ushbu tadqiqot aqlli tarmoqlar va mikro tarmoqlar haqidagi

ilmiy baxs-munozara qanday qilib texnologik va muhandislik yo‘nalishidan strategik, boshqaruvga yo‘naltirilgan energiya tizimlariga o‘tgani va bu jarayonda yarimo‘tkazgichlar, barqarorlik hamda ijtimoiy-iqtisodiy omillar qanday rol o‘ynaganini aniqlaydi.

Xulosa. Shunday qilib, ushbu tadqiqot aqlli tarmoqlar, mikro tarmoqlar va yarimo‘tkazgichlarning barqaror energiya boshqaruvidagi o‘zgaruvchan roliga bag‘ishlangan, o‘z vaqtida va keng qamrovli bibliometrik sharhni taqdim etadi. Bibliometrik usullarni strategik tahlil bilan uyg‘unlashtirib ushbu texnologiyalarning toza, ishonchli va adolatli energiya kelajagini shakllantirishdagi o‘rniga integratsiyalashgan yondashuvni ilgari suradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.T. Hoang, S. Nižetić, A.I. Olcer, H.C. Ong, W.H. Chen, C.T. Chong, S. Thomas, S.A. Bandh, X.P. Nguyen. COVID-19 pandemiyasining global energiya tizimiga ta’siri va qayta tiklanuvchi energiyaga o‘tish jarayoniga ta’siri: imkoniyatlar, muammolar va siyosiy oqibatlar. Energy Policy, 2021, 154, 112322.

2. K.I. Ibekwe, P.E. Ohenhen, O. Chidolue, A.A. Umoh, B. Ngozichukwu, V.I. Ilojianya, A.V. Fafure. AQSh energiya infratuzilmasidagi mikro tarmoqlar: markazlashmagan energiya yechimlarini, ularning afzalliklari va mintaqaviy joriy etishdagi muammolarini o‘rganishga bag‘ishlangan keng qamrovli sharh. World Journal of Advanced Research and Reviews, 2024, 21, 973–987pp.

3. J.R. Aguero, E. Takayesu, D. Novosel, R. Masiello. Tarmoqni modernizatsiya qilish: barqaror kelajak uchun muammolar va imkoniyatlar. IEEE Power & Energy Magazine, 2017, 15, 74–83 pp.

4. J.J. Moreno Escobar, O. Morales Matamoros, R. Tejeida Padilla, I. Lina Reyes, H. Quintana Espinosa. Aqlli tarmoqlar bo‘yicha keng qamrovli tahlil: muammolar va imkoniyatlar. Sensors, 2021, 69-78 pp.

A. Aoun, M. Ghandour, A. Ilinca, H. Ibrahim. Talab tomonini boshqarish. Ichida: Hybrid Renewable Energy Systems and Microgrids; Elsevier: Amsterdam, Niderlandiya, 2021; 463–490-pp.

5. G.Kostenko, A.Zaporozhets. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida taqsimlangan ishlab chiqarishga ega mikro tizimlar (mikro tarmoqlar) orqali energiya tizimi barqarorligini oshirish. Systems Research in Energy, 2023,25–38 pp.

6. M. Cavus. Qayta tiklanuvchi energiya va intellektual texnologiyalar yordamida quvvat tizimlarini rivojlantirish: tarmoq transformatsiyasi va integratsiyasi bo‘yicha keng qamrovli tahlil. Electronics, 2025, 14, 1159 p.

7. Y. Yoldaş, A. Önen, S. Muyeen, A.V. Vasilakos, I. Alan. Aqlli tarmoqlarni mikro tarmoqlar bilan takomillashtirish: muammolar va imkoniyatlar. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 72, 205–214 pp.

B. Koliba, M. DeMenno, N. Brune, A. Zia. Aqlli tarmoqlarni qurish, tartibga solish va boshqarishning murakkabligi va dolzarbligi: davlat–xususiy hamkorlik tajribasidan o‘rganilgan saboqlar. Energy Policy, 2014, 74, 243–252 pp.

8. N. Ahmad, Y.G. Ghadi, M. Adnan, M. Ali. Aqlli tarmoqlardan “super aqlli tarmoqlar”ga: SAARC va Yevropa energetika infratuzilmasi uchun strategik talabni boshqarish bo‘yicha yo‘l xaritasi. IEEE Access, 2023, 11, 12303–12341 pp.

9. M. Kiasari, M. Ghaffari, H.H. Aly. Qayta tiklanuvchi energiya integratsiyasi uchun aqlli tarmoq texnologiyalarining joriy holati va kelajakdagi tendensiyalari: mashinaviy o‘rganish va energiya saqlash tizimlarining roli. Energies, 2024, 17, 4128 p.

10. P. Arévalo, F. Jurado. Aqlli tarmoqlarda taqsimlangan energiya tizimlarini rejalashtirish va boshqarishda sun’iy intellektning ta’siri. Energies, 2024, 17, 4501 p.

A. Hilmy, B.E. He. Keyingi avlod aqlli invertorlari: barqaror energiya o‘tishida sun’iy intellekt, kiberxavfsizlik va siyosiy bo‘shliqlarni bartaraf etish. Technologies, 2025, 13, 136 p.

11. N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, W.M. Lim. Bibliometrik tahlilni qanday o‘tkazish kerak: umumiy ko‘rinish va ko‘rsatmalar. Journal of Business Research, 2021, 133, 285–296 pp.

12. O. Öztürk, R. Kocaman, D.K. Kanbach. Bibliometrik tadqiqotni qanday loyihalash kerak: umumiy ko‘rinish va ramka taklifi. Review of Managerial Science, 2024, 18, 3333–3361 pp.

I. Zupic, T. Čater. Boshqaruv va tashkilotshunoslikda bibliometrik usullar. Organizational Research Methods, 2015, 18, 429–472 pp.

13. H. Arruda, E.R. Silva, M. Lessa, Jr. D. Proença, R. Bartholo VOSviewer va Bibliometrix dasturlari. Journal of the Medical Library Association (JMLA), 2022, 110, 392 p.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

У.У. Искандаров, А.О. Комилов.

tatufftelekom91@mail.ru

Ферганский государственный технический университет

Аннотация

В статье приведена автоматизированная система измерения температуры солнечных энергетических установок. Выявлено возможность создания более компактных и высокоточных оптоэлектронных устройств измерения энергетических характеристик гелиотехнических установок.

***Ключевые слова**: температура, солнечные энергетические установоки, автоматизированная система, солнечная радиация, компьютерная программа, устройство, блок схема.*

В последние годы во многих странах мира расширяется сфера использования солнечной энергии в промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. Небольшой объем использования солнечных энергетических установок для этих отраслей в настоящее время объясняется тем, что в достаточном количестве имеются другие дешевые и более удобные источники энергии [1,2].

Солнечная энергия не может полностью обеспечить энергетические потребности того или иного промышленного, коммунального или сельскохозяйственного объекта, однако можно сэкономить значительную часть традиционных энергетических ресурсов [3]. Поэтому солнечная энергия рассматривается как дополнительный источник энергии.

Разработка современных солнечных установок требует постоянного совершенствования методов и средств определения их характеристик, т.е. применение солнечных имитаторов, высокоточной спектрорадиометрической аппаратуры и измерительных систем с аналоговой, цифровой и компьютерной обработкой результатов [4,5].

Применение элементной базы современной оптоэлектроники и микроэлектроники даёт возможность создания более компактных и высокоточных оптоэлектронных устройств измерения энергетических характеристик гелиотехнических установок. С развитием цифровых и процессорных средств управления компьютеризованной системы измерений, регистрации и обработки результатов позволяет автоматизировать процесс измерения и регистрации энергетических характеристик гелиотехнических систем.Функциональная схема разработанной системы (рис.1) содержит следующие блоки: 1 - объект контроля, 2 - датчик измерения, 3 - компьютерная система регистрации и обработки сигналов, 4 – дисплей, 5 – генератор прямоугольных импульсов. Устройства работает следующим образом. На датчик измерения (температура, солнечный лучистый поток, расход и др.) воздействует сигнал от объекта контроля. В результате чего, на выходе датчик измерения формируется пропорциональный сигнал измеряемой величины энергетического параметра объекта контроля. Этот сигнал подаётся на вход компьютеризованной системы регистрации и обработки сигнала, выход которой подаётся на дисплей (монитор).

Датчик измерения выполнен в виде измерительного моста, который питается от генератора прямоугольных импульсов. Использование генератор прямоугольных импульсов в данной системе позволяет повысить точность контроля измеряемой величины за счёт использования импульсного тока через измерительный мост. Кроме того, генератор прямоугольных импульсов необходимо для подачи сигнала переменного тока на компьютерную систему регистрации и обработки сигналов.

Принципиальные схемы автоматизированных систем для измерения температуры, солнечной радиации и плотности лучистого потока в фокальной плоскости концентратора показаны на рис.2 и рис 3.Принципиальные схемы содержат генератор прямоугольных импульсов (ГПИ) и измерительный мост (ИМ).Генератор прямоугольных импульсов построен на инверторах КМОП структуры типа К561 серии ЛН2. Принцип работы генератора прямоугольных импульсов основан на перезарядке конденсатора С2. Резистор R1 и конденсатор С2 определяют его частоту выработки прямоугольных импульсов. В данном случае эта частота выбрана равным 100 Гц, исходя из соображений оптимальной обработки сигнала в звуковой карте.

Когда значение напряжения на конденсаторе С2 достигает значение порогового напряжения DD1.1, на выходе последнего начинает формироваться импульсное напряжение. Вследствие чего DD1.2 запирается и на её выходе формируется логический ноль, который устанавливает логическую единицу на выходе DD1.3. Эта логическая единица подается на измерительный мост. В промежутке времени t_1t_2 конденсатор С2 разражается до порогового уровня логического нуля, вследствие чего на выходе DD1.2 опять появиться логическая единица. Далее процесс повторяется.

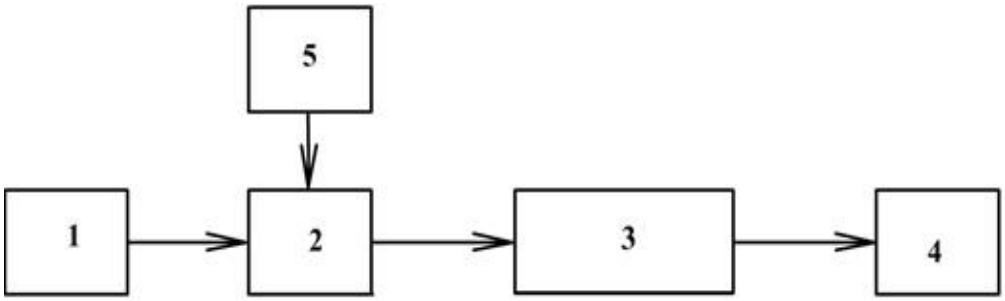


Рис. 1. Функциональная схема автоматизированной системы измерения температуры

1 - объект контроля, *2* - датчик измерения, *3* -компьютерная система регистрации и обработки сигналов, *4* – дисплей, *5* – генератор прямоугольных импульсов.

Список литература

1. Комилов А. О., Эргашев С. С. Современное состояние и перспективы развития геотермальной энергетики //Central Asian Academic Journal of Scientific Research. – 2022. – Т. 2. – №. 2. – С. 123-129.

2. Komilov A. O. Power of network photoelectric power stations. – 2018.

3. Komilov A. O. Alternative Sources Of Electricity Premiere In The Systems Of Telecommunications //Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018).–2018.–С.372-375.

4. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021). Researching of the Degradation Process of Laser Diodes Used in Optical Transport Networks. In *International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021*.

5. Komilov, A., Xatamova, Z., Rustamov, I., Xolmatov, S., Arabboyev, X., & Ibragimov, N. Z. (2024, November). Increasing the sensitivity and selectivity of an optoelectronic gas analyzer. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 01009).

6. Kuldashov, O., Djalilov, B., Komilov, A., Tillaboev, M., & Abdusamatov, D. (2024, March). Device for control of dangerous gas issued by a geothermal well. In *American Institute of Physics Conference Series* (Vol. 3045, No. 1, p. 020007).

7. Ergashev, S., Dalibekov, L., Komilov, A., Jo'raeva, G., Xusanova, S., & Komilov, D. Optical electron photo converter. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 01002). EDP Sciences.

5. QUYOSH VA SHAMOL ENERGIYASINI ZAHIRALASH VA XAVFSIZ SAQLASHDAGI YANGI INNOVATSIYALAR;

5. NEW INNOVATIONS IN THE STORAGE AND SAFE PRESERVATION OF SOLAR AND WIND ENERGY;

6. QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKA: FARG‘ONA VILOYATIDAGI INNOVATSIYALAR, ISTIQBOLLAR VA IJTIMOIY TA’SIRI;

6. RENEWABLE ENERGY: INNOVATIONS, PROSPECTS, AND SOCIAL IMPACT IN THE FERGANA REGION;

8. URBANIZATSIYA SHAROITIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYANI JORIY QILISH BO‘YICHA YANGI ZAMONAVIY YONDASHUVLAR;

8. NEW MODERN APPROACHES TO THE IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY UNDER URBANIZATION CONDITIONS;

- **Moderatorlar: R.U. Aliyev, N. Umaraliyev**
- **Moderators: R.U. Aliyev, N. Umaraliyev**

ISSIQ SUV OLISH VA SUVNI CHUCHUKLASHTIRISHGA ASOSLANGAN POLIGENERATSION TIZIMDA ISSIQLIK ALMASHINUV VA TARQALISH JARAYONLARI

Avezova Nilufar Rabbanakulovna, Abdukarimov Bekzod Abobakirovich

Farg‘ona davlat texnika universiteti

E-mail: bekzodbek45484@mail.ru

Annotatsiya: *Ushbu maqolada quyosh energiyasidan foydalanish orqali issiq suv isitish hamda chuchuklashtirishni birlashtiruvchi poligeneratsion tizimning issiqlik almashinuvi jarayonlari, shuningdek turbulent oqimlar va issiqlik almashinuvi jarayonlari COMSOL Multiphysics dasturi yordamida sonli modellashtirilgan. Hisoblashlar k–ε turbulentlik modeli va issiqlik uzatish tenglamalariga asoslanib natijalar olingan.*

Tayanch so‘zlar: *poligeneratsion tizim, issiqlik almashinuvi, absorber, CFD modellashtirish.*

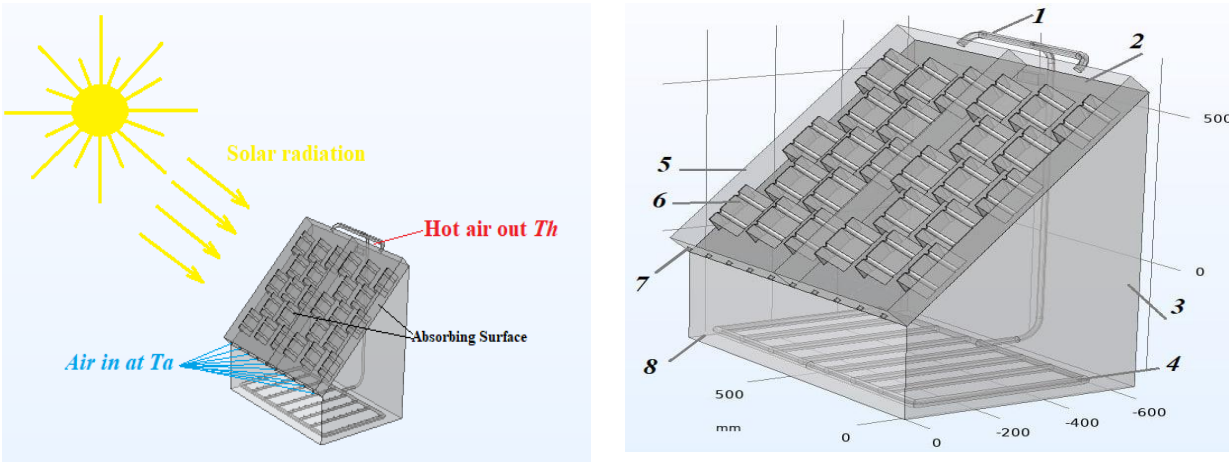
Energiya resurslariga bo‘lgan ehtiyojning barqaror ortib borishi va global iqlim o‘zgarishlari sharoitida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish zamonaviy energetika muammolarini hal etishda muhim yo‘nalish bo‘lib qolmoqda. Ayniqsa, quyosh energiyasidan termal maqsadlarda, ya’ni havo va suvni isitish, chuchuklashtirish kabi jarayonlarda foydalanish energiya tejovchanligini oshirish, atrof-muhitga zararli ta’sirni kamaytirish va mustaqil issiqlik ta’minoti tizimlarini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi [1-4].

Shu maqsadda ishlab chiqilgan quyosh havo kollektorlarining samaradorligi ko‘p jihatdan ularning konstruktiv-geometrik tuzilishi, ichki oqimlarning turbulent xarakteri va tashqi quyosh radiatsiyasi sharoitlariga bog‘liq. Ayniqsa, yuqori Reynolds sonlari ostida yuzaga keladigan turbulent oqimlarni raqamli modellashtirish orqali issiqlik almashinuv jarayonlarini chuqur tahlil qilish va optimallashtirish mumkin bo‘ladi. Buning uchun hozirgi zamonaviy hisoblash usullaridan biri bo‘lgan COMSOL Multiphysics dasturiy muhitidan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi [5-9]. Mazkur jarayonda quyosh havo kollektoridagi turbulent oqimlar va issiqlik almashinuv jarayonlari raqamli modellashtirish orqali o‘rganilib, k–ε turbulentlik modeli va

issiqlik uzatish tenglamalari asosida hisoblash ishlari amalga oshiriladi. 1a-rasmda quyosh energiyasi asosida ishlovchi poligeneratsion tizimning umumiy ishlash prinsipi sxematik tarzda ko‘rsatilgan. Atmosferadan keluvchi tashqi havo oqimi qurilmaning havo kirish quvuri (7) orqali kollektorning ishchi kamerasiga yo‘naltiriladi. Havo oqimi kollektorga kirgach, ichki qismda joylashgan issiqlik yutuvchi (absorber) yuzasi (6) bo‘ylab harakatlanadi va bu jarayonda oqimda mikroaylanmalar (uyurmalar) hosil bo‘ladi. Bu harakat havoning absorber sirtiga yaqin joyda uzoqroq ushlanishini ta’minlaydi, bu esa issiqlik almashinuvi intensivligini oshiradi.

Absorber quyosh nurlarini yutib, o‘z haroratini oshiradi va o‘z navbatida unga yaqin harakatlanayotgan havo oqimiga issiqlik uzatadi. Shu tarzda havo bosqichma-bosqich qiziydi. Kollektorning ustki qismi shaffof himoya oynasi (5) bilan qoplangan bo‘lib, u quyosh nurlarining erkin o‘tishini ta’minlaydi, shu bilan birga ichki issiqlikni saqlab qolish uchun issiqxona effektini yuzaga keltiradi. Bu konstruktiv yechim issiqlik yo‘qotilishini sezilarli darajada kamaytiradi.

Kollektor ichida joylashtirilgan absorber plastinka yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo‘lib, quyosh energiyasini maksimal darajada yutish va havoga samarali tarzda uzatish imkonini beradi. Ushbu issiqlik energiyasi keyingi bosqichlarda issiq suv olish va chuchuklashtirish jarayonlarida asosiy energiya manbai sifatida xizmat qiladi.



a) b)

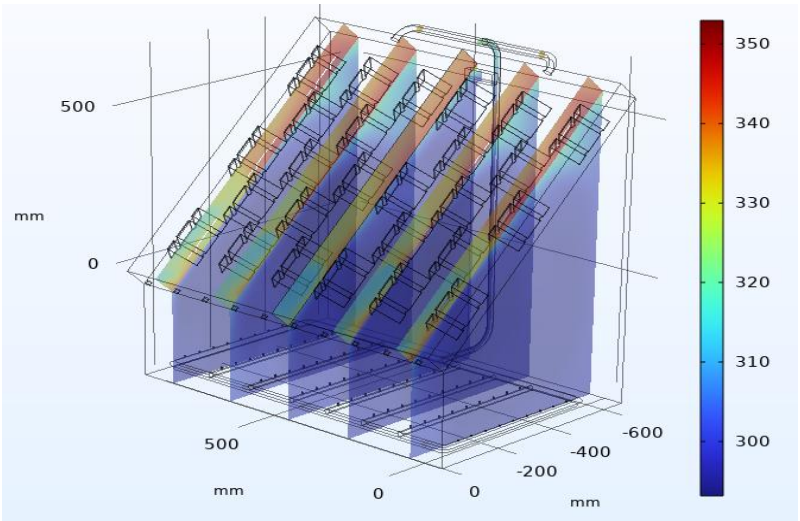
1-rasm. Quyosh energiyasi asosida issiq suv olish va chuchuklashtirishga asoslangan polegeneratsion qurilmasining mumumiy ko‘rinishi.

1b-rasmda polegeneratsion qurilmaning hajmiy modeli ko‘rsatilgan bo‘lib, unda quyidagi konstruktiv elementlar keltirilgan: *1- issiq havo chiqish quvuri, 2 - yassi absober, 3 - suvni isitish va bug‘lantiruvchi hajmiy qismi, 4-hajmiy sig‘imdagi suvni butun hajmi bo‘ylab issiqlikni teng taqsimlovchi tizm. 5 - Shaffoy yuza, 6 -Issiqlik almashinuv jarayonini jadallashtirivchi uchburcha botiq havo quvuri, 7- havo kirish quvuri, 8-issiqlik izolyatsiyasiga ega korpus.*

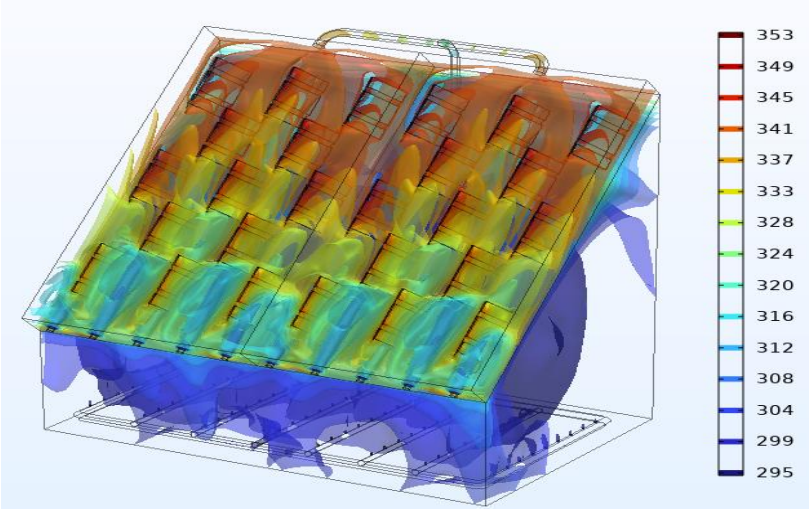
Turbulent issiqlik-gazodinamik jarayonlarni chuqur tahlil qilish, issiqlik uzatish samaradorligini oshirish va quyosh kollektor tizimining umumiy energiya samaradorligini baholashda ilmiy asoslangan yechimlar olish imkonini beradi.

$$\begin{cases} \dfrac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\dfrac{\partial\left(\rho\bar{U}_j k\right)}{\partial x_j}=P_k-\rho\varepsilon+\dfrac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\dfrac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\dfrac{\partial k}{\partial x_j}\right], \\ \dfrac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t}+\dfrac{\partial\left(\rho\bar{U}_j \varepsilon\right)}{\partial x_j}=C_{\varepsilon 1}\dfrac{\varepsilon}{k}P_k-C_{\varepsilon 2}\rho\dfrac{\varepsilon^2}{k}+\dfrac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\dfrac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right]. \end{cases} \quad (1)$$

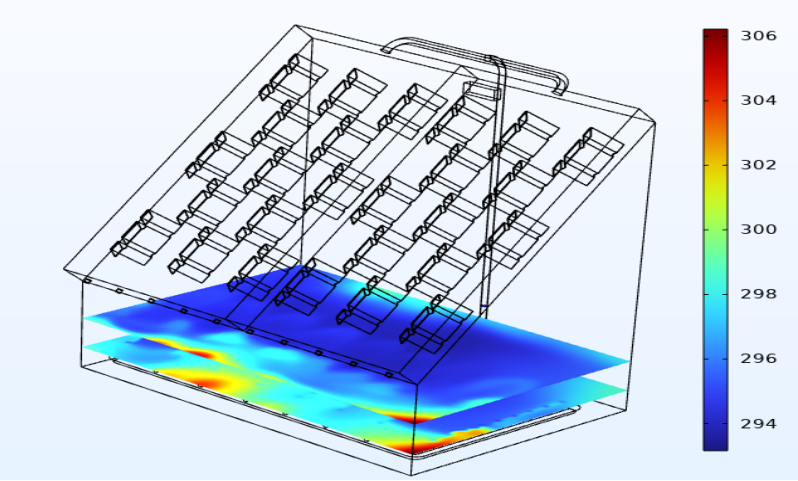
Poligeneratsion qurilmasining ishchi kamerasida issiqlik tarqalish jarayoni (2-rasmda) quyosh havo isitgich kollektorining ichki qismida, statsionar qizish sharoitida hosil bo‘lgan uch o‘lchamli harorat maydonlari taqsimoti keltirilgan. Ushbu jarayon quyosh nurlanishi ta’sirida havo oqimi absorber yuzasi bo‘ylab harakatlanishi jarayonida uning qizish xarakterini ifodalaydi va ochib beradi.



a)



b)



c)

2-rasm. Poligeneratsion qurilmaning ishchi kamerasida issiqlik tarqalish maydonlari va harorat gradiyenti:

a) kanallar bo‘ylab harorat gradiyentini aks ettiruvchi bo‘ylama kesimlar; b) absorber yuzasi bo‘ylab havo aralashishi va issiqlikning yuqoriga ko‘tarilishini ko‘rsatuvchi oqim chiziqlari bilan birgalikda uch o‘lchamli harorat taqsimoti; c) havoning dastlabki qizish zonasini xarakterlovchi, bug‘lanish kamerasidagi tekisligidagi harorat maydoni.

Poligeneratsion tizimning 2a-rasmida quyosh havo isitgichining absorber qismi bo‘ylab bir nechta vertikal yo‘nalishlarda olingan bo‘ylama harorat kesimlari tasvirlangan. Ushbu kesimlar havo oqimining kollektor ichida harakatlanish jarayonida issiqlik almashinuvi dinamikasini aniq aks ettiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

[1]. Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th ed., Wiley, 2011.

[2]. Bejan, A. Convection Heat Transfer, 4th ed., Wiley, 2013.

[3]. Launder, B.E., Spalding, D.B. The Numerical Computation of Turbulent Flows, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 3(2), 269–289, 1974.

[4]. COMSOL AB. COMSOL Multiphysics Reference Manual, Version 6.1, 2023.

[5]. Duffie, J.A., Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 5th ed., Wiley, 2020.

[6]. Kalogirou, S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems, 2nd ed., Academic Press, 2014.

[7]. ASHRAE Handbook – HVAC Applications, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2021.

[8]. Patankar, S. V. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Taylor & Francis, 1980. ISBN: 978-0-89116-522-4.

[9]. Ferziger, J. H., Perić, M., Street, R. L. *Computational Methods for Fluid Dynamics*. Springer, 2020. doi:10.1007/978-3-319-99693-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ В СОЛНЕЧНОМ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕ

Аббасов Е.С., Умурзакова М.А.

150100 Ферганский государственный технический университет г. Фергана ул Ферганская 86

Республика Узбекистан находится в центральной части Средней Азии. Климат Узбекистана резко континентальный, с жарким и сухим летом. В летнее время температура воздуха на равнинах может достигать 45 ^{0} С и выше.

Так как республика считается южным регионом, то естественно на территории республики Узбекистан, в течении летнего дневного времени

наблюдается высокая интенсивность солнечной радиации. Такой источник тепловой энергии может снизить потребность населения в традиционном топливе (природном газе), поэтому в последние годы правительством республики предпринимаются все усилия для активного изучения возможности использования энергии Солнца в экономике страны. Научные исследования проводимые в области применения солнечных технологий показывают, что практически солнечная энергия может заменять частично тепловую энергию практически во всех отраслях экономики. Одной из наиболее используемой технологией получения тепловой энергии среднего потенциала является область, в которой энергию получают при помощи солнечных коллекторов.

Особое место среди разнообразных солнечных устройств занимают плоские солнечные воздушные коллекторы. Эти устройства несмотря на их простоту могут обеспечивать сушильные установки и помещения горячим воздухом достаточно высокого потенциала.

В настоящее время в республике Узбекистан насчитывается более 68 тысяч фермерских хозяйств, большинство из которых заняты выращиванием сельскохозяйственной продукцией. Для сохранения выращенной продукции многие хозяйства применяют солнечные сушилки очень простых конструкций, которые помогают сохранить выращенный урожай.

Таким образом, связи с развитием малых фермерских хозяйств в республике, а, следовательно, с увеличением доли сушильных установок в данных хозяйствах и ростом цен на традиционное топливо, плоские солнечные воздушные нагреватели (ПСВН) получают в последние годы более широкое распространение.

Известно, что эксплуатация ПСВН возможна не только при вынужденной прокачке воздуха через канал коллектора, но и при свободной конвекции.

Очевидно, ПСВН могут быть успешно использоваться при естественной конвекции воздуха в устройстве, этого является достаточным для успешной сушки продукции.

Однако для успешной эксплуатации таких солнечных устройств, считается необходимым изучить их тепловые характеристики, такие как температура нагретого воздуха, выходящего из коллектора и насколько возможным считается этот нагрев по сравнению с атмосферным воздухом.

Для решения этой задачи авторами были проведены экспериментальные исследования с плоским воздушным нагревателем, который имел следующие размеры: длина коллектора составляла 1,5 м ширина канала коллектора равнялась 0,5 м, высота канала равна 0, 11 м (рис.1). В экспериментах измерялись температура стенки абсорбера и температуры воздуха на входе и выходе из нагревателя. Измерения проводились в апреле - мае месяце 2025 г, на территории Ферганского государственного технического университета.

Авторы работы считают, что свободная конвекция может быть основным механизмом генерации переноса тепла в солнечном коллекторе и, следовательно, главным фактором, определяющей эффективность коллектора [1-3]. Она играет важную роль во многих пассивных солнечных системах. Понимание и точное прогнозирование свободной конвективной теплопередачи имеет определенное значение в науке и технике солнечной энергетики. Когда к жидкости возникает разность температур, начинает меняться ее плотность. Плотность большинства жидкостей зависит от температуры, и, следовательно, тем самым также устанавливается изменение плотности. Эта неравномерная плотность, в свою очередь, вызывает локальный дисбаланс, называемый выталкивающей силой, между силой тяжести и силой гидростатического давления на элемент жидкости. Выталкивающая сила может создавать течение в жидкости, и такое течение называется свободной или естественной конвекцией. В этом случае не требуется дополнительного расхода электрической энергии для привода вентилятора, что очень удобно, когда коллектор размещен вдалеке от источников электрической сети (горные или степные районы).

Рис. 1 внешний вид солнечного воздухонагревателя

На рисунках 2 и 3 показаны экспериментальные кривые температур, а также степени нагрева воздуха, рассчитанного по формуле (1). Данные получены для 23.04. 2025г.

$$\theta = (t'' - t')/(t_{ст} - t') \qquad (1)$$

Где t'', t' и $t_{ст}$ – температуры воздуха на выходе и входе в нагреватель и стенки абсорбера.

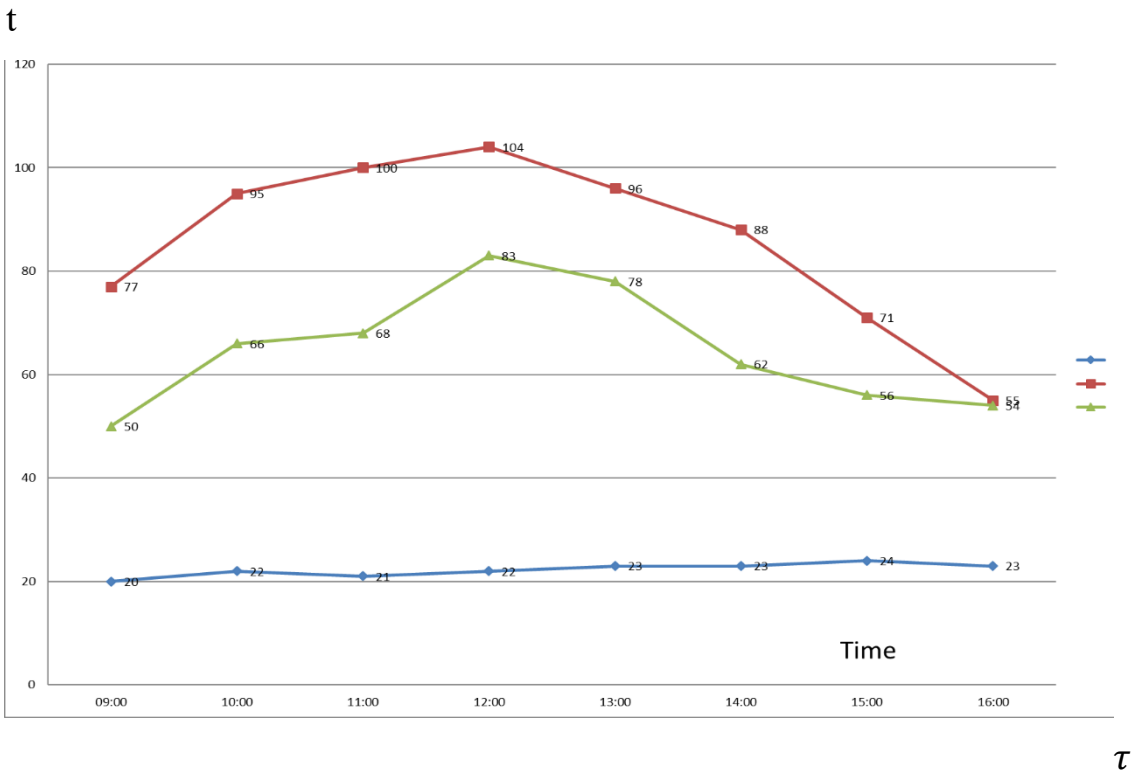


Рис.2 Изменение температур воздуха и стенки абсорбера

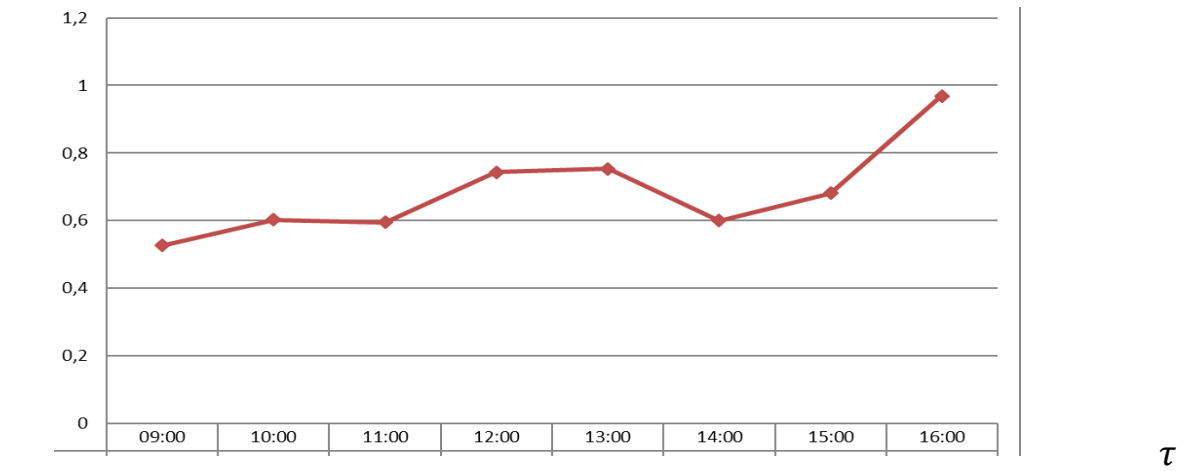


Рис.3 График степени нагрева воздуха в коллекторе

Из графиков следует, что даже в апреле месяце в Ферганском регионе с помощью солнечного воздухонагревателя можно получить температуру нагретого воздуха до 80 ^{0}C .

Литература

1. Hollands K.G.T. Free convection in solar collectors. Solar Energy Conversion. 1979. pp. 125 - 174.

2. Умурзакова М.А., Маматов А.А. Расчет теплотехнических характеристик плоского солнечного воздухонагревателя. Научный журнал. Интернаука. Москва. 2021 № 5(181). Часть 1. С. 100 -103.

3. Умурзакова М.А., Умурзакова Г.Р., Маматов А.А. Повышение эффективности солнечного воздухонагревателя с прерывистым абсорбером. Научный журнал. Интернаука. Москва. 2021. №12(188). Часть 2. С. 35 -39.

ВТОРИЧНЫЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПАРКЕНТСКОЙ МЕГАВАТНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

Акбаров Р.Ю.

Институт Материаловедения АН РУз

Тел.: +998935820984, aryu12@mail.ru

Введение

Одним из актуальных направлений развития возобновляемой энергетики является разработка и создание сильно-концентрирующих солнечных печей, обеспечивающие требуемое поле концентрированного солнечного излучения для проведения исследований в области высокотемпературных процессов.

С развитием технологий в области высокотемпературных процессов потребность в формировании высокоинтенсивных потоков энергии, параметры которых могут варьироваться в зависимости от исследовательских или технологических целей, а также моделирование условий, недостижимых традиционными методами нагрева, только возрастает.

Вторичные концентраторы солнечной энергии

Одним из путей решения этих задач является использование вторичных концентраторов. Вторичные солнечные концентраторы обычно используются для увеличения плотности излучения, формированной от первичного концентратора, а также для изменений формы распределения плотности потока и направления потока энергии и др. Типы вторичных концентраторов очень разнообразны.

Следует отметить, что в гелиотехнике солнечные концентраторы условно классифицируются как многоповерхностные (MS) и многоэлементные (ME). MS-концентратор представляет собой усовершенствованную структуру одноповерхностного концентратора. ME-концентратор, как правило, состоит из двух или более оптических элементов, при этом MS-концентраторы нередко используются в качестве вспомогательных оптических компонентов [1]. В

упомянутой работе [1] также подробно представлены различные **конструктивные типы** солнечных концентраторов.

В 1996 году Гордон и другие в работе [2] предложили модифицированный вторичный концентратор CPC (compound parabolic concentrator) - настраиваемый концентратор крайних лучей, TERC (Tailored Edge Ray Concentrator). TERC - разновидность неклассического (non-imaging) концентратора, спроектированного так, чтобы отражать крайние лучи от первичного отражателя к краям приёмника. В таком подходе весь поток ограничивается внутри апертуры приёмника, обеспечивая оптимальное распределение. В таких системах часто используется двухступенчатый подход: первичный фокусирующий отражатель+ вторичный отражатель по принципу TERC.

В оригинальной работе [2], где представлен метод TERC, приведены формулы/рисунки проектирования вторичного отражателя. В работе отмечается, что полностью стационарные TERC могут иметь примерно в три раза большую геометрическую концентрацию соответствующих оптимизированных стационарных параболоторических фоконов. В другой работе [3] обосновано, что с помощью TERC можно получить уровни концентрации, превышающие 90% от термодинамического предела. В статье есть иллюстрации работы настраиваемых концентраторов крайних лучей (TERC) и примеры их расчётов. Рис.1 иллюстрирует работу TERC систем на примере некоторых известных оптических схем.

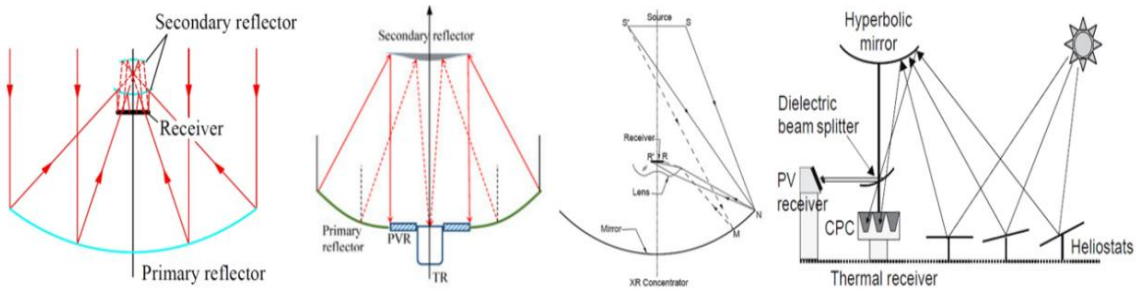


Рис.1. Примеры настраиваемых концентраторов крайних лучей TREC

Параболоторические фоконы

Следует отметить, что разработанные в начале 60-х годов оптические элементы – фоконы [4] в большинстве случаях являются основным оптическим элементом TREC систем. Это связано с тем, что фоконы сами по себе как вторичный концентратор в адекватных конфигурациях обеспечивают достаточно высокие концентрации светового излучения и предоставляет определенные возможности для варьирования выходных характеристик светового потока. Поэтому фоконы, являясь относительно более простым в разработке, находят все более широкое применение в различных областях техники и экспериментальных исследованиях.

Обозначим через ϕ угол при вершине конуса отражённого от параболоида луча, α – параметрической угол фокона и U_m угол его раскрытия.

Нетрудно видеть, что коэффициенты геометрической концентрации параболоида K_p и фокона K_f определяются из соотношений

$$K_p = \left(\frac{\sin 2U_m}{2\phi} \right)^2, \quad K_f = \frac{1}{\sin^2 (U_m + \phi)}$$

Суммарный коэффициент концентрации K

$$K = K_p K_f = \frac{\sin^2 2U_m}{4\varphi^2 \sin^2 (U_m + \phi)}$$

Анализ этой формулы показывает, что коэффициент K с увеличением угла U_m почти линейно уменьшается и поэтому фоконы эффективно используются при малых углах раскрытия концентратора.

Таким образом, в концентраторах с большой угловой апертурой одним из возможных вариантов эффективного использования фокона является система "фрагмент концентратора+ фокон".

Такие схемы используются во многих известных солнечных печах. Например, в солнечной печи аэрокосмических исследований DLR (Германия) с использованием фокона (R=34.2 мм, α≈25°) позволяет достичь пиковую концентрацию 15000-22000 солнц, среднюю концентрацию по апертуре приёмника 8000-15000 солнц.

В солнечной печи NREL (США) мощностью 10 кВт с использованием фокона (R=60.0 мм, r=14.7мм, α≈14°) достигнута 21000 кратная концентрация и температура 3000°С.

Система «фрагмент концентратора БСП + фокон»

Рассмотрим на оптической схеме БСП система «фрагмент концентратора + параболоторический фокон», где фрагменту концентратора приблизительно соответствует зона одного из центральных гелиостатов размером 5.2 х 6м, рис.2. Координаты фрагмента концентратора по вертикали (-2.6м ÷ 2.6м), по горизонтали (4.5м÷10.5м).

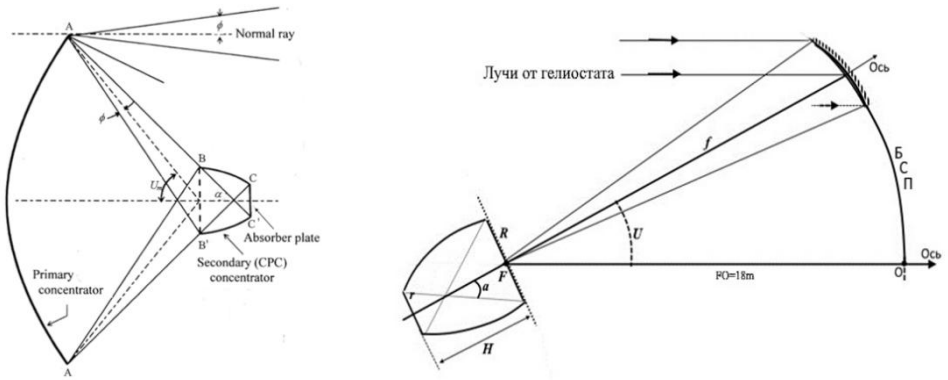


Рис.2. Система «концентратор, фрагмент концентратора + фокон»

Угол раскрытия центра фрагмента концентратора составляет 23.55^0, фокусное расстояние 18.8м. Для идеального случая размер фокального пятна фрагмента концентратора составляет 19 см в диаметре.

Для полного захвата потока энергии от фрагмента концентратора, в качестве большого (входного) диаметра фокона принято значение 20 см, а для параметрического угла фокона 12^0. В этих параметрах выходной диаметр фокона равен 4.2 см, а длина фокона равна 56.8см. Исходные данные программы: коэффициент отражения зеркал 0.80, неточности зеркал 4 угловых минут, прямая солнечная радиация 800 Вт/м^2.

Расчет системы проводился по методике, изложенной в работе [5].

На рис.3 представлен график распределения плотности энергии на выходе фокона. Из графика видно, что концентрация энергии очень высокая, больше 20000 крат.

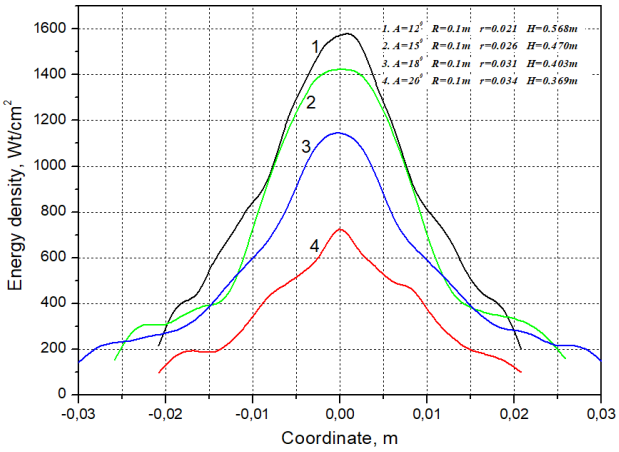


Рис.3. Распределение плотности энергии на выходе фокона

Заключение

Таким образом, использование вторичных концентраторов позволяет увеличить концентрацию солнечного излучения и изменить характер распределения плотности энергии. Эффективность фокона будет больше при малых значениях его параметрического угла. Использование фокона на БСП позволяет достичь плотности энергии до 650-1600 Вт/см^2, т.е. коэффициент концентрации системы достигает до 20000 крат.

Литература

[1]. Ma, X, Zheng etc, A Review on Solar Concentrators with Multi-surface and Multi-element Combinations. Journal of Daylighting, vol.6, no.2, pp.80-96.

[2]. J.M. Gordon, Michelle Lasken, Harald Ries. Upper bounds for the yearly energy delivery of stationary solar concentrators and the implications for concen-trator optical design. Solar Energy, Volume 58, Issues 4-6,1996, pp.197-202.

[3]. Robert P. Friedman, J.M. Gordon, Harald Ries. Compact high-flux two-stage solar collectors based on tailored edge-ray concentrators. Solar Energy, Volume 56, Issue 6, 1996, Pages 607-615.

[4].Баранов В.К. Свойства параболоторических фоконов. Оптико-механическая промышленность.1965, №6. Стр.1-5.

[5].S.Kh.Suleimanov, R.Yu.Akbarov, O.A.Dudko. Optical and energetical characteristics of the secondary concentrator. SolarPACES Technical Report, 1994, No.3, pp.71-88.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ МАЛЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК

Эргашев С.Ф., Умаралиев Н., Рахимов А.А.

Ферганский государственный технический университет

fesirojiddin@bk.ru

Аннотация

В статье проведён анализ современных типов электрических генераторов, применяемых в малых ветроустановках Рассмотрены принципы их работы, особенности конструкции, энергетическая эффективность, эксплуатационные параметры и стоимости. На основе сравнения даны рекомендации по выбору оптимального типа генератора для условий малой мощности (до 100 кВт) и переменных скоростных режимов.

Ключевые слова: *малые ветроустановки, генератор, синхронная машина, постоянные магниты, асинхронный генератор, КПД, прямой привод, автономная генерация.*

Введение

Современное развитие возобновляемой энергетики делает актуальным применение установок малой мощности, способных обеспечивать электроэнергией удалённые или автономные объекты. Энергия ветра для производства электроэнергии сегодня является уже сформированной, конкурентоспособной и практически незагрязняющей технологией, широко используемая во многих странах мира[1,2].

Системы преобразования энергии ветра получили быстрого развития из-за улучшения электроники и применение их в получении энергии. Ключевым элементом таких систем является электрический генератор, преобразующий механическую энергию ветра или воды в электрическую. При малых мощностях (до 100 кВт) выбор типа генератора напрямую влияет на эффективность всей установки, так как определяет потери при преобразовании, диапазон рабочих скоростей и надёжность[3,4].

Особенностью малых ветроустановок (МВУ) является изменчивость входной механической энергии. Поэтому оптимальный генератор должен обеспечивать высокий КПД в широком диапазоне оборотов, простоту интеграции с силовой электроникой и стабильность выходного напряжения. Целью данной работы является сравнительный анализ, выбор и обоснование типа генераторов, применимых для малых ветровых установок, а также формулировка рекомендаций для проектирования и эксплуатации.

Основными параметрами, характеризующими ВЭУ, являются номинальная мощность. Номинальную мощность ВЭУ с горизонтальной осью вращения можно оценить по формуле [2, 3]

$$P_{\text{ном}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot \eta_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{г}} \cdot C_{\text{р}} \cdot U_{\text{ном}}^{3}, \quad (1)$$

Ориентировочная электрической мощности генератора ВЭУ можно оценить по формуле [2, 3]:

$$P_{\text{ВЭУ}} = 0{,}68 D^2 V^3. \quad (2)$$

Как видно из формулы (2) электрическая мощность генератора ВЭУ в основном зависит от диаметра ветроколеса и скорости ветра. Известно также, что мощность генератора ВЭУ зависит также от формы и профиля лопастей [4]. В настоящее время широкое распространение получили ВЭУ с крыльчатыми ВК и горизонтальной осью вращения.

Мощность генератора ВЭУ пропорциональна скорости ветра в третьей степени. Поэтому при изменении скорости ветра в широком диапазоне происходят большие потери энергии в генераторах вследствие их низких КПД на малых нагрузках, а в асинхронных генераторах возникают, кроме того, большие реактивные токи, которые необходимо компенсировать. Для исключения этого недостатка в некоторых ВЭУ применяют два генератора с номинальными

мощностями ВЭУ. При слабых ветрах первый генератор отключается. В некоторых ВЭУ малый генератор обеспечивает также возможность работы установки при малых скоростях ветра при пониженных оборотах с высоким значением коэффициента использования энергии ветра [5,6].

К генераторам малой мощности предъявляются особые требования: компактность, минимальные потери, высокий КПД, устойчивость к вибрациям и простота обслуживания.

На выбор генератора ВЭУ оказывают влияние три основных фактора:

1) Выходная мощность (кВт), определяется только мощностью преобразователя (инвертора) и не зависит от скорости ветра, ёмкости аккумуляторов. Еще её называют «пиковой нагрузкой». Этот параметр определяет максимальное количество электроприборов, которые могут быть одновременно подключены к системе электроснабжения. Невозможно одновременно потреблять больше электроэнергии, чем позволяет мощность инвертора. Для увеличения выходной мощности возможно одновременное подключение нескольких инверторов [4].

2) Время непрерывной работы при отсутствии ветра или при слабом ветре определяется ёмкостью АБ и зависит от мощности и длительности потребления. Если потребление электроэнергии происходит редко, но в больших количествах, то необходимо выбрать АБ с большой ёмкостью.

3) Скорость заряда АБ зависит от мощности самого генератора. Также этот показатель зависит от скорости ветра, высоты мачты, рельефа местности. Чем мощнее генератор, тем быстрее будут заряжаться АБ, а это значит, что быстрее будет потребляться электроэнергия из батарей. Более мощный генератор следует брать в том случае, если ветра в месте установки слабые или потребители потребляют электроэнергию постоянно, но в небольших количествах.

Одним из ограничивающих факторов в ветряных турбинах является сама конструкция генератора. Среди ученых нет единого мнения на наилучшую конструкцию ветряных турбин генератора.

Существуют три основных типа генератора применяемых в ВЭУ, которые могут быть рассмотрены для различных систем ветротурбины:

1. **Асинхронные генераторы**— индукционные машины, простые по конструкции, не требующие отдельной системы возбуждения при работе от сети. Однако они нуждаются во внешнем источнике реактивной мощности и не подходят для автономных систем без специальных конденсаторных схем или инверторов.
2. **Синхронные генераторы с независимым возбуждением** — обеспечивают стабильное напряжение и частоту, но требуют системы возбуждения и более сложного управления.
3. **Синхронные генераторы с постоянными магнитами(СГПМ)** — имеют высокую энергоэффективность, не требуют возбуждения, обеспечивают высокий крутящий момент при низких скоростях, что делает их оптимальными для прямого привода.

Основные параметры выбора генераторов малой мощности :

-номинальная мощность: 1–100 кВт;

-рабочий диапазон скоростей: 100–1500 об/мин;

КПД: 75–96 % в зависимости от тип генератора.

Таблица-1. Зависимость КПД от частоты вращения

Тип генератора	**300 об/мин**	**750 об/мин**	**1000 об/мин**	**1500 об/мин**
Асинхронный	72%	80%	86%	88%

Синхронный с возбуждением	75%	85%	90%	92%
СГПМ	85%	91%	94%	95%

Из таблицы видно, что СГПМ обеспечивают высокий КПД уже при низких скоростях, что особенно важно для ветроустановок прямого привода.

При выборе генератора с постоянными магнитами на роторе необходимо учитывать высокую стоимость постоянных магнитов и возможность их размагничивания при возникновении коротких замыканий в нагрузке. Асинхронные генераторы (АГ) с короткозамкнутым ротором также перспективны для ВЭУ малой и средней мощности. В частности, при использовании АГ отпадает необходимость в настройке генераторов на параллельную работу, повышается надёжность за счёт отказа от щёточных контактов, как в АГ двойного питания. Снижается стоимость ВЭУ.

Технический и экономический сравнительная оценка СГПМ с асинхронным генератором показали следующие: КПД СГПМ достигает 95–97 %, что на 8–12 % выше, чем у асинхронных машин; срок службы 15–25 лет при минимальном обслуживании; стоимость выше на 20–40 %, но компенсируется снижением эксплуатационных затрат.

Таблица 2. Сравнительная оценка стоимости и срока окупаемости капитальных затрат

Тип генератора	Капзатраты, $/кВт	КПД, %	Среднегодовые затраты обслуживания, %	Окупаемость, лет
Асинхронный	250	85	3,5	6–8
Синхронный	400	90	2,5	5–6
СГПМ	550	95	1,5	4–5

Современные тенденции развития генераторов включают: использование редкоземельных магнитов (NdFeB) высокой плотности; внедрение аддитивных технологий для изготовления роторов; переход на интеллектуальные системы управления и инверторы с MPPT; развитие гибридных решений: совмещение ветро- и гидроустановок в одной системе с общим накопителем энергии.

Заключение. Проектирование и успешное функционирование систем преобразования энергии ветра является очень сложной задачей и требует многих научных навыков в области машиностроение, электротехника и электроника, аэрокосмической, окружающей среды и т.д. Наиболее эффективными для малых ветроустановок являются синхронные генераторы с постоянными магнитами в сочетание с интеллектуальными контроллерами, благодаря высокому КПД, низким потерям и простоте эксплуатации. Асинхронные генераторы также сохраняют актуальность для бюджетных сетевых решений.

Литература:

1. Константинов, В.Н. Выбор ВЭУ и оценка их производительности / В.Н. Константинов, Р.С. Абдрахманов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2005. – №11-12. – С. 48-52.
2. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат. – 1990. – 388 с.
3. Григораш О.В., Степура Ю. П., Сулейманов Р. А. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар, 2012. – 272 с.
4. Ералы Ертайулы Нурахмет, А. А. Гафаров, М. С. Бенке [и др.].Выбор электрогенераторов для ветроэнергетических установок // Молодой ученый. — 2016. — № 28.2 (132.2). — С. 68-79. — URL: https://moluch.ru/archive/132/36983.

5. Федянин, В.Я. Оценка параметров ветроагрегатов, определяющих эффективность выработки электроэнергии / В.Я. Федянин, В.А. Мещеряков // Вестник Алтайской науки. – 2008. – №2. – С. 122-127.
6. Грачев, П.Ю. Перспективы применения инновационных генераторов переменного тока в автономных ВЭУ / Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №5(20). – С. 259-264.
7. Li H., Chen Z. *Design and Control of Permanent Magnet Generators for Wind Turbines*. – IEEE Transactions on Energy Conversion, 2021. – С. 121-128
8. Данилов Ю. *Электрические машины. Том 2: Синхронные генераторы*. – СПб: Лань, 2019.- С. 129
9. Дмитриевский, В.А. Прахт, А.И. Я7кимов, Ю.А. Якимов // Международный научный журнал альтернативная энергетика и экология. – 2012. – №3. – С. 72-76.
10. Omid Alavi, Behzad Vatandoust Economic Selection of Generators for a Wind Farm/ Omid Alavi, Behzad Vatandoust// Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI). – 2015. – V. 1. – No. 3 – P. 121-128
11. Wenping Cao, Ying Xie and Zheng Tan Wind Turbine Generator Technologies/ Wenping Cao, Ying Xie and Zheng Tan//INTECH open science/open minds/ – 2012.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ ИХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Рашидов Юсуф Каримович[1], Исмоилов Маъмуржон Мухторович[2]

[1]Ташкентский архитектурно-строительный университет

[2]Ферганский государственный технический университет

E-mail: rashidov_yus@mail.ru

Основным и самым дорогостоящим элементом системы солнечного теплоснабжения (ССТ) является солнечный коллектор (СК). Поэтому задача повышения его тепловой эффективности и оптимизации массогабаритных характеристик и параметров теплотехнического совершенства находится в постоянном поле зрении многих исследователей.

В 2018 г. общая площадь установленных СК в составе различных гелиоустановок составила в мире 686 млн. м^2 [1]. При этом с 2000 г. по 2018 г. общая площадь установленных СК в мире увеличилось в 7,6 раза [1], из которых более 71 % составляют трубчатые вакуумированные СК [1], в большинстве из которых используются двухслойные трубки китайского производства [2]. Остальные 29 % приходится на плоские солнечные коллекторы (ПСК), которые нашли широкое применение в европейских странах.

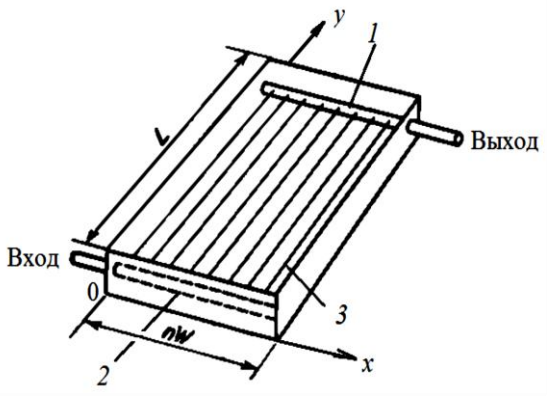
Следует заметить, что темпы применения СК в настоящее время уменьшаются, а производство СК в мире постоянно падает [2]. На европейском рынке СК также наблюдается застой: объём ввода коллекторов в эксплуатацию сокращается на протяжении более 10 лет. Начиная с 2009 г., основной задачей европейской гелиотехнической науки стал поиск путей снижения стоимости плоских СК и ССТ в целом [2].

В течение последних 15 лет массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенства плоских СК практически не изменились [2]. Они являются достаточно хорошо отработанными в мировой практике, и вышли на параметры близкие к своим предельным значениям [2]. Иначе говоря,

существенного повышения эффективности использование солнечной тепловой энергии в ССТ за счёт совершенствования массогабаритных характеристик и теплотехнических параметров отдельных конструкций ПСК в обозримом будущем не приходится.

Поэтому представляется перспективным повышение эффективности использования существующих плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров.

В отличие от традиционных топливных и электрических генераторов теплоты [3], эффективность работы ПСК очень сильно зависит от средней температуры поглощающей теплообменной панели [4], которая обычно имеет конструкцию типа лист-труба (рис.1). Так, например, в первом приближении можно считать, что повышение рабочей температуры нагрева на каждый градус в плоском солнечном коллекторе приводит к снижению его КПД на 1-2% [4]. Поэтому один и тот же СК, в одних и тех климатических условиях при различных режимных параметрах эксплуатации в ССТ может генерировать теплоту с различной тепловой эффективностью.



1-верхний гидравлический коллектор;
2-нижний гидравлический коллектор;
3- параллельные трубы в количестве *n* штук, расположенные на расстоянии *W* друг от друга.

Рис.1. Плоский солнечный коллекто

Определение средней температуры поглощающей теплообменной панели является довольно сложной задачей [4], так как для этого требуется детальное исследование распределения температуры в плоскости коллектора по осям *x* и *y* (рис.2, *a*). Под действием тепла, сообщаемого жидкости, она нагревается, и в ней возникает градиент температуры в направлении течения (по оси *y*). Поскольку на любом участке коллектора общий уровень температуры определяется уровнем

местной температуры жидкости, пространственная картина температурного поля будет выглядеть подобно показанной на рис.2,*б*. Распределения температуры в направлении оси *x* при любом значении *y* и в направлении оси *y* при любом значении *x* представлены на рис. 2, *в* и *г*.

Таким образом, для повышения эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров необходимо проанализировать влияние данных параметров на распределение температуры панели в двух взаимно перпендикулярных направлениях: вдоль и поперёк направления течения жидкости.

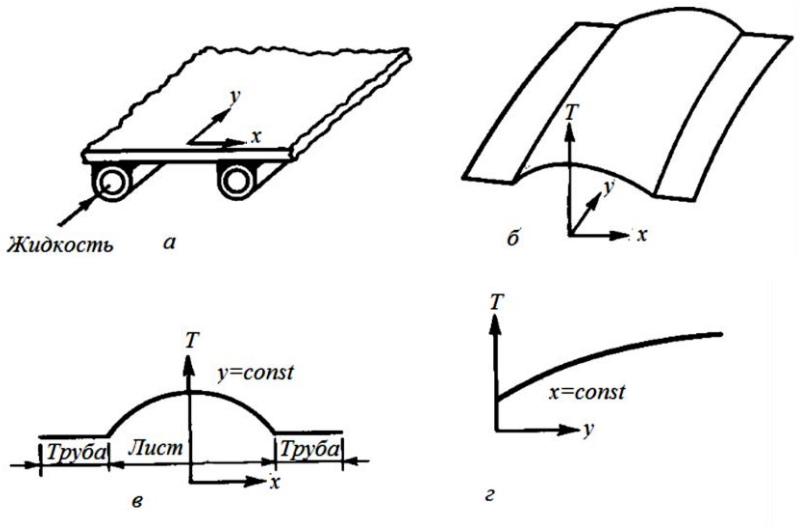


Рис.2. Распределение температуры поглощающей теплообменной панели плоского солнечного коллектор типа лист-труба [4]:

Целью исследования является выявление особенностей повышения эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров, влияющих на величину средней температуры поглощающей теплообменной панели.

Рассмотрим и проанализируем режимные параметры, оказывающие влияние на величину средней температуры поглощающей теплообменной панели вдоль направления течения жидкости (по оси *y*) и на тепловую эффективность плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения.

Расход теплоносителя через СК является одним из основных режимных параметров, влияющих на его эффективность и эксплуатационную готовность системы солнечного горячего водоснабжения (СГВ).

Известно, что до 1980 г. в насосных системах СГВ расход теплоносителя выбирался на уровне 54 кг/(м^2•ч) [4]. В последние годы стали применять установки с существенно меньшим удельным расходом, обеспечивающим лучшую температурную стратификацию воды в баке-аккумуляторе и высокую эксплуатационную готовность системы, которая уже через 1÷1,5 часа позволяет подавать горячую воду потребителю с требуемой температурой. Например, в Швеции типичные удельные расходы составляют от 7,2 до 21,6 кг/(м^2•ч) [4].

Существенным преимуществом установок с малым удельным расходом, как отмечается в работе [5], является снижение мощности циркуляционного насоса и диаметров трубопроводов, что обуславливает и снижение капитальных и эксплуатационных затрат. При этом потенциальный выигрыш в доле покрытия солнечной энергии для солнечной установки с идеально стратифицированным баком и с малым удельным расходом воды через СК, в диапазоне от 7,2 до 25,2 кг/(м^2•с), по сравнению с полностью перемешанным баком и большим удельным расходом воды через солнечный коллектор порядка 36 ÷72 кг/(м^2•с), может достигать 1/3 [4]. Повышение доли покрытия нагрузки в такой установке возможно с 0,48 до 0,66. Однако, следует заметить, что на практике столь существенного выигрыша пока получить не удалось вследствие сложности реализации хорошей температурной стратификации в баке. Вместе с тем, положительный эффект был подтверждён экспериментально, например, в работе [6].

Изменение удельного расхода теплоносителя через СК, работающий на бак-аккумулятор, сопряжено с факторами, оказывающими противоположное влияние на суточную эффективность работы систем СГВ. Если увеличения удельного расхода теплоносителя через СК и связанное с этим уменьшение температурного перепада на нём, с одной стороны, приводит к интенсификации отвода тепла от него, то с другой стороны это способствует постоянному росту

в течение дня температуры воды, питающей СК. Это в дневном разрезе работы систем СГВ приводит к увеличению средней температуры СК.

Уменьшение же величины удельного расхода теплоносителя через СК и связанное с этим увеличение температурного перепада на нём, с одной стороны, приводит к уменьшению интенсивности отвода тепла от него, но с другой стороны – обеспечивает подпитку СК водой с постоянно низкой начальной температурой. Это в дневном разрезе работы систем СГВ обеспечивает постоянство средней температуры абсорбера СК.

Отсюда следует, что оценку эффективности работы систем СГВ с плоскими солнечными коллекторами следует выполнять по суточной их теплопроизводительности с учётом кратности нагрева теплоносителя в СК [7].

Рассмотрим и проанализируем режимные параметры, оказывающие влияние на величину средней температуры поглощающей теплообменной панели поперёк направления течения жидкости (по оси x) и на тепловую эффективность плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения.

В данном случае большое значение имеет равномерность распределения расхода жидкости по подъёмным трубам плоского СК [4]. При неравномерном распределении потока некоторые участки СК, содержащие подъёмные трубы с малым расходом, могут иметь температуру, намного превышающую температуру участков с более высоким расходом жидкости.

Аналитические и экспериментальные исследования данной проблемы выполнены в [8, 9, 10], в которых оценено влияние неравномерности распределения потока жидкости в системе СВК на выработку тепла при различных (малых, средних и больших) удельных расходах и схемах соединения коллекторов между собой. В [8] приведён обзор некоторых исследований равномерности распределения расхода в СК, там же представлен аналитический метод расчёта распределения расхода и его экспериментальная верификация.

В [9] приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований влияния неравномерности распределения потока жидкости по подъемным трубам лучепоглощающей теплообменной панели СК

листотрубного типа на выработку тепла. Опыты проводились в натурных условиях на одной из секций солнечной установки, предназначенной для горячего водоснабжения гостиницы и состоящей из 10 параллельных ветвей по 4 последовательно соединённых СК в каждой ветви. Диапазон изменения удельных расходов жидкости через СК как при диагональной схеме расположения подводящего и отводящего патрубков (Z-схема), так и при расположении этих патрубков с одной стороны секции (П-схема) составлял g=5÷30 кг/(м^2•ч). В экспериментах измерялась температура воды на выходе из каждой ветви секции СК, которая являлось мерой того, насколько эффективно от СК отводится энергия. Отличия в температурах между ветвями секции СК является также мерой недостатка равномерности распределения расхода, так как на входе в каждую ветвь подавалась холодная водопроводная вода с одинаковой температурой, которая также замерялась.

Для Z-схемы при малых (g=5,15 кг/(м^2•ч)) и средних (g=10,6 кг/(м^2•ч)), а для П-схемы только при малых (g=4,96 кг/(м^2•ч)) удельных расходах наблюдалась практически равномерная распределение потока по отдельным ветвям секции СВК, о чём можно судить по незначительным отличиям температуры (±2÷3 ^{o}C) на выходе из параллельных ветвей. Для Z-схемы при больших (g=29,4 кг/(м^2•ч)), а для П-схемы при средних (g=20,0 кг/(м^2•ч)) и больших (g=30,4 кг/(м^2•ч)) удельных расходах наблюдалась ощутимая неравномерность распределение потока через крайние 9 и 8 ветви секции СК, в которых отличия температуры составляют уже до ±4÷5^{o}C от среднего значения, а по сравнению с самой крайней 10 ветвью отличаются на 8÷10 ^{o}C.

В [10] приведены результаты измерения температур при малых, средних и больших удельных расходах для батареи из двенадцати СК, соединенных параллельно между собой. Согласно экспериментальным данным, разности температур между центральной частью и крайними участками батареи при больших расходах достигают 22 ^{o}C, а с уменьшением удельных расходов через СК, аналогично опытным данным [5], эти разности температур уменьшаются. Тем не менее, это различие весьма существенное и поэтому оказывает сильное

влияние на общую тепловую эффективность батареи СК. Поэтому на основании результатов исследований в [10] рекомендуют применять в конструкциях гидравлические каналы достаточно большого диаметра, с тем, чтобы падения давления в основном имело место в подъёмных трубах. В батареях СК с принудительной циркуляцией при числе подъёмных труб, превышающих, 24 рекомендуется вместо параллельного соединения, применять последовательно-параллельное или параллельно-последовательное соединение.

При конструировании и проектировании отдельных коллекторов и батареи СК с заданной неравномерностью распределения потока необходимо знать количественную взаимосвязь между вышеперечисленными конструктивными параметрами, которая приведена нами в работе [11]. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции приведен нами в работе [12].

Выводы

Повышения тепловой эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения в условиях, когда их массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенств уже достаточно хорошо отработаны в мировой практике, изучены и достигли величин близких к предельным значениям можно достичь путём оптимизации их режимных параметров двумя способами:

1) за счет однократного нагрева воды в солнечных коллекторах с малым её удельным расходом в диапазоне от 7,2 до 25,2 кг/(м^2•с) соответствующим низким скоростям потока и высокой величине градиента температуры вдоль направления движения жидкости в солнечном коллекторе, которая обеспечивает общее повышение доли покрытия тепловой нагрузки потребителя с 0,48 до 0,66 благодаря высокой температурной стратификации воды в аккумуляторном баке;

2) путем улучшения равномерности распределения потока теплоносителя через подъемные трубы и уменьшения градиента температуры перпендикулярно

направлению движения жидкости в среднем от 4 до 5^{o}C и соответствующем повышении КПД солнечного коллектора на такую же величину.

Список литературы:

1. Weiss W., Spörk – Dür M. “Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2018. Detailed Market Figures 2017. 2019 edition”.Available: www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2019.pdf.
2. Фрид С.Е. Современные солнечные коллекторы: типичные параметры и тенденции их изменения/ С.Е. Фрид, Н.В. Лисицкая// Гелиотехника. – 2018. – №2. – С.27-37.
3. Рашидов Ю.К. Системы солнечного теплоснабжения: мировой опыт и перспективы развития в условиях Узбекистана/ Ю.К.Рашидов// Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», Севастополь 23-26 сентября 2019 года, С.1361-1365.
4. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство/ Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
5. Hollands K.G.T. A Review of Low-Flow. Stratified-Tank Solar Water Heating Systems/ K.G.T. Hollands, M.F. Lightstone // Solar Energy, 1989. – V. 43. – P. 97.
6. Carvalho M.J. An Experimental Comparison of Operating Strategies for Solar Water Systems/ M.J. Carvalho, M. Collares-Pereira, F.M. Cunha, C. Vitorino // Solar Energy, 1988. – V. 41. – P. 33.
7. Рашидов Ю.К. Оценка эффективности систем солнечного горячего водоснабжения с однократным нагревом воды в плоских солнечных коллекторах/ Ю.К. Рашидов// Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность–2018», Севастополь 24-27 сентября 2018 года, С.993-997.
8. Weitbrecht V., Lehmann D., Richter A. Flow Distribution in Solar Collectors with Laminar Flow Conditions/ V. Weitbrecht, D. Lehmann, A. Richter // Solar Energy. V. 73, 2002. – P.433.

9. Смирнов С.И., Константиновский Ю.А., Торшин А.,С. Влияние неравномерности распределения потока жидкости в системах солнечных коллекторов на выработку тепла// Гелиотехника. 1981. №1, С.24-28.
10. Dunkle R.V., Davey E.T. Flow Distribution in Absorber Banks// Paper presented at Melbourne International Solar Energy Society Conference, 1970.
11. Рашидов Ю.К. Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъёмным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции/ Ю.К. Рашидов, А.У. Вохидов// Гелиотехника. – 2016. – №4. – С.8-14.
12. Рашидов Ю.К. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции/ Ю.К. Рашидов, Ж.Т. Орзиматов, К.Ю. Рашидов, Ф. Файзиев// Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», Севастополь 23-26 сентября 2019 года, С.1391-1395.

BINO VA INSHOOTLARDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA QUYOSH PANELLARINING O‘RNI VA ULARNING ISHLASH PRINSIPINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH ASOSIDA BAHOLASH

I.X. Xoliddinov[1], M.A. O‘lmasova[2]
Farg‘ona davlat texnika universiteti[1,2]
mubinaxonortigaliyeva0@gmail.com

So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishlari va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi dunyo miqyosida energiya samaradorligini oshirish va barqaror rivojlanish masalalarini dolzarb qilib qo‘ymoqda. Ayniqsa, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish nafaqat ekologik barqarorlikni ta’minlash, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishda ham muhim o‘rin tutadi. Shu nuqtai nazardan, bino va

inshootlar energiya iste’molining asosiy qismini tashkil etgani sababli, ushbu sohada energiyani tejovchi va qayta tiklanuvchi manbalarga asoslangan texnologiyalarni keng joriy etish bugungi kunda dolzarb vazifaga aylangan.

Binolar va inshootlar energiya iste’moli umumiy energiya iste’molining 30 foizidan ortig‘ini tashkil etadi [1]. Shu sababli, bino energetikasida qayta tiklanuvchi energiya texnologiyalarini joriy etish orqali energiya sarfini kamaytirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Binolarda ichki mikroiqlimni saqlab turish katta energiya resurslarini talab etadi, xususan, isitish, shamollatish va sovitish tizimlari umumiy bino energiya iste’molining qariyb 50 foizini egallaydi [2]. Shu sababli, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan, xususan quyosh panellaridan samarali foydalanish - energiya tejamkor binolar yaratishning muhim yo‘nalishidir.

Bino va inshootlarda quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyasi ikki asosiy shaklda amalga oshiriladi:

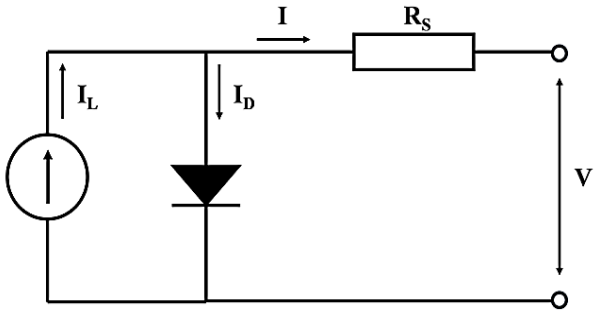
Binoga qo‘shimcha o‘rnatilgan quyosh panellari tizimi - bu tizimlar mavjud bino sathlariga, masalan tom yoki devorlarga qo‘shimcha o‘rnatiladigan quyosh panellaridir. Ular binoning konstruktiv qismi bo‘lmaydi, balki tashqi energiya ishlab chiqaruvchi modul sifatida xizmat qiladi.

Binoga integratsiyalashgan quyosh panellari tizimi esa quyosh panellarining binoning o‘z konstruktsiyasiga integratsiyalashgan shaklidir. Bunda panellar tom qoplamasi, deraza oynasi, fasad yoki soyabon sifatida ishlaydi. Ya’ni ular bir vaqtning o‘zida ham bino materiali, ham elektr energiyasi manbai bo‘lib xizmat qiladi.

1-rasm. Bino va inshootlarda quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyasi ko‘rsatilgan.

Bino va inshootlarda quyosh panellarining ishlash prinsipini modellashtirish uchun bir diodli, to‘rt parametrli ekvivalent zanjir modeli qo‘llaniladi. Bir diodli model

boshqa kristalli quyosh modullarini modellashtirish usullariga nisbatan soddaligi sababli keng qo‘llaniladi [3].



2-rasm. To‘rt parametrli modelning ekvivalent elektr zanjiri sxematik tasviri

Bu yerda:

I_L – yorug‘lik oqimi (A); I_D – diod orqali oqayotgan tok (A); R_S – ketma-ket ulanma qarshilik (Ω); I – chiqish toki (A), V – chiqish kuchlanishi (V) ni anglatadi. Bundan tashqari, modelda shunt qarshilik (R_{Sh}) cheksiz deb faraz qilinadi, shuning uchun uni hisobga olmaslik mumkin.

Bir diodli to‘rt parametrli modelining matematik ifodasi quyidagicha:

Quyosh elementining chiqish toki quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_L - I_D \tag{1}$$

Bu yerda I_D diod toki bo‘lib, u quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$I_D = I_0(\exp\left(\frac{q(V+IR_S)}{\gamma k T_c}\right) - 1) \tag{2}$$

Bu yerda: I_0 – teskari to‘yinganlik toki; q – elektron zaryadi (1.602×10^{-19} C); V – kuchlanish (V); I – tok (A); R_S – ketma-ket ulanma qarshilik (Ω); γ – diod ideal koeffitsienti; k – Boltsman doimiysi (1.381×10^{-23} J/K); T_c – quyosh elementining harorati (K).

Quyosh elementi uchun tok - kuchlanish tenglamasi quyidagicha yoziladi:

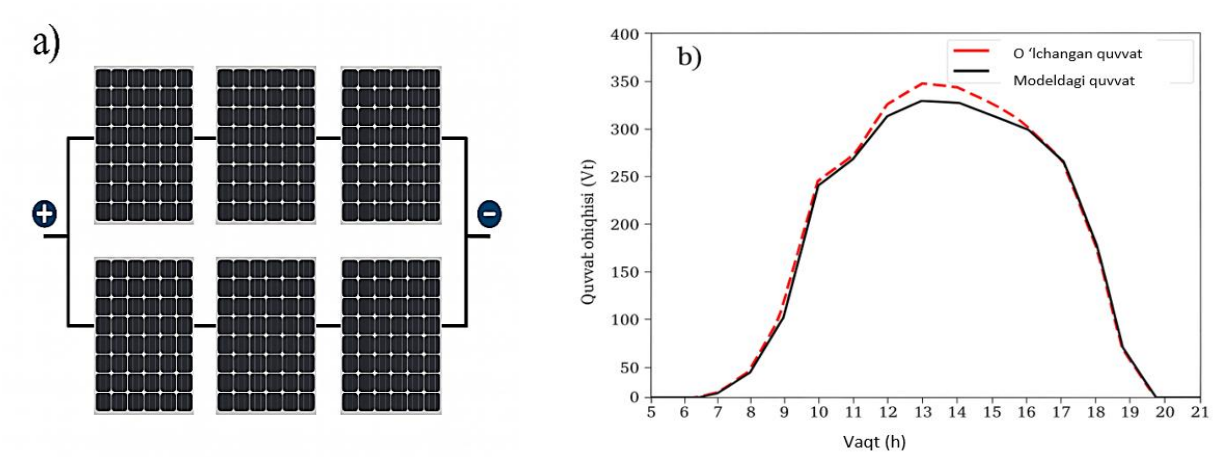
$$I = I_L - I_0(\exp\left(\frac{q(V+IR_S)}{\gamma k T_c}\right) - 1) \tag{3}$$

Model yordamida quyosh panelining harorat va nurlanishga bog‘liq chiqish quvvati aniqlanadi[3]:

$$P = V \cdot I = V \cdot [I_L - I_0\left(\exp\left(\frac{q(V+IR_S)}{\gamma k T_c}\right) - 1\right)] \tag{4}$$

Bu tenglama (4) quyosh panelining elektr chiqishini aniqlovchi asosiy matematik model bo‘lib, u yorug‘lik oqimi, diod toki va haroratning ta’sirini birgalikda ifodalaydi.

Model orqali olingan natijalar real o‘lchov ma’lumotlari bilan taqqoslanib, binoning energiya samaradorligini baholash, issiqlik yo‘qotishlarini aniqlash va quyosh nurlanishi ta’sirida ichki harorat o‘zgarishlarini aniqlash imkoniyatlari o‘rganiladi. Tajriba sxemasida (a) 6 ta panel bor, ular parallel holatda ulangan. Bunday ulanish elektr quvvatini ko‘paytirish va tizimni samarali ishlatish uchun tanlanadi. Grafikda (b) esa, hisoblangan (model orqali) va o‘lchangan (tajriba orqali) natijalar taqqoslangan.



3- rasm. Quyosh panellaridan iborat tizimning qanday ishlashi va model natijalari tajriba ma’lumotlari bilan qanchalik mos kelishini ko‘rsatilgan [4]

Grafikdan ko‘rinadiki, modelning natijalari tajriba ma’lumotlariga juda yaqin. Bu shuni ifodalaydi, tanlangan model quyosh panellarining real ishlashini to‘g‘ri ifodalay oladi va energiyani aniq hisoblash uchun ishonchli hisoblanadi.

Model asosida o‘tkazilgan hisoblashlar va tajriba ma’lumotlari o‘zaro taqqoslanganda, ularning natijalari bir-biriga juda yaqin ekanligi aniqlangan. Bu esa bir diodli to‘rt parametrli model quyosh panellarining real ish jarayonini to‘g‘ri ifodalay olishini va energiya ishlab chiqarish jarayonlarini ishonchli tarzda modellashtirish imkonini berishini ko‘rsatadi. Shunday qilib, quyosh panellarining matematik modellashtirilishi nafaqat ularning samaradorligini tahlil qilish, balki bino va inshootlarda energiya tejovchi tizimlarni loyihalash, energiya yo‘qotishlarini

kamaytirish, va barqaror energiya ta’minotini yaratish uchun ham muhim ilmiy-amaliy vosita hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Fazal, M.A.; Rubaiee, S. Progress of PV cell technology: feasibility of building materials, cost, performance, and stability. *Solar Energy*, 258 (2023), 203–219. https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.04.066

2. Song, C.; Deng, Z.; Zhao, W.; Yuan, Y.; Liu, M.; Xu, S., et al. Developing urban building energy models for Shanghai city with multi-source open data. *Sustainable Cities and Society*, 106 (2024), Article 105425.

https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105425

3. Bader, X. Ma, B. Oelmann, One-diode photovoltaic model parameters at indoor illumination levels – A comparison, Solar Energy 180 (2019) 707–716, https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.048

4. Sarvi, M., & Azadian, A. (2022). A comprehensive review and classified comparison of MPPT algorithms in PV systems. *Energy Systems, 13*(2), 281–320. https://doi.org/10.1007/s12667-021-00427-x

SOLAR STATION OUTPUT PREDICTION USING WEATHER DATA

Nosirbek Abdurazakov[a], Sharifa Tajibayev[b], Muhammadbobur Mirzaahmedov[b], Qahhorov Jamshidbek[c],Avazbek Mirzaalimov[c] Rayimjon Aliev[e]

[a] PhD student, Andijan state university, Andijan, Uzbekistan, nabdurazaqov@gmail.com

[b]Teacher, Andijan state university, Uzbekistan, tajibayeva_sh@gmail.com

[c]Docent, Andijan state pedagogical institute, Uzbekistan, avazbek.mirzaalimov@mail.ru

[d]Professor, Andijan state university, Uzbekistan, alievuz@yahoo.com

Abstract. *Accurate forecasting of photovoltaic (PV) power generation is essential for efficient energy management and grid stability. This paper presents a comparative study of two deep learning models, namely Multilayer Perceptron (MLP) and Convolutional Neural Network (CNN) for hourly PV power forecasting using meteorological and solar geometry data. The input features include date, hour, ambient*

temperature, categorical weather condition, relative humidity, and solar inclination. Data preprocessing involved feature encoding, normalization, and scaling. The models were evaluated using mean absolute error (MAE), mean absolute percentage error (MAPE), root mean squared error (RMSE), and coefficient of determination (R^2). Experiments have been performed on the PV system installed on the rooftop of 3 kWh power output.

Keywords: *Photovoltaic forecasting, deep learning, MLP, CNN, solar inclination, weather data.*

1. Introduction

The rapid global transition toward renewable energy has led to a surge in photovoltaic (PV) system installations. However, PV power output depends strongly on weather variables such as solar irradiance, temperature, and cloud cover, making forecasting a critical component for power grid operations. The stochastic and nonlinear behavior of these variables poses significant challenges to traditional modeling techniques.

Conventional statistical models, including autoregressive integrated moving average (ARIMA) and multiple linear regression, often fail to capture complex nonlinear dependencies between meteorological variables. Machine learning (ML) and deep learning (DL) models have been introduced as effective alternatives, offering improved adaptability and accuracy.

This paper investigates the performance of MLP and CNN models for short-term PV output forecasting using multi-feature meteorological data. The study contributes to the literature by integrating both continuous and categorical weather parameters, and by comparing two representative neural architectures under consistent preprocessing and evaluation conditions.

2. Related works

A considerable body of research has explored machine learning and deep learning methods for solar power forecasting. Voyant et al. [1] reviewed statistical, physical, and hybrid forecasting models, emphasizing the potential of machine learning for handling nonlinear dependencies among meteorological features. Abdel-Nasser and

Mahmoud [2] utilized Long Short-Term Memory (LSTM) networks for day-ahead PV power forecasting, reporting substantial improvements over regression-based techniques. Sharma et al. [3] demonstrated that CNN architectures are highly effective in learning spatial dependencies among correlated meteorological inputs such as irradiance and temperature.

Further comparative analyses have been conducted by Wang et al. [4], who evaluated MLP, CNN, and gated recurrent unit (GRU) networks for short-term PV power prediction and concluded that CNN offers an optimal balance between accuracy and computational complexity. Li et al. [5] developed hybrid CNN–LSTM models incorporating atmospheric and solar features, achieving higher robustness under diverse weather conditions.

Building on these prior studies, this work introduces an integrated approach combining quantitative and categorical weather data for hourly PV power prediction. Unlike earlier models that relied solely on irradiance and temperature, the proposed framework leverages multi-dimensional weather indicators and solar geometry to enhance forecasting precision.

3. Proposed forecasting method

The proposed framework for PV output forecasting consists of four principal stages: (1) data acquisition and feature definition, (2) data preprocessing and encoding, (3) model architecture design, and (4) performance evaluation.

A schematic overview of the system workflow is illustrated in Fig. 1

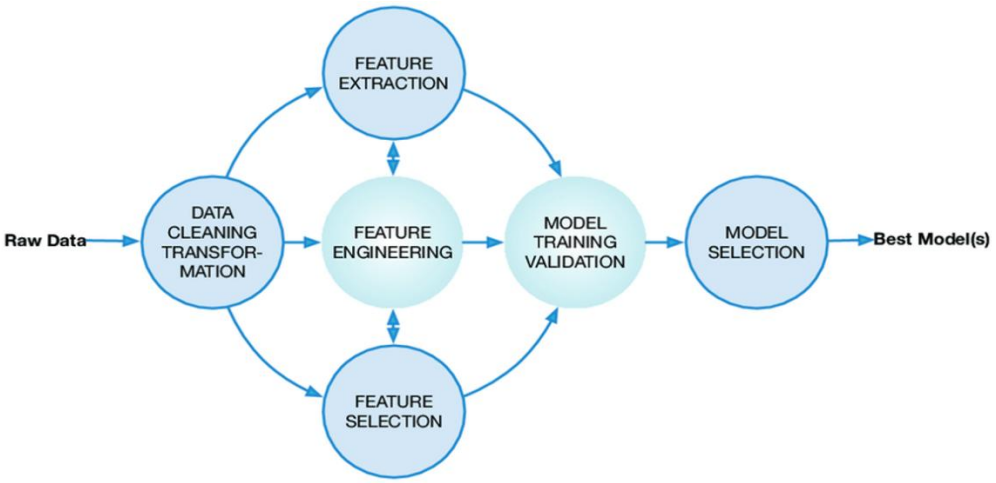


Fig. 1. conceptual diagram placeholder.

3.1. Data Acquisition and Feature Definition

The dataset was collected from a grid-connected PV station equipped with meteorological sensors that record hourly measurements. Each record contained the following features: date of the year, hour of the day, ambient temperature (°C), relative humidity (%), solar inclination angle (°), solar radiation (W/m²), and a categorical variable describing the sky condition (sunny, partly cloudy, cloudy, rainy, rainy and cloudy). The target variable was the measured PV power output (kW).

These features were selected based on their physical relevance. Solar radiation and inclination primarily determine the available irradiance, while temperature and humidity influence the efficiency of the PV modules. The categorical weather condition encodes cloud cover and precipitation patterns, which indirectly affect irradiance variability.

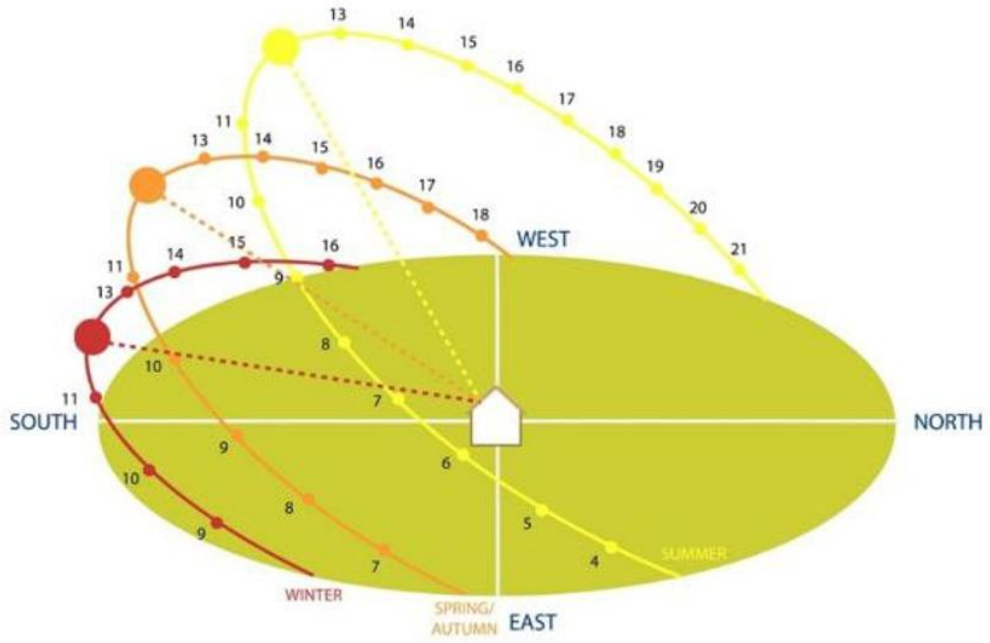


Fig. 2. Change of solar inclination over day time and season of the year.

3.2. Data Preprocessing and Encoding

The raw data were subjected to several preprocessing steps to improve quality and ensure compatibility with neural network training. Missing entries, primarily in

temperature and humidity readings, were reconstructed using linear interpolation. Outlier detection based on a rolling median filter was applied to eliminate noise in the radiation series.

Categorical weather conditions were converted into one-hot encoded vectors, allowing the model to interpret them as distinct, nonordinal features. All continuous variables were normalized within the range [0, 1] using Min–Max scaling to accelerate convergence and prevent dominance by high-magnitude variables.

The solar inclination angle was computed using standard solar geometry equations involving solar declination, hour angle, and latitude. This feature captures diurnal and seasonal sun position variations. Finally, the dataset was divided into 70% training, 15% validation, and 15% testing subsets, preserving chronological order to prevent temporal leakage.

3.3. Model Architecture Design

Two deep learning models were implemented using TensorFlow/Keras: an MLP representing a fully connected neural structure and a CNN representing a convolution-based feature extraction framework.

3.3.1. Multilayer Perceptron (MLP)

The MLP model consisted of an input layer corresponding to the eight feature dimensions, followed by two hidden layers with 128 and 64 neurons, respectively. Each hidden layer employed the ReLU activation function to introduce nonlinearity. To mitigate overfitting, a dropout layer with a rate of 0.2 was inserted between the dense layers. The output layer contained a single neuron with a linear activation function to predict continuous power output values. Model training used the Adam optimizer with a learning rate of 0.001, and mean squared error (MSE) was selected as the loss function.

3.3.2. Convolutional Neural Network (CNN)

The CNN model was designed to identify local spatial patterns between meteorological variables. The network began with a 1D convolution layer containing 64 filters and a kernel size of 3, followed by a max-pooling layer (pool size 2) to reduce dimensionality and retain salient features. The flattened feature map was processed by

two fully connected layers with 64 and 32 neurons, respectively. The final output layer consisted of one neuron with a linear activation function. ReLU activation was used in all hidden layers, and the model employed the same optimizer and loss configuration as the MLP.

3.4. Model Training and Evaluation

Both models were trained for 150 epochs using a batch size of 16. Early stopping was applied to halt training when validation loss ceased to improve, thereby avoiding overfitting. Model performance was evaluated using MAE, RMSE, and R^2 metrics, defined as follows:

$$\text{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|, \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2},$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}.$$

4. Conclusion

This work is devoted to the accurate forecasting of PV system output over time of the day under different climatic conditions. A 3 kWh PV system has been monitored over eight months on an hourly basis, which is enough to test it on all seasonal and weather conditions. The work aimed to perform forecasting of PV output using weather data and solar inclination at the PV installation place to generalize the PV conversion process over the years. Solely weather data and repetitive solar inclination conditions allow for predicting PV power yield. This allows to have accurate PV results in advance.

References

[1] C. Voyant, G. Notton, S. Kalogirou, M. L. Nivet, C. Paoli, F. Motte, and A. Fouilloy, “Machine learning methods for solar radiation forecasting: A review,” Renewable Energy, vol. 105, pp. 569–582, 2017.

[2] M. Abdel-Nasser and K. Mahmoud, “Accurate photovoltaic power forecasting models using deep LSTM networks,” IEEE Access, vol. 7, pp. 11445–11454, 2019.

[3] S. Sharma, A. Kumar, and R. Singh, “Short-term solar irradiance forecasting using convolutional neural networks,” Energy Reports, vol. 7, pp. 1185–1193, 2021.

[4] T. Wang, Q. Li, and X. Zhou, “Comparison of MLP, CNN, and GRU for short-term photovoltaic power prediction,” Applied Energy, vol. 312, p. 118678, 2022.

[5] H. Li, D. Zhang, and Y. Liu, “Deep learning-based hybrid models for PV output forecasting using meteorological data,” Energy Conversion and Management, vol. 276, p. 116448, 2023.

О РЕЗУЛЬТАТАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА ПОСРЕДСТВОМ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЧЕРЕЗ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

Каримов Боходир Хошимович, Алиев Ибратжон Хатамович, Исмоилова Сарвиноз Азамжон кизи, Хомидова Мухтасархон Мамиржон кизи, Мирзаалиев Мухаммадумар Шухратжон угли

e-mail: hashim.school.n1@gmail.com, alievibratzon12@gmail.com

НИИ «ФРЯР», заслуженный профессор ITGA LLC, Ферганский государственный университет[1]

Аннотация. *Для формирования выводов о полученных практических результатах, необходимо осуществить некоторое моделирование и представление в форме графиков полученных уравнений. Таким образом, установим систему состоящую из алюминиевого коллектора на аноде толщиной в 1,5 мм, анода из лития после интеркаляции в углероде толщиной 2,5 мм, электролита из разбавленной 10% серной кислоты с толщиной слоя 2 мм, сепаратором из натурального органического волокна в 1 мм, катода из оксида кобальта толщиной 2,5 мм и медного коллектора на катоде толщиной 1,5 мм. При этом ширина системы 50 см и высота 60 см при общем объёме в 3300 см3. В указанную модель направляется зарядная мощность порядка 500 кВт*ч, что создаёт поток ионов лития с напряжением -3,04 В, сопротивлением порядка 10 ТОм.*

Ключевые слова: *аккумуляционная система, моделирование, уравнение теплопроводности, теоретическая постановка задачи.*

Таким образом, такая система будет иметь различную температуру в различных областях, что отражается на соответствующем трёхмерном графике (Рис. 1), а также на графике электропроводности (Рис. 2) [1-2].

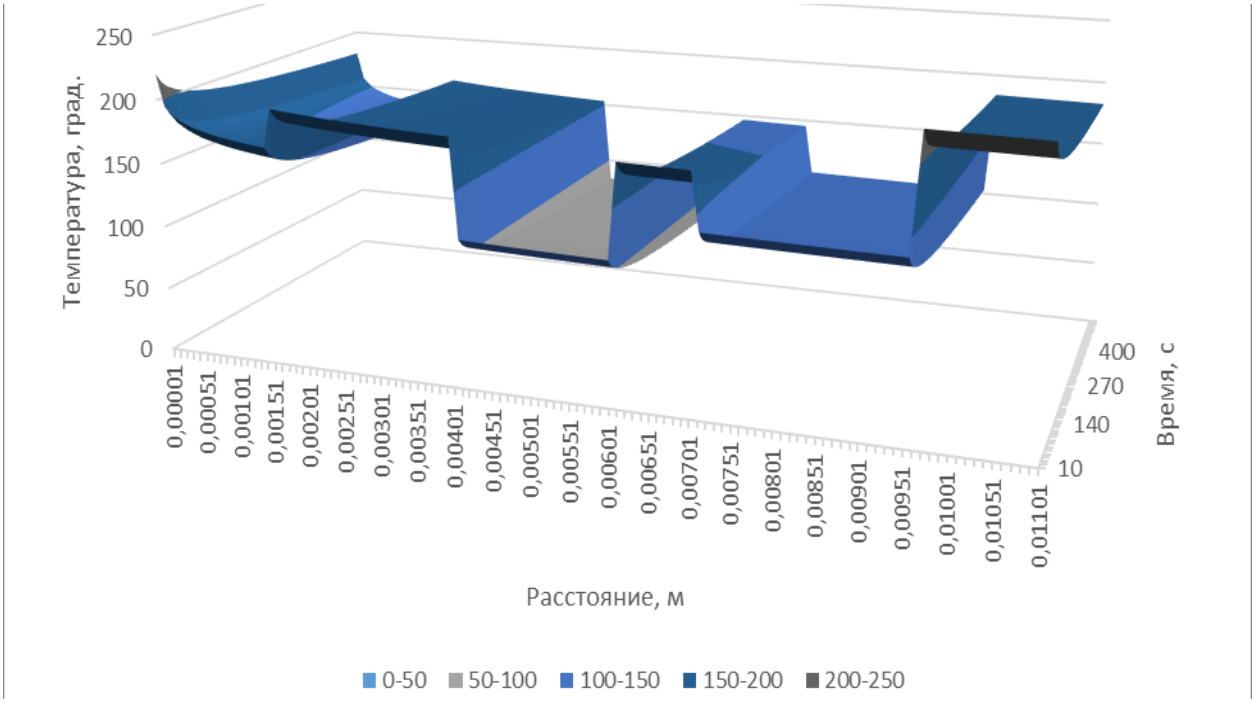


Рис. 1. Трёхмерный график роста температуры стандартной модели

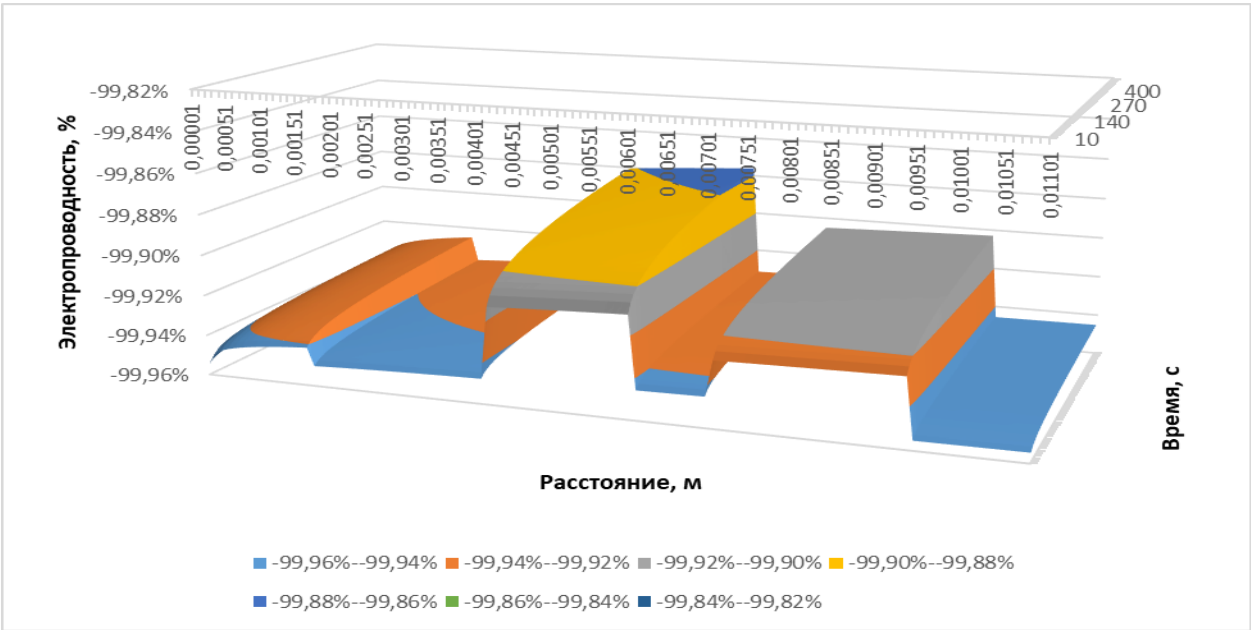


Рис. 2. Трёхмерный график электропроводности в процентном соотношении

Из полученного графика наглядно видно, что в данном случае вся установка разделяется по температурному градиенту на явное количество частей, которые имеют свои особые формы изменений подобные изменённой параболе или логарифмическому графику во временной проекции [3-4]. Последнее свойство функции видно из второй проекции трёхмерного графика (Рис. 3).

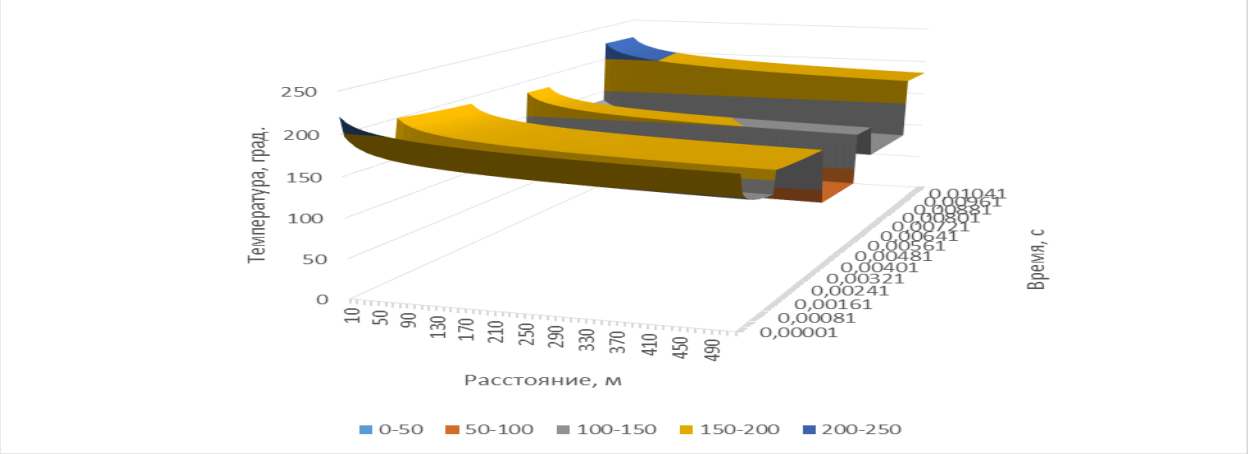


Рис. 3. Вторая проекция графика температуры от координаты и времени

При этом общая температура граничит между 100 и 215 градусами цельсия. Относительно уровня электропроводности, то согласно представлению графика в процентном соотношении, электропроводность действует практически на максимально возможном уровне в силу возможности проведения указанного большого количества энергии при вводе [5-6]. Отдельного внимания заслуживает формулировка модели при различных уровнях поступающей энергии, с указанными показателями размерности структур аккумулирующей системы.

Так, при уменьшении энергии наблюдается спад по температуре, но разность высот температуры начинает изменяться, как и степень приближения к логарифмической модели при проекции боковой части. Это наглядно видно при уменьшении энергии до состояния в 2 Дж, относительно температуры (Рис. 4-5).

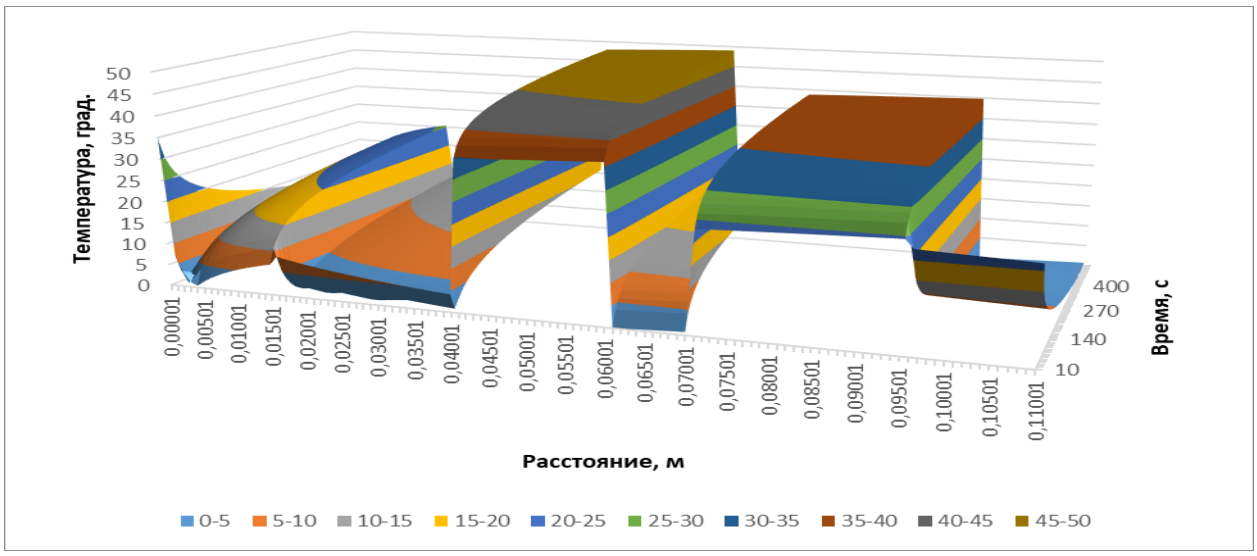


Рис. 4. Трёхмерны график температуры при малой мощности

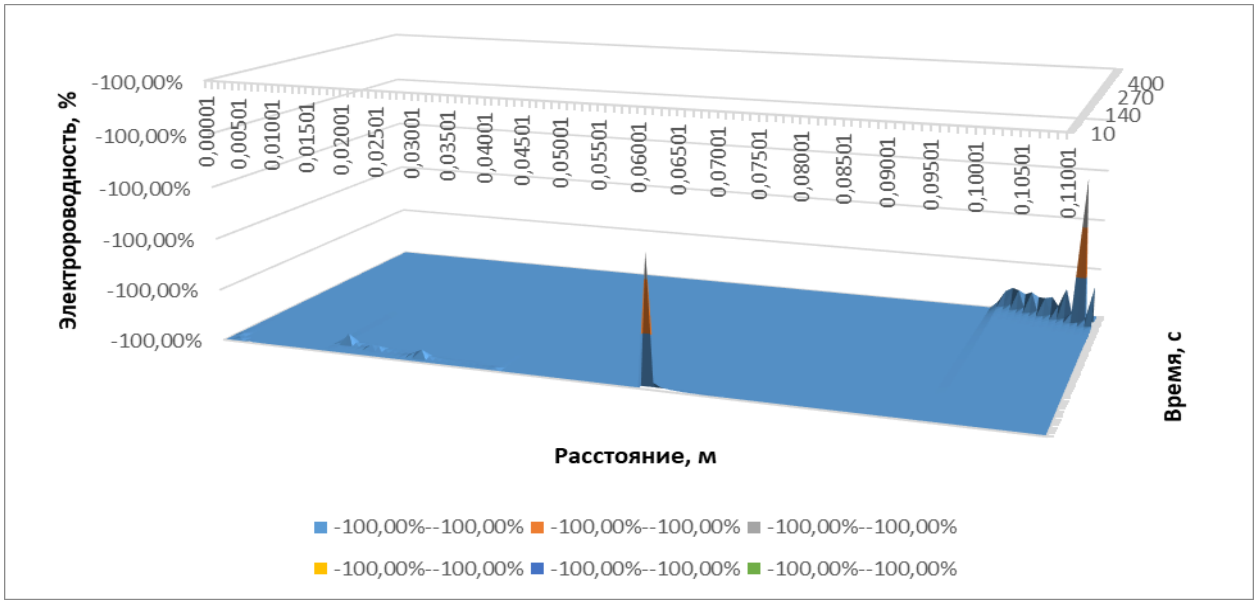


Рис. 5. Трёхмерный график электропроводности

Электропроводность при уменьшении мощности становиться практически однородной, превращаясь в состояние константы и единственной отличительной чертой являются явные пики в некоторых областях графика. Подобные резкие увеличения, видные при малом масштабе в области от 300 до 400 секунд на уровне катода и медного коллектора, в середине, на уровне сепаратора в качестве единственного пика и практически незаметных пиков в области анода, могут быть смещены на счёт квантовых флуктуаций, участвующие в процессе.

Использованная литература:

1. Siano, Pierluigi (2014). "Demand response and smart grids-A survey". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 30. Elsevier: 461–478. doi:10.1016/j.rser.2013.10.022. ISSN 1364-0321.
2. Pan, AQ; Li, XZ; Shang, J; Feng, JH; Tao, YB; Ye, JL; Yang, X; Li, C; Liao, QQ (2019). The applications of echelon use batteries from electric vehicles to distributed energy storage systems. 2019 International Conference on New Energy and Future Energy System (IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science). Vol. 354. IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1755-1315/354/1/012012. 012012.
3. Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы.
4. Kang, B.; Ceder, G. (2009). "Battery materials for ultrafast charging and discharging". Nature. 458 (7235): 190–193. Bibcode:2009Natur.458..190K. doi:10.1038/nature07853. PMID 19279634. S2CID 20592628
5. Redondo-Iglesias, Eduardo; Venet, Pascal; Pelissier, Serge (2016). "Measuring Reversible and Irreversible Capacity Losses on Lithium-Ion Batteries". 2016 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC). p. 7. doi:10.1109/VPPC.2016.7791723. ISBN 978-1-5090-3528-1. S2CID 22822329.
6. Lain, Michael J.; Brandon, James; Kendrick, Emma (December 2019). "Design Strategies for High Power vs. High Energy Lithium Ion Cells". Batteries. 5 (4): 64. doi:10.3390/batteries5040064.

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРКЕНТСКОЙ МЕГАВАТНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

Акбаров Р.Ю

Институт Материаловедения АН РУз, aryu12@mail.ru, Тел.:+998935820984

Аннотация

В работе отмечается перспективность использования высокотемпературных солнечных печей в прикладных и фундаментальных исследованиях. Рассматривается вопрос, какими величинами можно характеризовать энергетических и технологических возможностей печей. Представлены такие расчетно-экспериментальные данные для Паркентской полигелиостатной мегаватной солнечной печи (БСП).

***Ключевые слова**. Радиация, коэффициент отражения, концентратор, плотность энергии, облученность, мощность, температура, солнечная печь, измерительные приборы.*

Введение

Современное применение высокотемпературных солнечных печей [1] и связанных с ними устройств, предназначенных, в частности, для обработки материалов широко известны и в настоящее время интенсивно развивается. Перспективным задачами являются создание заданных технологических режимов с использованием солнечных концентраторов, например, формирование однородности температуры внутри реакционных камер для обработки материалов, современные методы контроля протекающих процессов и др. Кроме того, предлагаются новые инновационные модульные системы для улавливания, концентрации и контроля концентрированного солнечного излучения [2].

Основной характеристикой концентраторов солнечного излучения – солнечных печей, является распределение плотности концентрированной энергии в их фокальной зоне (карта распределения плотности). Кроме того, практическими важными вопросами являются: какие величины необходимо

измерить, какие методы и приборы использовать, как проводить измерения, какие проблемы и погрешности возникают в измерениях и др. Очень важной информацией является динамические параметры протекающих конкретных технологических процессов в печи, интенсивность и характер этих процессов, температура плавления и синтеза материалов и другие.

Энергетические характеристики печей включают коэффициент концентрации, плотность потока энергии, распределение потока в фокальной зоне, КПД оптической системы. Для их измерения используют радиометры, калориметры, системы технического зрения и оптические датчики.

Технологические характеристики отражают эффективность самого процесса (характеристики нагретых тел): температурный режим, скорость нагрева и охлаждения, тепловые потери, химико-технологические реакции, качество материалов и надежность оборудования. Эти параметры контролируются термометрами, термопарами, пирометрами, телевизорами, газоанализаторами и методами структурного анализа и др. [3].

Таким образом, энергетические измерения определяют возможности печи как источника концентрированной энергии, а технологические – успешность её практического применения:

Комплексная оценка характеристик обоих направлений позволяет повысить эффективность и надежность солнечных печей в их применении.

Энергетические и технологические характеристики БСП

Большая Солнечная Печь оснащена современными приборами для измерения плотности концентрированной солнечной энергии, температуры исследуемых материалов и приборами для контроля протекания высокотемпературных процессов. К ним относятся высокотемпературные пирометры, тепловизоры, цифровые термометры, различные радиометры, фотометры, система технического зрения, анализатор фокального пятна и др.

На БСП дистанционный метод измерения температуры реализован с использованием ИК-пирометра IG-12 TSP IR производства «IMPAC infrared GmbH» [4]. Измерения проводятся из пирометрической лаборатории,

расположенного на расстоянии 20 м. Пирометр используется совместно с программой INFRAWIN 5, которая позволяет визуализировать изменения температуры в виде графика и таблицы. Солнечная радиация измеряется актинометром АТ-50.

Анализ энергетических характеристик режимов, т.е. временные карты распределения плотности энергии в фокальной зоне БСП, показывает, что они очень разнообразны. Когда речь идет об характеристиках печи, необходимо принимать во внимание многие факторы, которые находятся в определенном временном состоянии. Поэтому, когда говорят конкретно что-нибудь о состоянии печи, необходимо их сопровождать сопутствующей информацией. Несмотря на это, можно отметить некоторые характерные особенности энергетических и технологических характеристик печи.

Нами проведены расчетные исследования энергетических характеристик БСП с использованием методик, представленного в работе [5]. В качестве характерных параметров БСП использовались следующие значения: E_0 =700 Вт/м^2 – прямая солнечная радиация, R_{sc}= R_{sg} = 0.6 - коэффициент отражения зеркал концентратора и гелиостатов, неточности зеркал концентратора и гелиостатов σ =7 ($\sigma = \sigma_c = \sigma_g$) угловых минут.

Известно, что энергетические характеристики отдельных гелиостатов имеет Гауссовую форму и результирующее распределение энергии получается, как суперпозиция этих распределений. Поэтому важной информацией является максимальные облученности от отдельных гелиостатов. В таблице 2 представлены процентные вклады гелиостатов на общее распределение энергии в фокальной зоне. Другой важной характеристикой печи является трехмерное распределение плотности энергии от отдельных полок гелиостатов. Сечение суммарного распределения на разрезе отдельных полок дает наглядное представление о доли отдельных полок гелиостатов на формировании суммарного распределения энергии. Трехмерное распределение плотности энергии от всей БСП с указанием разных уровней плотности имеет важное практическое значение. На рис.1. представлены эти иллюстрации.

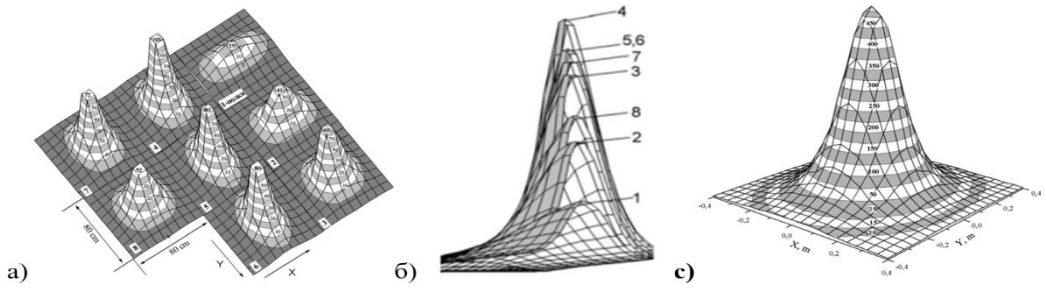


Рис.1. а). Трехмерное распределение плотности энергии от отдельных полок гелиостатов. б). Сечение суммарного распределения на разрезе отдельных полок. с). Трехмерное распределение от всей БСП.

В настоящее время на БСП проводятся работы по полной замене зеркальных фацет гелиостатов и концентратора, их механических юстировочных узлов, покраска корпусов и каркасов элементов БСП и другие работы. При этом, в определенных этапах этих работ необходимо будет отъюстировать соответствующих оптических элементов печи. Поэтому возможность проведения полноценных циклов измерений энергетических характеристик печи ограничены. Поэтому в этой работе представлены только некоторые результаты экспериментальных измерений. В таблице 3 приведены фокальные вклады отдельных полк в формировании общего фокального пятна БСП. Измерения проводились с использованием радиометра GG01 Gardon gauge фирмы Hukseflux [6].

Таблица 1. Фокальные облученности отдельных гелиостатов.

Таблица 2.Вклады отдельных полок гелиостатов (измерения).

№	%	№	%	№	%	№	%	№	%
1	0.67	2	0.56	3	1.05	6	0.45	7	1.38
8	1.12	9	2.06	13	0.44	14	0.79	15	2.18
16	1.74	17	3.21	22	0.79	23	1.04	24	2.96
25	2.41	26	4.34	31	0.93	32	1.2	33	3.45
34	2.25	39	1.02	40	0.97	41	3.39	42	2.17
47	0.8	48	1.04	49	2.96	50	2.34	55	0.25
	1.31	57	1.24	58	2.55				

I	II	III	IV
1	Нет данных		
2	34,1	914	33,58
3	8,73	727	10,81
4	50,97	837	54,81
5	58,8	804	65,82
6	18,7	859	19,59
7,8	Нет данных		
Сумма			

Выводы

Таким образом, расчетная оценка и измерение энергетических и технологических характеристик высокотемпературных солнечных печей играет

важную роль в практических работах и такие детализированные данные показывают полные функциональные возможности солнечных печей.

Литература

[1]. Daniel Fernandez-Gonzalez et al. Concentrated solar energy applications in materials science and metallurgy. Solar Energy 170 (2018). 520–540. https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.05.065.

[2]. Rosa. L.G. Solar Heat for Materials Processing: A Review on Recent Achievements and a Prospect on Future Trends. *ChemEngineering* **2019**, *3*, 83. https://doi.org/10.3390/chemengineering3040083

[3]. Nazarov, VI Heat engineering measurements and instruments: textbook. allowance / V.I. Nazarov. Minsk: Higher school, 2017 . 280 p. : IL. ISBN 978-985-06-2801-5.

[4]. https://all-pribors.ru/opisanie/43275-09-is-12-tsp-iga-12-tsp-45411 .

[5]. Akbarov Rasul. “Thousand kW High-Temperature Solar Furnace in Parkent (Uzbekistan) – Energetical Characteristics”, *chapter in the book “A Guide to Small-Scale Energy Harvesting Techniques”*, Reccab Manyala, Ed. London:IntechOpen, 2020, pp.111-135.

[6].https://www.hukseflux.com/products/heat-flux-sensors/heat-flux-sensors/gg01-gardon-gauge.

ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION OF GRAVITY ENERGY STORAGE POWER GENERATION

Rayimdjanova Odinaxon Sadikovna, Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li.

rodinaxon75@mail.ru

muhriddinmadaminov1996@gmail.com

Fergana State Technical University

***Abstract**. This article analyzes the current state and development prospects of gravity energy storage technology. Various types of gravity-based energy storage systems — including piston, suspended, and mountain-based designs — are examined*

in terms of their operating principles, technical advantages, and limitations. Special attention is given to the efficiency, environmental safety, and practical applications of these systems. The results of the study highlight the role and potential of gravity energy storage systems in ensuring stable and sustainable electricity generation.

Keywords: *gravity energy, energy storage, piston system, suspended system, mountain gravity storage, electric generator, sustainable energy sources.*

Introduction. In modern power systems, ensuring energy stability, efficient utilization of renewable sources, and effective storage of surplus electricity have become critical challenges. In this context, gravity energy storage (GES) technology operates on a principle similar to pumped hydro storage systems but with reduced dependence on natural water resources and topographical limitations. The main concept of GES is to use surplus electrical energy to lift heavy masses, storing potential energy, which can later be converted back into electrical power through a generator when needed. This paper provides a comprehensive analysis of different gravity-based energy storage models — piston, suspended, and mountain systems — focusing on their structural characteristics, technical benefits, and application feasibility.

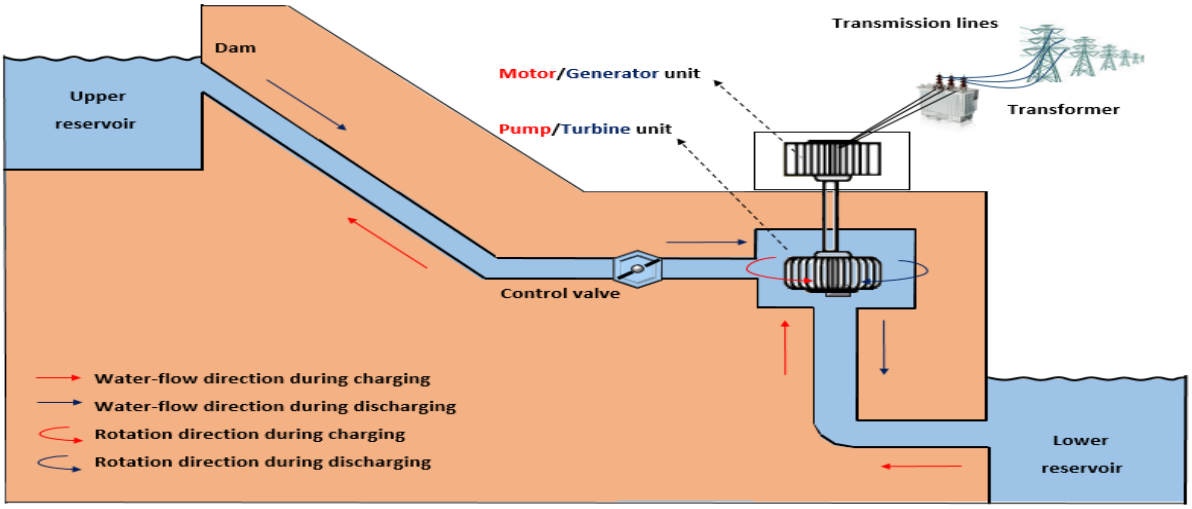
Main part. The study demonstrates that gravity energy storage systems play an important role in sustainable and environmentally friendly power generation. However, improving energy efficiency, enhancing the reliability of mechanical components, and reducing operational costs remain key directions for further research and technological optimization.he basic principle of gravity energy storage and power generation is similar to pumped storage technology, and the basic process of energy storage and power generation is: using abundant electricity to lift heavy objects and store potential energy. When needed, the potential energy of heavy objects is released and converted to drive the generator to generate electricity.

Piston gravity energy storage. Based on the pumped storage unit, the heavy piston in the shaft is used to replace the water body for energy storage. When electricity is rich, the water is pumped and pressurized by the pump turbine to lift the piston of heavy objects and store energy, that is, the water body does not store energy directly.

When generating electricity, the heavy piston falls, and its potential energy is transmitted to the water flow, which is converted into mechanical energy by the pump turbine to drive the generator to work. Since the density of heavy objects is greater than that of water, the power generation head can be increased under the same height difference conditions, and the energy density can be increased. In other words, compared to pumped storage power stations with the same potential energy.

This technology can reduce the construction height, reduce dependence on geographical conditions and water resources, and facilitate the site selection and layout of power stations. This technical solution offers unique advantages. But there are some technical issues that need to be explored. Currently, piston gravity energy storage has a limited capacity and may be suitable for some small, short-term energy storage.

Suspended gravity energy storage. The system can control the falling speed of heavy objects, change the power generation time. This energy storage technology operates in a closed mine, reducing the impact on the natural environment and having a high safety factor. How to improve the working stability of the electric winch, reduce the rotation and shaking of heavy objects and fix problems is the focus of research.



picture 1. Mountain gravity energy storage.

It mainly uses the terrain of steep mountain areas to store energy through the potential energy of sand and gravel. When electricity is abundant, an electric system similar to a ski lift is applied to lift containers filled with sand and gravel to the top of the mountain for storage. At peak power consumption, gravity is used to transport sand

and gravel from the top back to the ground, and generate electricity by releasing potential energy from the sand.

A mountain gravity energy storage system is a longer-lasting and larger scale energy storage method than a lithium battery energy storage system. Mountain gravity energy storage seems simple and easy, but the efficiency of the applied cable car system is not easy to improve, the comprehensive benefits of the energy storage power generation system may not be ideal, and the relevant technical solutions need to be developed.

This energy storage system uses mountain terrain and rail vehicles, which can achieve large-capacity energy storage in outdoor environments, but the civil cost of leveling the hillside is high, the chain transmission stability is poor and easy to wear, and further structural optimization is required.

This energy storage system uses natural hillsides and gravel as an energy storage medium to reduce construction costs, but the cable car's carrying capacity is low, the outdoor environment has a great impact on the operation of the cable car, and how to achieve stable and efficient energy recovery is a difficult research point for this system.

Conclusion. The wheel-rail support structure of the permanent magnet linear synchronous motor is adopted, and the electric power generation is completed by the linear motor. Or use multiple electric winches to pull vehicles and segment energy storage. The use of mountain drops for energy storage structure stability, with no risk of collapse, can achieve larger scale gravity energy storage.

References.

1. Juan Corrado. Gravity-Powered Energy Storage Technologies. https://darcypartners.com/research/gravity-powered-energy-storage-technologies

2. Bhoopendra Singh, Mayank Tripathi, Shweta Maithil, Vinayak Gupta, "A review on the integration of electric vehicles into the power grid and its impact on the energy infrastructure in India", 2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM), pp.1-6, 2023.

3. Madaminov, M. R. (2023). Experimental study of operating modes of an uninterruptible power supply source using a wind generator as the primary source. International Journal of Advance Scientific Research, 3(10), 125-131

4. Rayimdjanova, O., Mukhtarov, F., Ismoilov, M. M., Abdusamatov, H., Abdullaeva, M., & Madaminov, M. (2024, November). Research of the semiconductor sensors based on anomal photovoltaic effect with highly sensitive parameters of the deformation. In E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 01004). EDP Sciences.

5. Laya M.A. Al-Hilfi, Stella Morris, Wong Jianhui, Bala Venkatesh, Chew Kuew Wai, Chua Kein Huat, "Exploration of the Suitability of Gravity Energy Storage in Malaysian Grid Systems", 2022 IEEE International Conference in Power Engineering Application (ICPEA), pp.1-6, 2022.

6. Pedro M. Rendel, Smrithi Talwar, Mark J. F. Lawrence, "Geological energy storage in Aotearoa New Zealand a technical, geological and social overview", Journal of the Royal Society of New Zealand, pp.1, 2023.

7. Djamila Rekioua, "Energy Storage Systems for Photovoltaic and Wind Systems: A Review", Energies, vol.16, no.9, pp.3893, 2023.

УДК 697.34:697.329

ISSIQLIK TA’MINOTIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINI INTEGRATSIYALASH ASOSIDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH

Madaliyev Erkin O‘rinbayevich, Tillaboyeva Farangiz Shavkatjon qizi
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Email: farangiztillaboyeva11@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu maqolada issiqlik ta’minoti tizimlarida gibrid texnologiyalarni ya’ni, quyosh kollektorlarini, issiqlik nasoslarini hamda mexanik shamollatish tizimlarini integratsiyalash orqali energiya samaradorligini oshirish masalasi yoritilgan. Tadqiqotda turli energiya manbalarining o‘zaro ishlash mexanizmlari, issiqlik almashinuvi jarayonidagi yo‘qotishlarni kamaytirish*

imkoniyatlari va qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan foydalanishning ekologik hamda iqtisodiy afzalliklari tahlil qilingan. Eksperimental va modellashtirish natijalari gibrid tizimlar binolarda issiqlik yuklamasini sezilarli darajada kamaytirishi, uglerod chiqindilarini qisqartirishi hamda doimiy mikroiqlimni ta’minlashda samarali yechim bo‘lishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *Gibrid tizim, issiqlik ta’minoti, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh kollektor, issiqlik nasosi, HRV tizimi, energiya samaradorligi.*

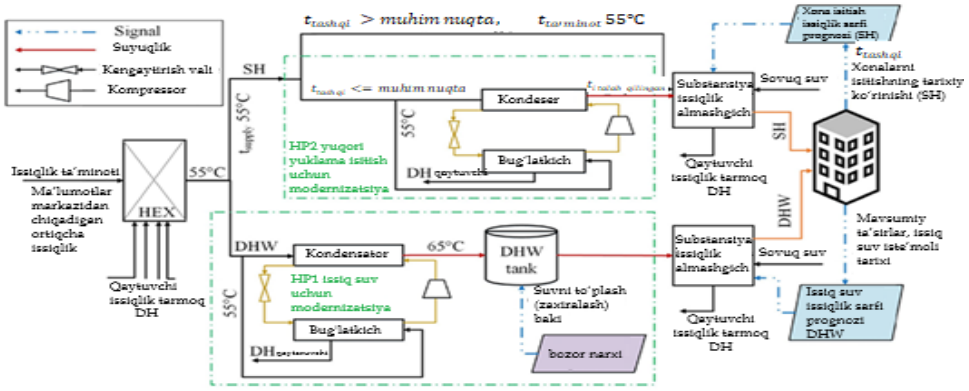
Kirish

So‘nggi yillarda O‘zbekiston energetika sohasida qayta tiklanuvchi manbalarni issiqlik ta’minoti tizimlariga integratsiyalash yo‘nalishida faol islohotlar amalga oshirilmoqda. Aholi sonining o‘sishi, iqlim o‘zgarishi va energiya resurslariga bo‘lgan talab ortishi sababli energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish dolzarb masalaga aylandi. Prezidentning 2019-yil 4-oktabrdagi PQ–4422-son qarorida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bo‘yicha aniq chora-tadbirlar belgilangan. An’anaviy issiqlik ta’minoti tizimlari yuqori issiqlik yo‘qotishlari va uglerod chiqindilarining oshishiga sabab bo‘lmoqda. Shu bois, ilmiy tadqiqotlar zamonaviy gibrid tizimlar — quyosh energiyasi, issiqlik nasoslari va mexanik shamollatish (HRV) tizimlarini birlashtirish orqali samaradorlikni oshirishga qaratilgan [1-2].

HRV (Heat Recovery Ventilation) — bu issiqlikni qayta tiklovchi shamollatish tizimi degani. Uning asosiy vazifasi — binodagi chiqayotgan (iflos va issiq) havodan issiqlikni olib, yangi kirayotgan (toza, sovuq) havoni oldindan isitish yoki sovutish orqali energiya yo‘qotilishini kamaytirishdir.

Mualliflar Yiyu Ding va Thomas Ohlson Timoudas mamlakatlaridagi qariyalar uylari misolida tahlil olib borishgan. An’anaviy statistik yondashuvlar odatda prognozda katta xatolik berishi sababli, tadqiqotda ma’lumotlarga asoslangan gibrid usul qo‘llangan. Ya’ni, statistik modellash va mashinaviy o‘rganish algoritmlarini birlashtirish orqali issiqlik yuklamasi ancha aniqlik bilan bashorat qilingan. Natijalarga ko‘ra, bu yondashuv energiya tejamkorligini oshirish, tizimni optimal boshqarish va iste’molchilarga barqaror issiqlik yetkazib berishda samarali ekani tasdiqlangan. Ayniqsa, ijtimoiy muassasalarda doimiy mikroiqlimni saqlashda gibrid prognozlash

metodlari yuqori samaradorlikni ko‘rsatgani qayd etilgan [3]. Binoning issiqlik integratsiyasi 1-rasmda keltirilgan.

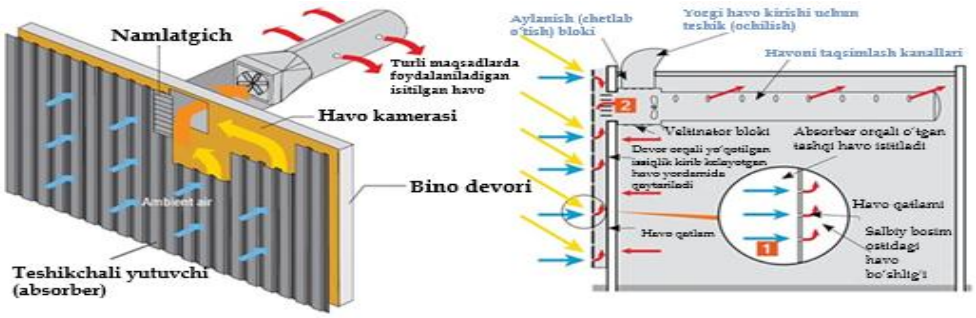


1 – rasm. Bino o‘lchamidagi GESlarni integrallashning sxematik diagrammasi.

Talie Tohidi Moghadam, Ken Bruton, Dominic T.J. O’Sullivan va Brian Norton tomonidan olib borilgan ushbu tadqiqotda binolarda ichki havo sifati va issiqlik qulayligini energiya tejamkor usulda ta’minlash masalasi ko‘rib chiqilgan. Mualliflar ikki asosiy texnologiyani birgalikda qo‘llashni tahlil qilgan:

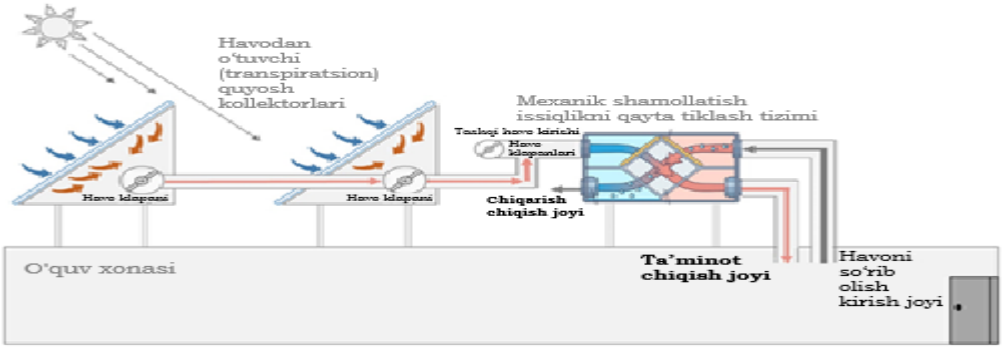
1. Mexanik shamollatish tizimida issiqlikni qayta tiklash (HRV – Heat Recovery Ventilation);
2. Quyosh energiyasi yordamida havoni oldindan isitish (solar pre-heating).

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, mazkur integratsiyalashgan yondashuv binoda toza havo oqimini saqlash bilan birga, energiya sarfini keskin kamaytiradi. Ayniqsa, qishda ventilyatsiya orqali yuzaga keladigan issiqlik yo‘qotishlari sezilarli darajada qisqaradi, natijada isitish samaradorligi ortadi va xarajatlar kamayadi. Quyida 2-rasmda shisha qoplanmagan havo orqali ishlovchi quyosh kollektori sxemasi ko’rsatilgan.



2 – rasm. Devor oldiga o‘rnatiladigan shisha qoplanmagan havo orqali ishlovchi quyosh kollektor.

Mualliflar xulosasiga ko‘ra, HRV va quyosh kollektorlarini birgalikda qo‘llash energiya samarador qurilish va barqaror issiqlik ta’minoti tizimlari uchun istiqbolli yechimdir. Shundan quyidagi 3-rasmda kombinatsiyalangan tizim ko’rinishi berilgan.



3 – rasm. Eksperimental qurilmaning kesim ko‘rinishdagi sxemasi.

Tashqi havo avval havoli quyosh kollektori orqali o‘tib, quyosh energiyasi bilan dastlabki isiydi. Isigan havo mexanik shammollatish issiqlikniqayta tiklash tizimiga kiradi, u yerda:

- Ichkaridagi chiqayotgan havoning issiqligi yangi kiruvchi havoga o‘tkaziladi (issiqlik almashinuvi);
- Havoni qayta isitish yoki sovutish jarayoni bajariladi;
- Havoning namligi va tozaligi nazorat qilinadi.

Tozalangan va harorati nazorat qilingan havo damperslar orqali tartibga solinib, sinfxona kabi turli xonalarga tarqatiladi. Xonadan ifloslangan havo havoni so‘rib olish kirish joyi orqali yig‘ilib, mexanik shammollatish issiqlikniqayta tiklash tizimiga qaytariladi, u yerda uning issiqligi qayta ishlatiladi va chiqarish teshigidan tashqariga chiqariladi [4]. Laszlo Zsolt Gergely, Edit Barna, Miklos Horvath va Zsuzsa Szalay tomonidan yozilgan maqolada turar-joylarda qo‘llaniladigan HVAC tizimlarining (issiqlik, shamollatish va konditsioner tizimlari) hayotiy sikl davomida hosil qiladigan issiqlik va uglerod miqdori tahlil qilingan. Tadqiqotda tizimlarni ishlab chiqarish va o‘rnatish jarayonida hosil bo‘ladigan uglerod miqdori hamda foydalanish davridagi energiya sarfi natijasida hosil bo‘ladigan uglerod miqdori ko‘rsatkichlari solishtirilgan [5].

Xulosa

Issiqlik ta’minotida gibrid tizimlardan foydalanish — energiya tejamkorligi, ekologik tozalik va iqtisodiy samaradorlikni birlashtiruvchi istiqbolli yo‘nalishdir. Quyosh kollektorlarini HRV va issiqlik nasoslari bilan integratsiyalash orqali issiqlik yuklamasi aniq prognoz qilinadi, energiya sarfi kamayadi va tizimning barqarorligi oshadi. O‘zbekiston sharoitida ushbu yondashuvni keng joriy etish, ayniqsa ijtimoiy infratuzilma obyektlarida, yil davomida barqaror issiqlikni ta’minlash imkonini beradi. Bu esa 2030-yilgacha mo‘ljallangan qayta tiklanuvchi energiya strategiyasining muhim qismi sifatida katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2019-yil 4-oktabr). Iqtisodiyot va ijtimoiy sohada energiya samaradorligini oshirish, energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha tezkor chora-tadbirlar to‘g‘risida (PQ–4422-son qaror). Retrieved from https://lex.uz/docs/4543466
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2020-yil 27-may). 2030-yilgacha mo‘ljallangan energetika sohasini rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida (PQ–6019-son qaror). Retrieved from https://lex.uz/docs/4843040
3. Ding, Y., & Timoudas, T. O. (2022). Hybrid data-driven approach for heat load forecasting in elderly care facilities: Combining statistical and machine learning models. Energy and Buildings, 260, 111974. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111974
4. Moghadam, T. T., Bruton, K., O’Sullivan, D. T. J., & Norton, B. (2021). Integration of solar-assisted ventilation and heat recovery systems for energy-efficient indoor air quality control. Renewable Energy, 179, 1121–1134. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.065
5. Gergely, L. Z., Barna, E., Horvath, M., & Szalay, Z. (2023). Life cycle analysis of HVAC systems in residential buildings: Energy and carbon emissions assessment. Journal of Building Engineering, 75, 107085. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107085

OPTIMAL FAULT-TOLERANT CONTROL STRATEGIES FOR DISTRIBUTED SOLAR ENERGY STORAGE MICROGRIDS CONSIDERING FAULT SEVERITY LEVELS

M.I.Latipova

Fergana State Technical University, associate professor of the department of Energy engineering, PhD in technical sciences
E-mail: muhayyo_0889@mail.ru

Abstract. *This paper proposes an optimized multi-stage control strategy for distributed solar energy storage microgrids that considers fault severity levels across different subsystems, including photovoltaic (PV) arrays, inverters, energy storage modules, and loads. A hybrid PID–MPC controller was designed to maintain voltage and frequency stability during transient and steady-state disturbances. The proposed approach dynamically evaluates the fault severity index ($S_i=f(\Delta V, \Delta I, \Delta f)$) to prioritize corrective actions in real time. Simulation results in MATLAB/Simulink demonstrate that the developed strategy stabilizes system frequency within ±1.5%, reduces recovery time by 45%, and improves overall reliability from 0.93 Pu to 0.99 Pu.*

Keywords: *Distributed solar energy, energy storage, microgrids, fault-tolerant control, optimal management, stability.*

Introduction. The increasing penetration of renewable energy sources (RES), especially solar photovoltaic systems, into local microgrids introduces challenges in ensuring operational stability and reliability. The intermittent nature of solar generation and dependence on weather conditions often result in voltage and frequency fluctuations, inverter malfunctions, and communication delays. Integrating energy storage systems (ESS) has become essential to buffer energy variability and enhance grid resilience. Previous studies [1, 2] analyzed hybrid autonomous power systems utilizing solar and hydro energy for remote areas, highlighting the need for mathematical optimization in autonomous configurations. More recent reviews [3-6] on hydrokinetic systems emphasized model-based control and adaptive response mechanisms in distributed renewable setups. Building upon these foundations, this study introduces an optimized control architecture that integrates fault severity assessment and multi-layer adaptive regulation for distributed solar microgrids.

Methodology. The analyzed system consists of a 250 kW PV array, a 150 kWh lithium-ion battery energy storage system (BESS), and a 0.4 kV microgrid interfacing several dynamic loads (0.2–1.0 Pu). The inverter operates at power factor 0.98 with total harmonic distortion (THD) < 3%. The simulation was implemented in MATLAB/Simulink R2023b with a 1 ms integration step (Fig.1).

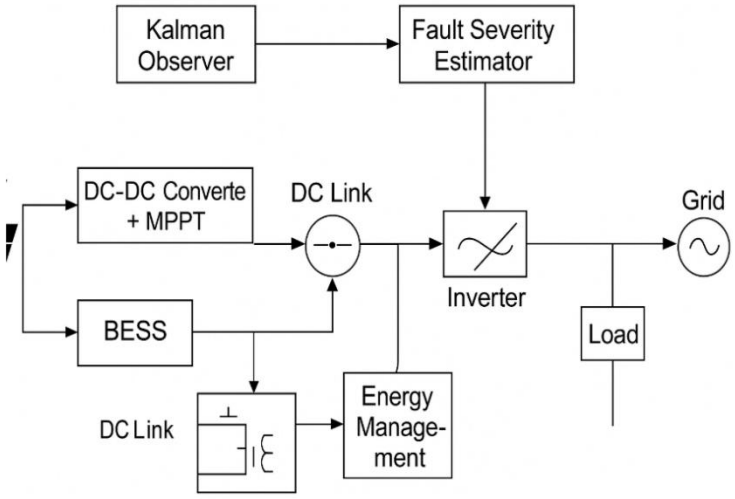


Fig.1. Simulink-based block diagram of the distributed solar energy microgrid simulation (MATLAB/Simulink R2023b, Δt = 1 ms)

Faults were categorized into three severity levels: mild, moderate, and severe. Each fault is defined by its voltage, current, and frequency deviation characteristics. The severity index is calculated as:

$$S_i = \alpha\left(\frac{|\Delta V|}{V_{nom}}\right) + \beta\left(\frac{|\Delta f|}{f_{nom}}\right) + \gamma\left(\frac{|\Delta I|}{I_{nom}}\right)$$

where α, β, and γ are weighting factors obtained via sensitivity analysis.

A two-layer PID–MPC hybrid controller was designed. The first layer detects anomalies using a Kalman-filter observer. The second layer applies Model Predictive Control (MPC) to minimize the loss function:

$$J = \min_{u(t)} \sum_{k=0}^{N} \left[\left(P_{ref} - P_{out}\right)^2 - \omega_1(\Delta SOC)^2 + \omega_2(\Delta f)^2\right]$$

where ω_1 and ω_2 are tuning coefficients. The controller dynamically reallocates power from the ESS and adjusts the PV output for optimal stability.

Results and discussion. Simulation results demonstrated significant improvements in dynamic stability under various fault conditions. Frequency deviation was maintained within ±1.5%, voltage deviation within 3%, and recovery time reduced by 45% compared to baseline PI control. The overall system reliability index increased to 0.99 Pu.

Table 1.

Simulation Outcomes

Scenario	Frequency deviation (Hz)	Voltage fluctuation (%)	Recovery time (s)	Post-fault stability (Pu)
Mild fault	0.03	2.5	0.15	0.98
Moderate fault	0.07	5.2	0.31	0.96
Severe fault	0.21	14.8	0.78	0.93

This adaptive method aligns with Tremyasov’s [1] and Ibrahim et al.’s [2] frameworks for optimizing renewable systems, confirming its cross-domain applicability for distributed energy control.

Conclusion. A fault-tolerant control methodology for distributed solar microgrids with energy storage was developed and tested. The proposed hybrid PID–MPC controller ensures real-time resilience against multi-level faults by dynamically adjusting ESS contribution and PV output. The framework maintains grid frequency and voltage stability within allowable ranges while reducing downtime. Future work will focus on integrating Digital Twin modeling and machine learning-based predictive maintenance for enhancing autonomous decision-making and self-healing grid capabilities.

References

1. Tremyasov V.A., Kenden K.V. Photoelectric and Hydropower Installations in Autonomous Power Systems. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2017.

2. Ibrahim W.I., Mohamed M.R., Xing W.W., Shah A.A. Hydrokinetic Energy Harnessing Technologies: A Review. Energy Reports, 7 (2021): 2021–2042.

4. Sarma N. et al. Low-Head Hydro and Microgrid Integration Strategies. IEEE Transactions on Smart Grid, 9 (2020): 3580–3588.

5. Alvarez J. et al. Adaptive Model Predictive Control for PV–BESS Microgrids. Applied Energy, 286 (2021): 116512.

6. Латипова М.И., Мамарасулов К.Ш. & Li Y. // Оптимизация работы энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии. Development Of Science 2025/6 Issue 6. Volume 3.

ENERGY EFFICIENCY AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CUCUMBER USING LED PHYTOIRRADIANTS IN GREENHOUSE CONDITIONS

O.Kh. Kuldashov, D.O. Nabiev

kuldashov.abbos@mail.ru

ISPM Uzbekistan

This paper presents the results of experimental studies using LED phyto-irradiators for growing cucumbers (Cucumis sativus L.) in greenhouses. The yield and energy efficiency of LED lighting are compared with those of traditional high-pressure sodium (HPS) lamps. It was found that the use of LED phyto-irradiators increases plant productivity by 18–29% while reducing energy consumption by 2.5 times. The paper demonstrates the high efficiency of photosynthetic processes and the potential for implementing LED systems in energy-efficient greenhouse crop production. Modern greenhouse crop production is one of the most dynamically developing sectors of agriculture. Given climate constraints and year-round production, an artificial lighting system is crucial, providing the necessary spectral and energy balance for efficient photosynthesis.

Light is the primary energy source for photosynthetic transformation and biosynthesis of organic matter [1]. Recent advances in semiconductor technology have led to the widespread adoption of light-emitting diode (LED) sources, characterized by high energy efficiency, controlled spectral composition, and a long service life [2]. Unlike traditional high-pressure sodium (HPS) lamps, LED phyto-irradiators allow for

precise control of radiation in the range of photosynthetically active radiation (PAR, 400–700 nm), which helps optimize photomorphogenetic processes and plant growth activity [3].

The aim of this study is to comparatively evaluate the energy efficiency and the influence of the spectral composition of LED and HPS lighting on the yield and photosynthetic activity of cucumber varieties under greenhouse conditions.

Fig. 1 shows a block diagram of the LED phyto-irradiator, where the following are indicated: housing (1), blue LEDs (2), red (3, 4), far red (5), blue with phosphor (6), photoelectric module (7), charge controller (8), battery (9), driver (10), microcontroller (11) and light sensor (12).

The experiment utilized two hybrid cucumber varieties (Cucumis sativus L.) – 'Orzu F1' and 'Amur' – recommended for autumn-winter cultivation in greenhouse complexes in Uzbekistan. For plant illumination, the following were used: an LED phyto-illuminator providing a continuous spectrum of 410–800 nm, with peaks at 450 nm, 660 nm, and 730 nm (power ratio 25:62:13%, respectively); and a high-pressure HPS lamp (control).

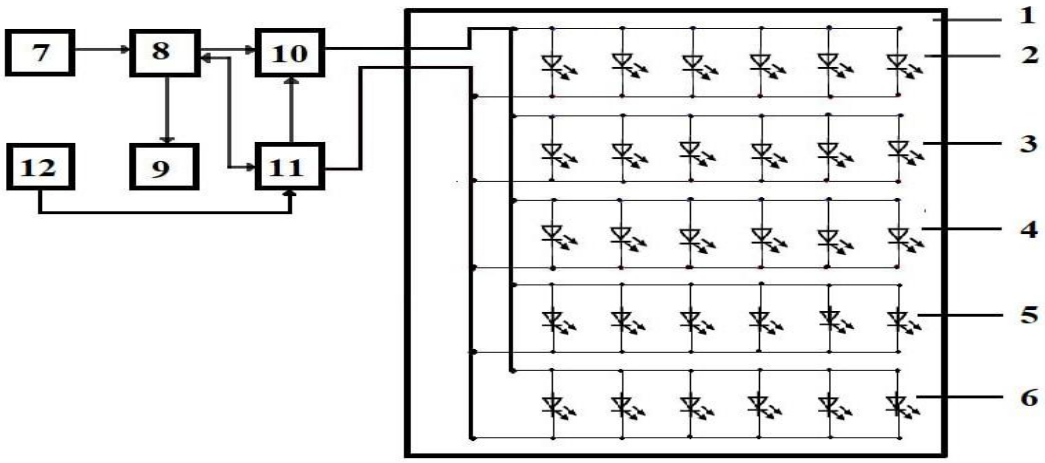


Fig. 1 Block diagram of LED phyto-irradiator for growing cucumbers

Both types of lighting fixtures were installed in identical phytotrons measuring 2 m² with identical microclimate parameters. Illuminance was maintained at 40–55 W/m², daylight hours were 16 hours, and the air temperature was -24 ± 1 °C during the day and 19 ± 1 °C at night. The LED system was powered by a solar photovoltaic

module with a charge controller and a rechargeable battery. The luminous flux of each LED group was regulated by a microcontroller within ± 2%, ensuring that the light intensity was adapted to the plant growth phases. Yield was determined based on the weight of fruits per 1 m² of cultivated area throughout the entire growing season (autumn-winter period). The average yield of varieties grown under LED lighting exceeded that of the HPS control by 28.8% (Orzu F1) and 17.1% (Amur). The LED system's power was 170 W, while the HPS lamp's power was 440 W, indicating a 2.5-fold reduction in energy consumption. Physiological observations showed that plants exposed to LED lighting developed more leaf surface, had more intensely colored leaves, and had accelerated flowering.

Table 1. Yields of different cucumber varieties grown under LED and HPS irradiators

Variety	Irradiator	Yield per 1 m2, kg
'Orzu F1'	LED	6.7
'Amur'	LED	4.8
'Orzu F1'	HPS	5.2
'Amur'	HPS	4.1

The obtained results confirm the effectiveness of LED technology in greenhouse crop production. According to other studies [4–6], the optimal combination of red (λ = 660 nm) and blue (λ = 450 nm) radiation enhances chlorophyll synthesis, increases photochemical activity, and promotes accelerated fruiting. LED lighting reduces operating costs, improves photosynthetic activity, and adapts the system to autonomous power supply from solar modules, which is especially important for regions with limited energy supplies.

The use of LED phyto-irradiators increases cucumber yields by 18–29% compared to HPS lighting. The energy consumption of LED systems is 2.5 times lower, increasing the overall energy efficiency of greenhouse production. Spectral adaptation of radiation (450 nm – 25%, 660 nm – 62%, 730 nm – 13%) promotes optimal

conditions for photosynthesis and plant morphogenesis. Using solar modules to power LED installations increases the autonomy and sustainability of greenhouse systems.

Literature

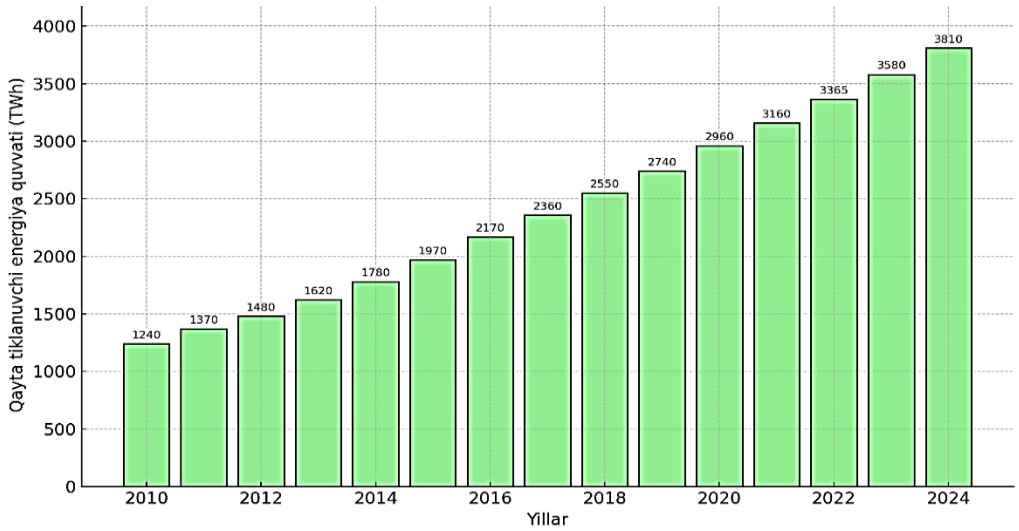
1. Nelson J.A., Bugbee B. Economic analysis of greenhouse lighting: Light emitting diodes vs. high intensity discharge fixtures. HortScience, 2014, p 7-8.
2. Mitchell C.A. LED advancements for plant growth and development. Acta Horticulturae, 2020, p 4-5.
3. Singh D., Basu C., Meinhardt-Wollweber M., Roth B. LEDs for energy efficient greenhouse lighting. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, p 5-7.

QUYOSH VA SHAMOL ENERGIYASIGA ASOSLANGAN GIBRID QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA TIZIMLARINING ISHLASH PRINSIPI VA ENERGETIK SAMARADORLIGI

Latipova M.I[1], O‘lmasova M.A.[2]
Farg‘ona davlat texnika universiteti[1,2]
mubinaxonortigaliyeva0@gmail.com

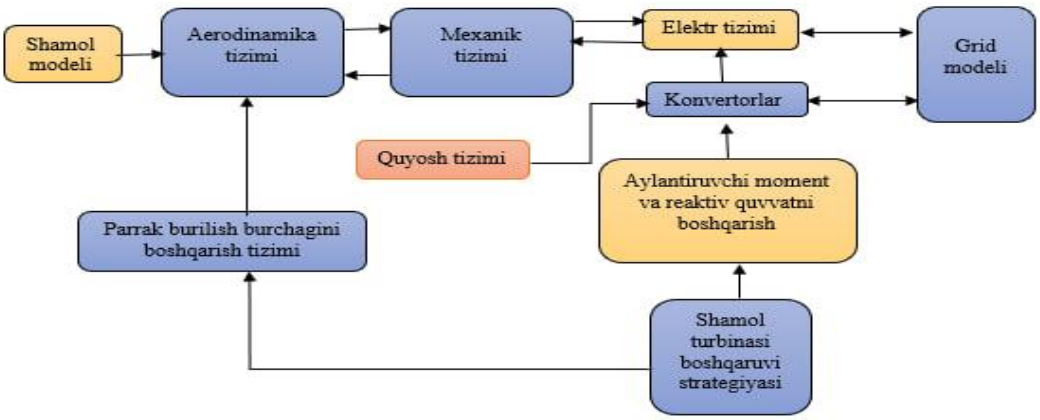
21-asrda elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortishi global miqyosda dolzarb masalaga aylangan. Aholi sonining tez sur’atlarda o‘sishi, urbanizatsiya jarayonining kuchayishi va sanoatlashuv darajasining yuqoriligi energiyaga bo‘lgan ehtiyojni keskin oshirmoqda. Buning natijasida an’anaviy energiya manbalari bilan bir qatorda, yangi, innovatsion energiya ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun foydalaniladigan manbalar ikki asosiy guruhga bo‘linadi: qayta tiklanmaydigan energiya manbalari (ko‘mir, neft, tabiiy gaz, yadro yoqilg‘isi) va qayta tiklanuvchi energiya manbalari (quyosh, shamol, geotermal, gidroenergiya, bioyoqilg‘i, to‘lqin energiyasi va boshqalar).

1-rasmda 2010 - yildan 2024 - yilgacha global qayta tiklanuvchi energiya quvvatining o‘sish sur’ati tasvirlangan bo‘lib, bu jarayonda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining global energetika tizimida tutgan o‘rni qanday keskin ortganini ko‘rish mumkin. Ma’lumotlar AQSh Energiya Axborot Boshqarmasi (EIA) manbalariga tayangan holda keltirilgan [1].



1- rasm. Jahon bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya quvvati (2010–2024-yillar) [1].

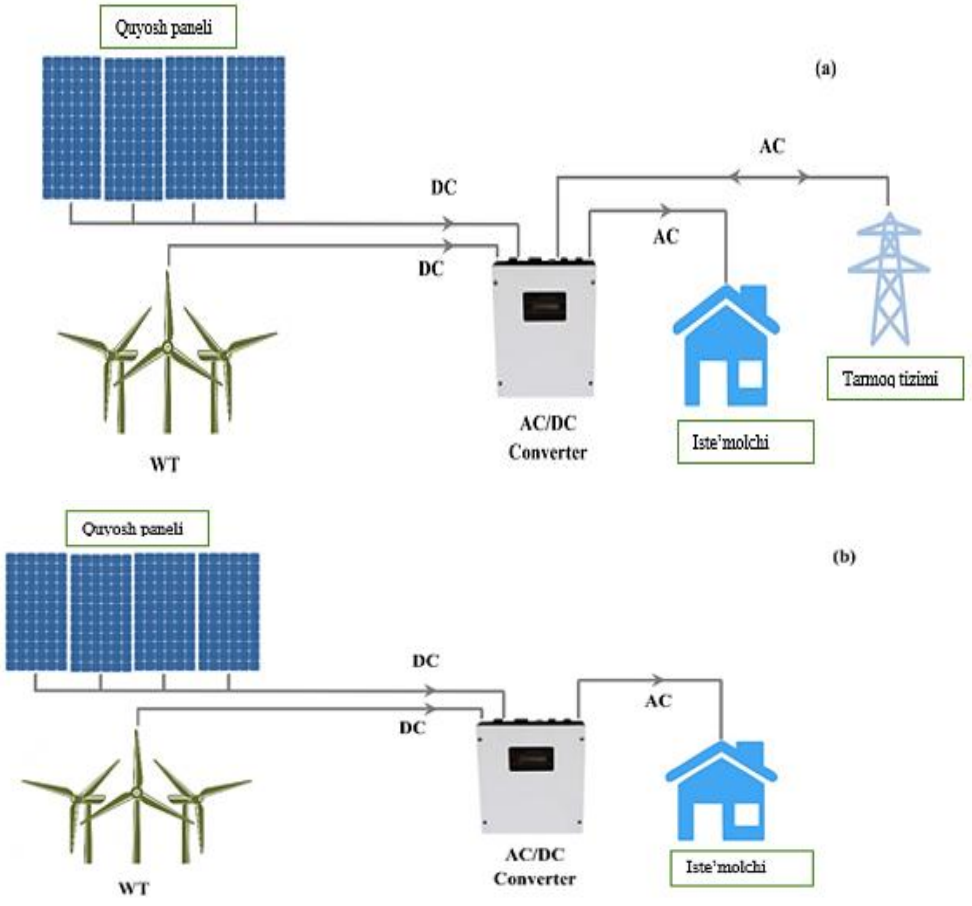
Quyosh va shamol energiyasini gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimiga birlashtirish turli usullar orqali amalga oshirilishi mumkin. Bu, energiya ishlab chiqarish hajmini, ishonchlilikni va samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Fotoelektr (PV) quyosh panellari va shamol turbinalarini yagona qayta tiklanuvchi energiya tizimiga integratsiyalash, energiya ishlab chiqarish uchun istiqbolli yechim hisoblanadi, bu usul tarmoqdan mustaqil (off-grid) hamda tarmoqqa ulangan (on-grid) holatlarda qo‘llanilishi mumkin. Bunday gibrid tizim quyosh va shamol energiyalarining o‘zaro to‘ldiruvchi xususiyatlaridan samarali foydalanadi: masalan, quyosh panellari quyoshli kunlarda, shamol bo‘lmagan paytlarda elektr energiyasi ishlab chiqaradi, shamol turbinalari esa tunlari yoki bulutli kunlarda, quyosh panellarining samaradorligi past bo‘lgan vaqtda ishlaydi [2].



2-rasm. Elektr aloqasi orqali bog‘langan gibrid quyosh va shamol energiyasi tizimining blok sxemasi

Blok sxema mazkur komponentlarning o‘zaro elektr aloqasi orqali qanday bog‘langanini grafik tarzda ko‘rsatadi. Masalan, quyosh panellari orqali olinadigan DC (o‘zgarmas tok) energiya MPPT (Maksimal quvvat nuqtasini kuzatish) algoritm asosida optimallashtiriladi va invertor orqali AC (o‘zgaruvchan tok) ga aylantirilib, tarmoqqa ulanadi. Shamol generatoridan keladigan AC energiya esa konvertorlar orqali boshqariladi. Akkumulyator tizimi esa ishlab chiqarilgan ortiqcha energiyani zaxiralashga xizmat qiladi [3].

Ushbu blok sxema tizimdagi energiya oqimini, boshqaruv strategiyasini va komponentlararo muvofiqlashtirishni tushunishda muhim vosita hisoblanadi. Bu yondashuv energiya ta’minotining ishonchliligini oshirish va tarmoqqa integratsiyani soddalashtirish imkonini beradi.



3-rasm. Quyosh panellari va shamol turbinasini o‘z ichiga olgan gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimining tarmoqqa ulangan (a) va tarmoqdan mustaqil (b) holatdagi konfiguratsiyasi tasvirlangan.

Tarmoqdan mustaqil (off-grid) sharoitda, PV + WT tizimi faqat bitta texnologiyaga qaraganda yanada barqaror energiya ta’minotini taqdim etadi. Bunday tizimlar ko‘pincha ortiqcha energiyani keyinchalik foydalanish uchun saqlab qoluvchi qo‘shimcha komponentlar - masalan, batareyalar yoki boshqa turdagi energiya saqlash qurilmalari bilan jihozlanadi. Bu energiya ta’minotining ishonchliligini oshiradi, ayniqsa, markaziy tarmoqqa ulanib bo‘lmaydigan chekka hududlar uchun muhim hisoblanadi. Energiyani boshqarish tizimlari energiya manbalari va saqlash qurilmalari o‘rtasida avtomatik ravishda almashinuvni ta’minlab, umumiy samaradorlikni oshiradi [4].

Tarmoqqa ulangan (on-grid) holatlarda esa quyosh va shamol energiyalarini birlashtirish bir qator afzalliklarni taqdim etadi. Asosiy foyda shundaki, bunday tizim elektr tarmog‘ining barqarorligini saqlashga yordam beradi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchanligi elektr ta’minotida muammolar keltirib chiqarishi mumkin, gibrid tizim esa doimiy va barqaror quvvat ishlab chiqarib, bu muammoni yumshatadi. Shuningdek, ob-havosi o‘zgaruvchan bo‘lgan hududlarda ikkala texnologiyani birgalikda o‘rnatish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Ortiqcha energiya elektr tarmog‘iga qaytarilishi mumkin bo‘lib, bu esa daromad manbai bo‘lib xizmat qiladi va qayta tiklanuvchi texnologiyalarga investitsiyalarni rag‘batlantiradi.

Quyosh panellari (PV) va shamol turbinalari (WT) tizimlarini integratsiyalashgan energiya saqlash tizimida birgalikda ishlashini quyidagi model tenglamalari bilan ifodalash mumkin: Ikkala tizimning energiya balansini quyidagicha ifodalash mumkin [5]:

Tarmoqqa ulangan tizim uchun:

$$P_{grid} = P_{load} - (P_{PV} + P_{WT}) \quad (1)$$

Tarmoqdan mustaqil tizim uchun:

$$P_{load} = P_{PV} + P_{WT} \quad (2)$$

Quyosh (PV) va shamol (WT) manbalarini yagona gibrid tizimda birlashtirish elektr energiyasini uzluksiz, barqaror va ekologik toza tarzda ishlab chiqarish imkonini beradi. Tizimning tarmoqqa ulangan va tarmoqdan mustaqil ishlash holatlari modellashtirilib, ularning energiya balanslari (1) va (2) tenglamalar orqali ifodalandi. Analizlar natijasida quyoshli va shamolli sharoitlar bir-birini to‘ldiruvchi xususiyatga egaligi aniqlandi. Off-grid holatda gibrid tizim akkumulyator orqali energiya zaxiralashni ta’minlab, tarmoqsiz hududlarda elektr ta’minotining ishonchliligini oshiradi. On-grid holatda esa Quyosh (PV) va shamol (WT) manbalari ishlab chiqargan ortiqcha energiya elektr tarmog‘iga uzatilib, tizimning iqtisodiy samaradorligini oshiradi. Shuningdek, gibrid tizim qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchanligini muvozanatlashtirib, tarmoq barqarorligini yaxshilaydi. Umuman olganda, ishlab chiqilgan model natijalari shuni ko‘rsatadiki, quyosh va shamol energiyalarini birlashtirish orqali energiya ishlab chiqarish hajmini 20–30 % gacha, tizim barqarorligini esa 25 % gacha oshirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A. Garratt, I. Petrella, Y. Zhang, Asymmetry and interdependence when evaluating US energy information administration forecasts, Energy Econ. 121 (2023), 106620.
2. Jabbarov T.K., M.A.Ortig‘aliyeva. Muqobil energiya manbalari va ulardan foydalanilgan holda ishlab chiqilgan innovatsion qurilmalar // Farg‘ona politexnika instituti Ilmiy-texnik jurnali, №31-maxsus son, 2024 yil, 85-90 bet.
3. Khodair, D. *et al.* Modeling and simulation of modified mppt techniques under varying operating climatic conditions. *Energies*16, https://doi.org/10.3390/en16010549 (2023)
4. A. Khan, N. Javaid, Jaya learning-based optimization for optimal sizing of stand- alone photovoltaic, wind turbine, and battery systems, Engineering 6 (7) (2020) 812–826.
5. Kumar, G. B. A., Shivashankar, S. & Keshavamurthy, K. Design and control of grid-connected solar-wind integrated conversion system with dfig supplying three-

phase four-wire loads. *Int. J. Power Electr. Drive Syst.*12, https://doi.org/10.11591/ijpeds.v12.i2.pp1150-1161 (2021).

QUYOSH ENERGIYASI ASOSIDAGI OPTOELEKTRON SARALASH QURILMALARINING ENERGIYA TA’MINOTI TIZIMI

Rayimdjanova Odinaxon Sadikovna, Komilov Davron Rashidjon o‘g‘li

rodinaxon75@mail.ru, *komilovdavronbek@gmail.com*

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya: *Mazkur maqolada optoelektron usulda ishlaydigan gilos saralovchi qurilmaning energiya ta’minot tizimini quyosh energiyasi asosida tashkil etish masalalari yoritiladi. Qurilma tuzilmasi, ishlash prinsipi, komponentlari hamda energiyani ishlab chiqarish, saqlash va taqsimlash bo‘yicha texnik yechimlar tahlil qilinadi. Quyosh nurlanishining fizik asoslari, fotoelektrik jarayon, quyosh panellarining samaradorligi va akkumulyator tizimlarining ishlash mexanizmlari haqida ma’lumotlar keltirilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ishlab chiqilgan tizim gilos saralash jarayonini 6–8 soat davomida elektr tarmog‘isiz barqaror ta’minlay oladi.*

Kalit so‘zlar: *optoelektron usulda saralash, quyosh paneli, fotovoltaik (PV) tizim, energiya saqlash, akkumulyator, kontroller, barqaror energiya manbai.*

Kirish. So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligida raqamli texnologiyalar, optoelektron sensorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari keng joriy etilmoqda. Ayniqsa, meva-sabzavotlarni sifat bo‘yicha optoelektron usulda saralash–eksportbop mahsulotlar ishlab chiqarishdagi muhim yo‘nalishlardan biridir [1].

Optoelektron saralash texnologiyasi ko‘rinadigan va infraqizil nurlar orqali mahsulotning rangi, shakli, hajmi, yuzasidagi nuqsonlar va ichki tarkibi (masalan, shakar miqdori yoki chiriganlik)ni aniqlashga asoslanadi [2,3]. Bu usul inson omilini kamaytiradi, aniqlikni oshiradi va saralash tezligini bir necha baravar orttiradi.

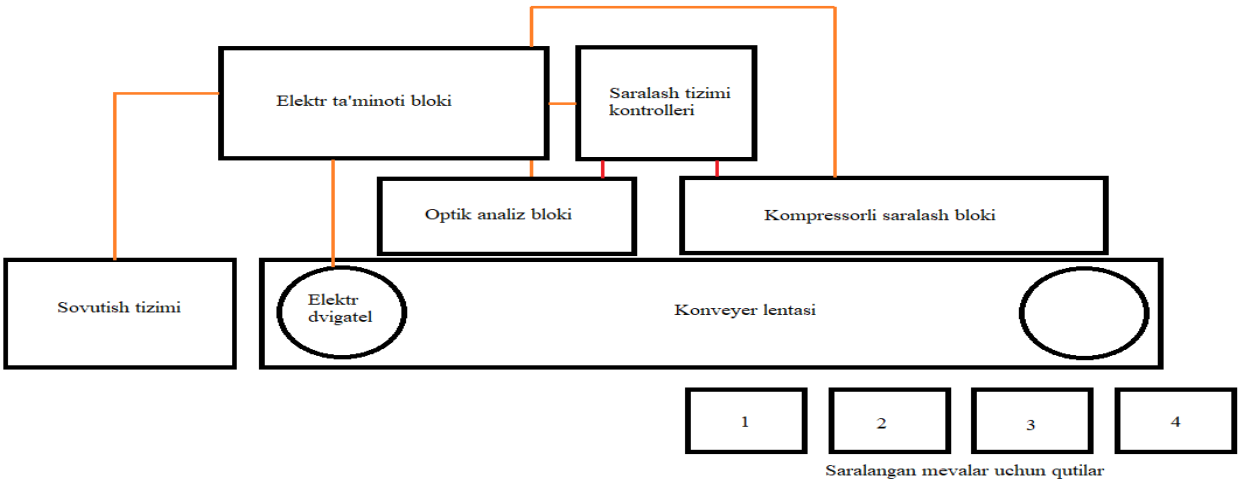
Ammo bunday qurilmalar elektr energiyasini doimiy talab qiladi. Ayniqsa, qishloq joylarda elektr uzilishlari kuzatiladigan sharoitlarda energiya ta’minoti

muammosi dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu sababli, quyosh energiyasi asosida ishlaydigan mustaqil energiya tizimi yaratish zarurati paydo bo‘lmoqda.

Quyosh energiyasi — ekologik toza, tugamaydigan, shovqinsiz va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari past bo‘lgan manba hisoblanadi. O‘zbekistonning geografik joylashuvi ham bunday tizimlar uchun qulay: yil davomida 2700–3000 soat quyosh nuri nurlanishi qayd etiladi, bu esa o‘rtacha 1500–1700 kVt·soat/m² yillik radiatsiyani tashkil etadi.

Asosiy qism. Optoelektron gilos saralovchi qurilma liniyaviy konveyer tizimi asosida ishlaydi [4]. Tizim quyidagi asosiy bloklardan iborat:

1. Mahsulot ta’minot qismi – giloslarni yuvuvchi, sovutuvchi va konveyer tasmasiga joylashtiruvchi mexanizm.
2. Optik nazorat bloki – ko‘rinadigan va yaqin infraqizil (NIR) nurlatgichlardan tashkil topgan yoritish tizimi (Camelion LED E14 4500 K, Microlight IR Plate-3-950 (350–1000 nm)) [5,6,7].



1-rasm. Optoelektron usulda gilosni saralovchi qurilmaning prinsipial sxemasi.

3. Sensor tizimi – qaytgan nurlarni o‘lchaydigan SparkFun AS7262 va AS7263 spektral kameralar.
4. Boshqaruv kontrolleri – Raspberry Pi 5–8 moduli yordamida o‘lchovlarni tahlil qilib, saralash blokini boshqaradi.

5. Saralash bloki – Boxbot 24/8 BAR kompressori asosida yuqori bosimli havo yordamida gilosni kerakli idishga yo‘naltiradi.
6. Energiyani boshqarish va ta’minlash tizimi – quyosh panellari, zaryad regulyatori, akkumulyator batareyalar va invertordan iborat.

Qurilmaning energiya ta’minoti quyosh energiyasiga asoslanadi. Quyosh energiyasidan foydalanish qurilmani energiya ta'minoti mavjud bo'lmagan hududlarda (jumladan, bog’ va dalalarda) ishlatish imkonini yaratadi. Shuningdek, arzon energiya bilan ta’minlashni. Quyosh energiyasi fotonlarning yarimo‘tkazgich qatlamidagi elektronlarni qo‘zg‘atishi natijasida elektr oqimiga aylanadi. Bu jarayon fotoelektrik effekt deb ataladi. Quyosh panellari odatda kremniy (Si) asosida tayyorlanadi. Quyosh nuri tushganda fotonlar elektronlarni valent zonasidan o‘tkazish zonasiga o‘tkazadi, natijada tok hosil bo‘ladi.

Quyosh panellarining asosiy turlari:

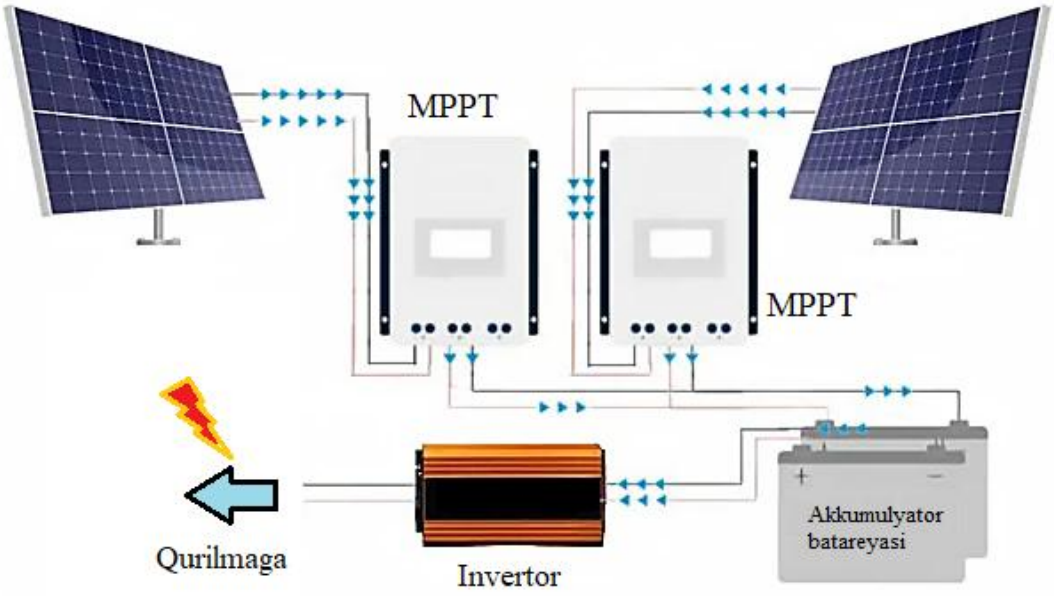
- Monokristalli modullar – samaradorligi 18–22 %, uzoq xizmat muddati;
- Polikristalli modullar – narxi arzon, samaradorligi 15–18 %;
- Qattiq plyonkali (thin-film) – moslashuvchan, lekin samaradorligi pastroq (10–12 %).

Mazkur qurilmada monokristalli PV panellar tanlandi, chunki ular kichik maydonda yuqori quvvat beradi va issiq iqlim sharoitida barqaror ishlaydi.

Energiya tizimi quyidagi bloklardan iborat (sxematik ko‘rinishda siz rasm joylashtirasiz):

1. Quyosh panellari (2×300 W, 24 V tizim) – quyosh nuri orqali o‘rtacha 2.4 kWh/kun energiya ishlab chiqaradi.
2. MPPT zaryad regulyatori – kirish kuchlanishini avtomatik boshqaradi va akkumulyatorlarga maksimal samaradorlik bilan energiya uzatadi.
3. Akkumulyator batareyalar ($LiFePO_4$, 24 V, 100 Ah) – 2.4 kWh energiya zahiralaydi.
4. Invertor (24 V DC → 220 V AC, 1.5 kW) – kompressor, LED nurlatgichlar va dvigatellarni tarmoqqa ulanmasdan quvvatlaydi.

5. Energiya monitoring moduli – kuchlanish, tok, harorat va zaryad darajasini real vaqt rejimida kuzatadi.



2-rasm. Quyosh energiyasi asosidagi energiya ta’minoti tizimi.

Saralash qurilmasining asosiy energiya sarfi sovutish tizimi, konveyer lentasini harakatlantirish, saralash blokini energiya bilan ta’minlash, kompressorni ishlatish uchun ketadi. Energiya sarfi va hisob-kitobi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Quyosh tizimi quvvatlanadigan asosiy iste’molchilar.

Qurilma	**O‘rtacha quvvat (W)**	**Ish vaqti (soat)**	**Energiyasi (Wh)**
Kompressor	250	2	500
LED va IR nurlatgichlar	120	5	600
Raspberry Pi kontroller	15	6	90
Tasma motor	60	5	300
Sensor tizimi	25	5	125
Jami:			**1 615 Wh (≈1.6 kWh)**

Shunday qilib, 600 W quyosh tizimi 3 kWh energiya ishlab chiqara oladi. Bu qurilmani 6–8 soat davomida to‘liq quvvat bilan ishlatish imkonini beradi.

Akkumulyatorlar kechasi yoki quyoshli bo‘lmagan kunlarda 4–5 soat zaxira rejimni ta’minlaydi.

Tizimda Raspberry Pi moduli energiya balansini avtomatik boshqaradi. Dastur quyidagi algoritm asosida ishlaydi:

Quyosh panellaridan kelayotgan kuchlanish MPPT regulyator orqali o‘lchanadi. Zaryad holati 80–100 % oralig‘ida bo‘lsa – energiya bevosita qurilmalarga yo‘naltiriladi. Quyosh nuri pasayganda tizim akkumulyator rejimiga o‘tadi. Agar akkumulyator zaryadi 30 % dan pastlasa, tizim energiya tejamkor rejimga o‘tadi: LED yorug‘liklar soni kamaytiriladi, kompressor faqat zarurat paytida yoqiladi. Har bir 5 daqiqada tizimdagi real vaqt ma’lumotlari (V, I, T) saqlanadi va bulutli serverga yuboriladi. Bu usul bilan energiya sarfi 20–25 % gacha kamayadi, akkumulyator umrining 1.5 baravar oshishiga erishiladi.

Nazariy hisob-kitob natijalariga ko‘ra, quyosh energiyasiga asoslangan tizim quyidagi afzalliklarga ega:

Qurilma 8 soatgacha to‘liq mustaqil ishlaydi;

Kompressor va optik tizim quvvat tebranishsiz ishlaydi;

Akkumulyatorlar kun davomida to‘liq zaryadlanib, kechasi 4 soatgacha ishlaydi;

Elektr energiyasi xarajatlari 45–50 % gacha kamayadi;

Tizim ekologik jihatdan toza va shovqinsiz ishlaydi.

Qo‘shimcha ravishda, energiya samaradorligini oshirish uchun quyosh panellarining burchagi 35° qilib o‘rnatilganda quvvat samaradorligi 6–8 % ga oshadi.

Xulosa. Optoelektron usulda gilosni saralovchi qurilma uchun quyosh energiyasi asosida tashkil etilgan energiya tizimi yuqori samaradorlik, ekologik tozalik va mustaqillikni ta’minlaydi.

Bu tizimning asosiy ustunliklari:

Energiya manbasidan to‘liq mustaqil ishlash;

Quyoshli iqlim sharoitida yuqori barqarorlik;

Ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish;

Uglerod izini qisqartirish va yashil texnologiyalarni rivojlantirish.

Taklif etilgan yechim nafaqat gilos saralash liniyalarida, balki boshqa meva-sabzavotlarni optoelektron asosda ajratuvchi tizimlarda ham qo‘llanishi mumkin. Kelgusida tizimni kengaytirish uchun quyosh kuzatuvchi mexanizm (solar tracker), energiya qayta taqsimlovchi algoritm, hamda bulutli monitoring tizimini joriy etish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Barrett, D. M., Beaulieu, J.C., Shewfelt, R. (2010). Color, flavor, texture and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: Desirable levels, instrumental and sensory measurement and the effects of processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50(5), 369–389. https://doi.org/10.1080/10408391003626322
2. Lunadei, L., Galleguillos, P., Diezma, B., Lleó, L., Ruiz-Garcia, L. (2011). A multispectral vision system to evaluate enzymatic browning in fresh-cut apple slices. Postharvest Biology and Technology, 60(3), 225–234. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.02.001
3. Ergashev, S., Dalibekov, L., Komilov, A., Jo'raeva, G., Xusanova, S., & Komilov, D. (2024). Optical electron photo converter. In E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 01002). EDP Sciences.
4. Федянина, Н. И., Карастоянова, О. В., Коровкина, Н. В. (2021). Методы определения цветовых характеристик растительного сырья. Обзор. Пищевые системы, 4(4), 230-238. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-230-238
5. Жиркова А.А., Балабанов П.В., & Дивин А.Г. (2021). ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОМ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ФРУКТОВ. Вестник Тамбовского государственного технического университета, 27 (4), 536-542.
6. O.S.Rayimjonova, U.U.Iskandarov, D.R.Komilov. OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM DESIGN IN MATLAB SIMULINK. “Aniq va tabiiy fanlarni rivojlantirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni: muammolar va innovatsion yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallar to‘plami 2-qism 4-5 oktyabr 2024 yil. Farg‘ona-2024. 313-318.

7. Rayimdjanova O.S., Komilov D.R.. Determination of the sensitivity level of the matrix of the optoelectronic color analysis system. Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2025, Т.29.спец.выпуск №2). p. 92-98.

QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYALARINI ISTE’MOLCHI TARMOG‘IGA INTEGRATSIYALASHNING ASOSIY MUAMMOLARI.

A.U.Xaqiqov

Farg‘ona davlat texnika universiteti

e-mail: haqiqovanvarjon@gmail.com , tel +998933701035

Annotatsiya. *Tadqiqotda QFSlarni iste’molchi tarmog‘iga samarali integratsiya qilish yo‘nalishlari, mavjud texnologik yutuqlar va ularga bog‘liq cheklovlar, shuningdek, energiya tizimlarining barqarorligini ta’minlash uchun zarur bo‘lgan boshqaruv strategiyalari ko‘rib chiqiladi. Ish natijalari QFSlarning barqaror ishlashini ta’minlash va mahalliy energiya tizimlarini optimallashtirishga qaratilgan ilg‘or texnologik yechimlarni ishlab chiqishga asos bo‘lishi mumkin.*

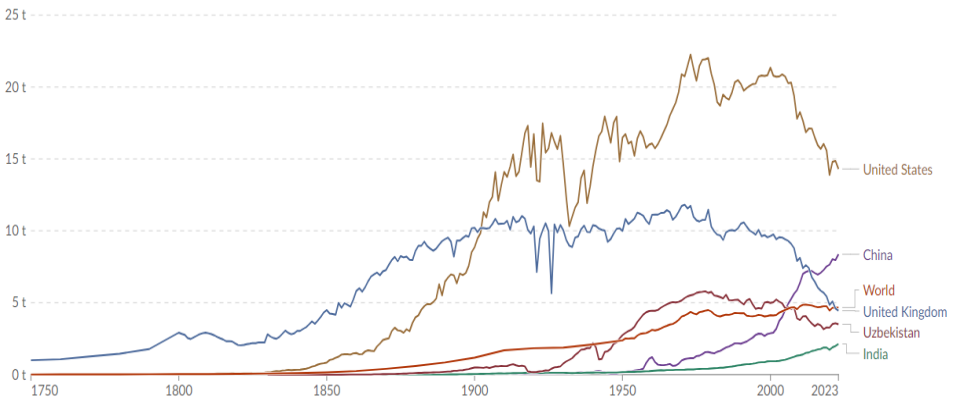
Kalit so‘zlar: *Quyosh fotoelektr stansiyalari, elektr tarmoqlari, qayta tiklanuvchi energiya, iste’molchi tarmog‘i, tarmoq barqarorligi, aqlli boshqaruv tizimlari, energiya saqlash tizimlari.*

Energiyaga bo’lgan talabning oshib borishi bilan, energiya iste’moliga nisbatan sekinroq suratda bo’lsada, muqobil energiyadan foydalanish doimiy tarzda o’sib bormoqda. Shuningdek, muqobil energiya manbalarini elektr tarmoqlariga texnik va iqtisodiy jihatdan integratsiyalashni rivojlantirishga katta e’tibor qaratilmoqda. Oxirgi yigirma yillikda, energiya xavfsizligi va iqlim o’zgarishlari nuqtai nazaridan, muqobil energiya manbalarini energiya va elektr ta’minoti tizimiga integratsiyalshda salmoqli ishlar amalga oshirildi. Muqobil energiya manbalari ichida, toza energiya ishlab chiqarish va issiqxona gazlarini qisqartirish uchun asosan quyosh energiyasidan foydalaniladi. Quyosh fotovoltaik tizimlari ayniqsa bu borada eng ahamiyatli va istiqbollik muqobil energiya texnologiyasi deb hisoblanadi. Quyosh fotovoltaik tizimini samaradorligini oshirish uchun “on-grid” yoki gibrid fotovoltaik tizimi talab etiladi va bu tizimlar hozirda eng keng tarqalgan quyosh fotovoltaik usuli hisoblanadi.

Ushbu tizim uzoq muddatli xarajatlarni kamaytirishni, kamroq ekspluatatsion talablarga ega barqaror tizimni va texnologik jihatdan tez suratda rivojlanishni ta’minlaydi.

Mamlakatimizda ham muqobil energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirishga yo’naltirilgan davlat dasturlari qabul qilingan. Bunga misol qilib O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-iyundagi “Energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo‘yicha qo‘shimcha chora – tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-22-son-qarorini keltirish mumkin [1].

Mamlakatimizda davlatimiz rahbari tomonidan ilgari surilayotgan “yashil energetika” atamasi ekologik musaffolikni taminlashdagi muhim qadamlardan biridir. Chunki iqlim o‘zgarishi bugungi dunyoning global muammosiga aylanib ulgurgan. Xalqaro tahlilchilarga ko‘ra sanoatlashtirishning jadallashuvi va energiya almashinuvi miqdorining ortishi natijasida atmosferaga chiqadigan CO2 gazining ortishi muqobil energiya manbalarini takomillashtirishni talab qilmoqda, chunki oxirgi 30 yillikda atmosferaga chiqadigan CO2 gazining miqdori uzluksiz ortib bordi. (1-rasmga qarang) [2].



1-rasm Dunyo miqyosida atmosferaga chiqarilayotgan CO_2 gazi.

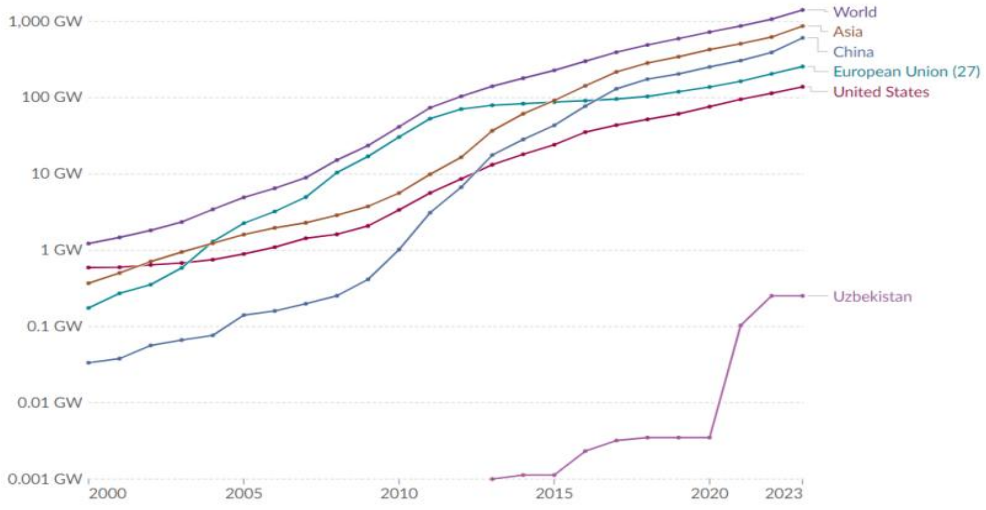
Muqobil energiya manbalarini rivojlantirish va quyosh energiyasidan foydalanish hissasini oshirish, 2020-2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta’minlash konsepsiyasida nazarda tutilgan [3].

Shu yili O‘zbekistonda elektr energiyasi 67,5 mlrd kVt/soat ishlab chiqarish rejalash tirilmoqda, 2030-yilga borib esa bu ko‘rsatkich 120 mlrd kVt/soat ga erishishi

kutilmoqda. O‘zbekistonda quyosh fotoelektr stansiyalari qurilishi Toshkent, Samarqand, Navoiy, Jizzax, Farg‘ona, Surxondaryo, Qashqadaryo viloyatlarida rejalashtirilgan. O‘zbekiston energetikasi tabiiy gazga juda bog‘liq bo‘lib, ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining 82 % ini tashkil etadi. O‘zbekiston 2030-yilga borib mamlakatning umumiy energetika balansidagi quyosh energiyasi ulushini 6 % ga yetkazishni rejalashtirmoqda. 2025-yilda qayta tiklanadigan energiyani umumiy energiya iste’moli majmuasida 19,7 % gacha oshirish, shu jumladan quyosh energiyasini 2,3 % ga oshirish rejalashtirilgan [3].

Ayni paytda O‘zbekistonda umumiy quvvati 2,4 gigavatt bo‘lgan oltita “yashil” elektr stansiyasi ishga tushirilgan va yaqin yillarda 9 GVt quvvatga ega 22 ta quyosh va shamol elektr stansiyalarini qurish loyihalari ustida ishlar olib borilmoqda. Umuman olganda, 2030-yilga kelib “yashil” energetika manbalarining quvvatini 27 GVtga yetkazish rejalashtirilgan. Bu har yili 25 milliard kub metr tabiiy gazni iqtisod qilish va atmosferaga zararli tashlanmalarni 34 million tonnaga qisqartirish imkonini beradi [4].

2-rasmda keltririlganidek elektr tarmoqlariga integratsiyalashgan quyosh fotoelektr stansiyalarini o’rnatish jadal suratlarda oshib bormoqda [5].



2- rasm. Yilliar davomida o’rnatilgan quyosh fofoelektr stansiyalarini hajmi.

Xalqaro Muqobil Energiya Agentligining (IRENA) ma'lumotlariga ko'ra [6], 2030-yilga kelib umumiy o'rnatilgan tizimlar soni 2840 GW ga, 2050-yilga kelib esa

8519 GW ga yetishi kutilmoqda. PV tizimlarining o'rnatilishi taxmin qilingan ko’rsatkichlardan oshib ketmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Iqtisodiy va ijtimoiy sohalarda energiya samaradorligini oshirish, energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha jadallashtirilgan chora-tadbirlar to‘g‘risida"gi qarori bilan qayta tiklanadigan energiya manbalarini yanada rivojlantirish, yirik quyosh va shamol elektr stansiyalarini qurish hamda ularning ulushini 2030 yilga borib elektr energiyasi ishlab chiqarishning umumiy hajmidan kamida 25 % ga yetkazish bo‘yicha maqsadli rejalar tasdiqlandi [7].

Biroq, mavjud va qurilayotgan quyosh elektr stansiyalarini iste’molchi tarmoqlariga integratsiyalashdagi muammolar – energiya balansini nazorat qilishdagi kamchiliklar, tizim parametrlarining o’zgarishi, uztilayotgan energiya uchun optimal to’lov tizimining zaruriyati - stansiyalarning iqtisodiy samaradorligini pasayishiga olib keladi. Shuningdek, o’rta kuchlanishli tarmoqlarga yuqori miqdordagi QFS larni integratsiyalash ushbu tarmoqlardagi barqarorlik va ishonchlililikka salbiy ta’sir etib, QFSlarni integratsiyalash natijasida hosil bo’lgan garmonikalar tizimning umumiy garmonikasini oshishiga olib keladi [7].

Ushbu energiya muammolarining mumkin bo‘lgan yechimlarini ikki yo‘nalishga ajratish mumkin. Birinchi yo‘nalish, resurslarni mintaqaviy, milliy yoki hatto global darajada taqsimlash uchun yanada yirikroq o‘zaro bog‘langan energiya tizimlarini yaratish. Masalan, bu yo‘nalishda Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization (GEIDCO) tomonidan ko‘plab ishlar olib borilgan. Ikkinchi yo‘nalish esa mahalliy yechimlarni, masalan, aqlli mahalliy energiya tizimlarini rivojlantirishga, katta energiya tizimlari uchun mustaqil boshqariladigan va barqaror tarmoqlarni yaratishga qaratilgan [8].

Mamlakatning energetik qobilyatidan kelib chiqib mavjud muammolarni aqlli mahalliy energiya tizimlarini yaratish orqali hal etish mumkin. Odatda, an’anaviy elektr energiyasi tizimlarida quvvat oqimi bir yo‘nalishda bo‘lib, elektr energiyasi elektr stansiyalarida ishlab chiqarilib, yuqori kuchlanishli uzatish tarmoqlari orqali uzatiladi, pasaytiruvchi stansiyalarda transformatsiya qilinadi va oxirida taqsimlash

tarmoqlari orqali iste’molchilarga yetkaziladi. Elektr energiyasi bozori ham shunga mos ravishda bir yo‘nalishda tashkil etilgan.

Mahalliy energiya ishlab ciqaruvchilarning, jumladan turli yo’nalishdagi generatorlar (DGs), energiya saqlash tizimlari (ESSs), va moslashuvchan energiya talablarining paydo bo‘lishi texnologik va tijorat sohalarida katta o‘zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Texnologik nuqtai nazardan, DGlar sabab bo‘lgan ikki tomonlama quvvat oqimi, shuningdek, qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarish (RPG)ning o‘ta o‘zgaruvchanligi zamonaviy elektr energiya tizimlarini rejalashtirish, ekspluatatsiya qilish va himoya qilishda jiddiy muammolarni keltirib chiqaradi. Shu bilan birga, mahalliy energiya ishlab chiqaruvchilarining moslashuvchanlik talablari tizim operatorlariga ushbu muammolarni hal qilish uchun yangi choralar ishlab chiqishni talab etadi. Tijorat nuqtai nazardan esa, mahalliy energiya ishlab chiqaruvchilar elektr energiya tizimlari chekkasidagi ko‘plab kichik iste’molchilarga tegishli bo‘lib, elektr ta’minotini xilma-xillashtiradi va mahalliy elektr bozorlari shakllanishi va rivojlanishi uchun imkoniyat yaratadi.

QFSlarni integratsiyalash zamonaviy o’zgartirgichlar texnologiyasi, “anti-islanding” tenologiyasi, himoya texnologiyalari, quyosh-tarmoq bashorat qilish texnologiyalari va aqlli tarmoq texnologiyalarini o’z ichiga oladi. Odatda, quyosh modullari tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat to’g’ridan-to’g’ri iste’molchiga uzatiladi va elektr tarmog’iga uztilgan ortiqcha quvvat elektr hisoblagichlarda qayd etiladi. Elektr tizimi bilan integratsiyalashgan QFS invertorlarida elektr tarmog’ida uzilishlar yuz berganda quvvat oqimini to’xtatish uchun “anti-islanding” himoyasi talab etiladi. Zamonaviy on-grid va gibrid invertorlar kuchlanishni nazorat qilish orqali tarmoq barqarorligini saqlash xususiyatiga ega. Invertorlarni ishlab chiqarish jarayonida ularning ilg‘or fotovoltaik (PV) imkoniyatlari tadqiqot markazlarida simulyatsiya qiluvchi qurilmalar yordamida tasdiqlanadi. Simulyatsiya davomida invertorlar real sharoitga yaqin muhitda sinovdan o‘tkazilib, ularning quvvat ishonchliligi va sifatiga bo‘lgan ta’siri o‘rganiladi.

QFSlar tomonidan elektr tarmoqlariga uzatilayotgan quvvat tarmoq talabidan ortib ketganda tarmoqning chastota va kuchlanishiga salbiy ta’sir etib tarmoq

barqarorligini buzilishiga sabab bo’ladi. Shu sababdan, quyosh panellarining o’rnatish doimiy tarzda oshib borayotganini hisobga olsak, PV tizimlari bilan integratsiyalashgan elektr tarmoqlarini ishonchli boshqarish va samarli ishlatish uchun yangi boshqaruv strategiyalari talab etiladi [9].

Fotovoltaik tizimlarning energiya ishlab chiqarish qobilyati eng e’tiborli jihati hisoblanib turli ko’rsatkichlarga bog’liq xolatda qo’llanilish joyi va texnologiyasiga qarab farq qiladi. Agarda, QFSlarni o’rnatish jarayonida barcha ko’rsatkichlar yetarlicha aniq hisoblansa, tizimning energiya samaradorligi oshadi. Ammo, QFSning samaradorligiga ta’sir etuvchi ko’rsatkichlarning qanchalik aniq hisoblanishiga qaramasdan, hali ham fotovoltaik tizimning ishlash jarayonida va tamirlash jarayonida bir qator muammolarga duch kelinmoqda. Ayniqsa, bu kabi muammolar olis hudularga o’rnatilgan QFSlar bilan ko’proq yuz bermoqda. Shu sababli, ushbu muammolarni hal etish uchun moslashuvchan yondashuvlar talab etiladi. Bu o’rinda, QFS tiz imlarini doimiy monitoring qilishda “Internet of Things” (IoT) texnologiyasi eng istiqbollik yondashuv hisoblanadi [9]. IoT tizimida barcha axborot va aloqa vositalari internetning ajralmas qismi hisoblanadi. Ushbu texnologiya obyektlar haqida aniq va batafsil ma’lumot olishga yordam beradi va turli yangi rivojlanish imkoniyatlarini taqdim etadi.

Xulosa. Quyosh fotoelektr stansiyalarining (QFSlarning) mahalliy elektr tarmoqlariga integratsiyalashuvi energiya ta’minoti barqarorligini oshirish, ekologik toza energiya manbalaridan samarali foydalanish va elektr energiyasi ishlab chiqarishning diversifikatsiyasini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Mahalliy elektr tarmoqlari bilan uzviy integratsiya natijasida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan maksimal darajada foydalanish, energiya mustaqilligini ta’minlash va tarmoqdagi yo‘qotishlarni kamaytirish imkoniyati yaratiladi. Biroq, QFSlarning mahalliy elektr tarmoqlariga integratsiyasida texnik va boshqaruv muammolari yuzaga kelishi mumkin. Masalan, quyosh energiyasining tabiiy o‘zgaruvchanligi tarmoq barqarorligiga ta’sir ko‘rsatishi, energiya taqsimoti va balanslash tizimlarini optimallashtirish zaruriyatini keltirib chiqaradi. Shu sababli, QFSlarni samarali boshqarish, aqlli tarmoqlar (Smart Grid) va energiya saqlash texnologiyalarini joriy

etish muhim hisoblanadi. Umuman olganda, quyosh fotoelektr stansiyalarining mahalliy elektr tarmoqlariga integratsiyasi elektr energiyasi ta’minotining barqarorligi va samaradorligini oshirish, uglerod chiqindilarini kamaytirish va innovatsion energiya texnologiyalarini rivojlantirish uchun muhim omil hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. https://innovation.gov.uz/news/post-1686
2. https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions
3. https://minenergy.uz/uz/lists/view/77
4. https://www.gazeta.uz/oz/2023/12/28/green-energy/
5. Installed solar energy capacity, Cumulative installed solar capacity https://ourworldindata.org/renewable-energy
6. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2019; IRENA: Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2020; ISBN 978-92-9260 244-4
7. A.Isakov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 614 012014 **DOI** 10.1088/1755-1315/614/1/012014
8. Hariri, M.H.M.; Mat Desa, M.K.; Masri, S.; Zainuri, M.A.A.M. Grid-Connected PV Generation System-Components and Challenges: A Review. Energies 2020, 13, 4279. [CrossRef]
9. Internet of Things (IoT) in Photovoltaic Systems. Nallapaneni Manoj Kumar, Karthik Atluri, Sriteja Palaparthi. https://www.researchgate.net/publication/323571875

SHAMOL ENERGETIKASINING ISTIQBOLI VA MUAMMOLARI

Madaliyev Erkin O‘rinbayevich, Tillaboyeva Farangiz Shavkatjon qizi
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Email: farangiztillaboyeva11@gmail.com

Annotatsiya: *Maqolada O‘zbekistonda shamol elektr stansiyalarini barpo etishning hozirgi holati va istiqbollari tahlil qilingan. Shamol energiyasidan foydalanishning texnik-iqtisodiy afzalliklari, ekologik ustunliklari hamda xorijiy investitsiyalar ishtirokidagi yirik loyihalar haqida ma’lumot berilgan. Shuningdek,*

shamol turbinalarining konstruktiv tuzilishi, ishlash prinsipi va samaradorlik ko‘rsatkichlari ilmiy asosda yoritilgan. Tadqiqot natijalari qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etish O‘zbekiston energetika tizimini diversifikatsiyalash va barqaror rivojlanishga erishishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *Shamol elektr stansiyasi, qayta tiklanuvchi energiya, “yashil” texnologiyalar, energetika tizimi, ekologik barqarorlik, shamol turbinalari.*

Kirish

So‘nggi yillarda O‘zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalari qatorida shamol elektr stansiyalarini qurishga katta e’tibor qaratilmoqda. Bu soha bugungi kunda dunyo energetika sektorida eng tez rivojlanayotgan soha hisoblanadi. Markaziy Osiyo uchun muqobil energiyadan foydalanishni yanada jadallashtirish mintaqada suv resurslarining qisqarishini hisobga olgan holda ayniqsa muhimdir, deya xabar qildi Energetika vazirligi matbuot xizmati. O‘zbekiston Respublikasida xalqaro moliya institutlari bilan hamkorlikda shamol energiyasidan keng foydalanishning texnik-iqtisodiy asoslari ishlab chiqilgan. "2020-2030-yillarda O‘zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta’minlash konsepsiyasi" ishlab chiqilgan bo‘lib, uning asosiy maqsadlaridan biri 2030-yilga borib shamol energiyasi quvvatini $3000\,MVt$ga etkazishdir. Ta’kidlash joizki, O‘zbekistonda shamol elektr stansiyalarini qurish uchun belgilangan hududlarda shamol salohiyati ko‘rsatkichlari dunyodagi mavjud shamol parklari bo‘yicha o‘rtacha ko‘rsatkichdan yuqori. Boshqacha aytganda, quvvatdan foydalanish koeffitsiyentlari solishtirilganda mamlakatimiz ko‘rsatkichlari jahondagi o‘rtacha ko‘rsatkichdan 1,5 barobar yuqori ekanligi aniqlandi [1]. Masalan, O‘zbekistondagi shamol elektr stansiyalari yiliga $8760\,soat$ umumiy quvvatdan taxminan 3 900 soat to‘liq quvvatda ishlashi mumkin. Bugungi kunda O‘zbekistonda shamol elektr stansiyalarini qurish bo‘yicha bir nechta loyihalar ishga tushirilgan.

Jumladan, Navoiy viloyatining Tomdi tumanida BAAning "Masdar" kompaniyasi bilan imzolangan 500 megavattli shamol elektr stansiyasini qurish. Loyiha qiymati 600 million dollar bo‘lib, to‘liq quvvatga chiqqandan so‘ng, shamol

elektr stansiyasi yiliga 1,8 milliard $kVt/soat$ elektr energiyasi ishlab chiqaradi va yiliga 546 million kub metr tabiiy gazni tejaydi.

Saudiya Arabistonining "ACWA Power" kompaniyasi bilan ikkita shamol elektr stansiyasini qurish bo‘yicha shartnoma imzolandi. Kompaniya tomonidan Buxoro viloyatining G‘ijduvon va Peshku tumanlarida umumiy quvvati 1000 $megavatt$ bo‘lgan 1,3 milliard dollarlik shamol elektr stansiyalari qurilib, yiliga 1,1 milliard kub metr tabiiy gaz tejalishiga erishiladi.

Yevropa tiklanish va taraqqiyot banki bilan hamkorlikda Qoraqalpog‘iston Respublikasining Beruniy va Qorao‘zak tumanlarida quvvati 100 MVt bo‘lgan shamol elektr stansiyasini qurish bo‘yicha tender o‘tkazildi. "ACWA Power" (Saudiya Arabistoni) kompaniyasi ishlab chiqarilgan 1 $kVt \cdot soat$ elektr energiyasi uchun 2,57 AQSH senti tarif taklifi bilan xalqaro tender g‘olibi deb topildi. Stansiya 2023-yilda ishga tushirilsa, yiliga 350 million kVt/soat elektr energiyasi ishlab chiqariladi va yiliga 106 million kub metr tabiiy gaz tejaladi. Loyihalar ijrosi tahlili shuni ko‘rsatmoqdaki, Shamol energetikasini rivojlantirish konsepsiyasida ko‘zda tutilgan rejalar Energetika vazirligi tomonidan jadvaldan oldin amalga oshirilmoqda. Bu shamol energiyasi quvvatini rivojlantirish prognozini oshirish va 2030-yilga kelib uni 5000 MVtga etkazish imkonini beradi. SHESlarning aksariyati Qoraqalpog‘iston Respublikasida qurilishi rejalashtirilgan. Shamol elektr stansiyalari loyihalarini amalga oshirishda ularning yagona energiya tizimiga xavfsiz integratsiyalashuvini ta’minlash choralari ko‘rilmoqda. Shuni ham ta’kidlash kerakki, qayta tiklanadigan energiya texnologiyalari jadal rivojlanmoqda. Xususan, energiya saqlash qurilmalari orasida eng samarali hisoblangan litiy-ionli batareyalar narxi xalqaro miqyosda maqbul qiymatgacha pasaygan. Xalqaro tadqiqot markazlari yaqin 5 yil ichida bu turdagi batareyalar narxi o‘rtacha 30 foizga arzonlashishini taxmin qilmoqda.

Natijada O‘zbekiston qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan olinadigan energiyani boshqarish va saqlash, yagona energetika tizimi barqarorligini ta’minlash imkoniyatiga ega bo‘ladi. Qoraqalpog‘istonda shamol elektr stansiyalari va sanoat korxonalari qurilishi boshlandi, savdo majmualari ishga tushirildi. So‘nggi yillarda 2

milliard dollar investitsiya hisobiga quvvati 2,6 GVt bo‘lgan 10 ta quyosh va shamol stansiyalari ishga tushirildi. Yil yakuniga qadar tarmoqqa qo‘shimcha 1,5 GVt quvvatlar ulanadi, "yashil" energiya ulushi 15 foizga etkaziladi [2].

Shuningdek, umumiy qiymati 19 milliard dollar bo‘lgan 18,6 gigavattli 32 ta "yashil" loyiha amalga oshirilmoqda. Tadqiqot institutlarining hisob-kitoblariga ko‘ra, Qoraqalpog‘istonda 680 GVt quyosh va 120 GVt shamol energiyasi salohiyati mavjud. 2030 yilga qadar Qoraqalpog‘istonda 11 mlrd dollar to‘g‘ridan-to‘g‘ri investitsiyalar hisobiga umumiy quvvati 10,3 GVt bo‘lgan 10 ta yirik shamol elektr stansiyasini qurish rejalashtirilgan. Ushbu loyihalar to‘liq ishga tushsa, yiliga 35 milliard kilovatt soat "yashil" energiya ishlab chiqariladi. Elektr energiyasini uzatishda barqarorlikni ta’minlash maqsadida Qo‘ng‘irot, Beruniy va Qorao‘zak tumanlarida umumiy quvvati 400 MVt bo‘lgan 3 ta elektr saqlash tizimi barpo etiladi.

Bugungi kunda ana shunday loyihalardan bir nechtasining qurilishi boshlanmoqda. Birinchisi - Xitoyning Sany Renewable kompaniyasi tomonidan Qo‘ng‘irot tumanida quriladigan qiymati 1,2 mlrd dollar bo‘lgan 1 GVt quvvatli shamol elektr stansiyasi. Ikkinchisi - Saudiya Arabistonining "ACWA Power" kompaniyasi bilan birgalikda Beruniy va Qorao‘zak tumanlarida barpo etiladigan, quvvati 200 MVt bo‘lgan, 100 MVt elektr energiyasini saqlash tizimiga ega, qiymati 250 mln dollar bo‘lgan shamol elektr stansiyasi. Kelgusida ularda yiliga 4,2 milliard kilovatt-soat "yashil" energiya ishlab chiqariladi, bu 1 million 76 mingta xonadonning yillik iste’moliga teng. Buning natijasida qariyb 1,3 milliard kub metr tabiiy gaz tejalib, atmosferaga chiqariladigan tashlamalar hajmi qariyb 2 million tonnaga qisqaradi. Shu bilan birga, Qo‘ng‘irot tumanida shamol turbinalarining qismlari, ustunlari va parraklarini ishlab chiqaruvchi korxonalar qurilishi boshlanmoqda. Buning natijasida yiliga 1 ming Megavatt quvvatli shamol turbinalari qismlari va 120 ta ustun mahalliylashtirilib, 100 $million$ dollarlik import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqariladi.

Shamol elektr generatorlari bitmas-tuganmas tabiiy manbalardan elektr energiyasi olish uchun yaratilgan ekologik toza qurilmalar qatoriga kiradi. Shamol

elektr stansiyasi (SHES) shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantirishga yordam beradi. Ma’lum tezlik bilan harakatlanayotgan shamol kuchi qancha katta bo‘lsa, shuncha ko‘p - 7,5 MVt gacha elektr energiyasi olish mumkin. Tabiiy, yoqilg‘isiz texnologiyalardan foydalanish atrof-muhitga zarar etkazmaydi. U texnik chiqindilar va radiatsiyani hosil qilmaydi, shu bilan birga mablag‘ni tejash imkonini beradi, chunki shamol bepul olinadi. Jihozlangan shamol elektr stansiyasini o‘rnatish uchun faqat bir martalik jiddiy pul xarajatlari va kichik maydon kerak bo‘ladi. SHES turbinasi ishga tushirilgandan so‘ng foydalanish xarajatlari deyarli nolga teng bo‘ladi. Turbinalarning ommaviy ishlashi nafaqat xususiy uyni, balki butun qishloq va shaharning turar-joy hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlay oladi. Shamol kuchidan foydalanishning muvaffaqiyatli misollari tezligi ortib borayotgan havo va dengiz transporti, sport musobaqalari (vindserfing, deltaplanerizm, elkanli sport), shuningdek, buloqlarda suv ko‘tarish hisoblanadi. Qurilmaning ishlash tamoyili quyidagicha tavsiflanadi: Shamolning ta’sir kuchi SHES parraklarini harakatga keltiradi, bu esa yuritma orqali rotorning aylanishiga olib keladi. Ichki korpusli stator chulg‘ami mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiradi. Qurilmaning parraklari aerodinamik xususiyatlari tufayli generator turbinasini tez aylantirib beradi [3].

Havo oqimi kuchli bo‘lganda parraklar o‘z ishini kuchaytiradi. Elektr energiyasiga aylantirilgan turbinaning uzluksiz aylanishi akkumulyator batareyalarida to‘planadi. Qurilmaning ishlash tezligiga uning konstruksiyasi xususiyati ta’sir ko‘rsatadi.Shamol generatoridan foydalanish usullariga ko‘ra muqobil shamol energiyasidan ko‘pgina rivojlangan mamlakatlarda yoqilg‘i resurslaridan olinadigan energiyaning standart 80% ga nisbatan 20% miqdorida foydalaniladi. Shveysariya, Avstriya, Niderlandiya, Norvegiya, AQSH atmosferaga issiqxona gazlarini chiqarmaydigan ekologik toza texnologiyalarga intilmoqda.

Qurilmadan quyidagilar uchun foydalanish mumkin:

1) Quyosh batareyalari bilan bir vaqtda foydalanish;
2) To‘liq avtonom ishlash;
3) Elektr energiyasi uzilgan taqdirda zaxira akkumulyatori (dizel, benzin) sifatida yoki mustaqil akkumulyator sifatida ulash.

Shamol kuchi qancha yuqori bo‘lsa, shamol qurilmasi shuncha ko‘p elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Masalan, havo massalari $45\,km/soat$ tezlik bilan harakatlanganda, shamol elektr stansiyasi generatori $400\,Vt$ elektr energiyasini ishlab chiqarish qobiliyatiga ega. Shamol generatori tuzilishi quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1 – Jadval

Konstruktiv elementlari			
1.	*Elektr generatori va o‘q*	**5.**	*Turbina va turbina mexanizmi*
2.	*Shamol sezgichi va uning dumchasi*	**6.**	*Qalpoqli rotor, akkumulyator*
3.	*parraklar va ularni aylantiruvchi mexanizm (qanotcha)*	**7.**	*o‘zgaruvchan tokni doimiy tokka aylantiradigan invertor*
4.	*aylanish harakatlarini nazorat qiluvchi qurilma*	**8.**	*machta, gondola, yordamchi elementlar (transmissiyalar, tebranish so‘ndirgich, uzatmalar qutisi va boshqalar)*

Shamol elektr stansiyasi konstruksiyasiga yana burilish mexanizmlari, narvon, minora, kuchlanish shkafi, tormoz tizimi, vint qadamini o‘zgartirish moslamasi, poydevorga mahkamlanadigan asosiy rama, mo‘ljal ko‘rsatgich, boshqaruv tizimi, sezgichlar va tezlik pasaytirgichlar ham kiradi. Parraklar turli materiallardan: shisha tolalar, alyuminiy, uglerod tolalaridan tayyorlanadi. Aynan ular shamolda harakatlanayotgan havo oqimlarini tutib oladi. Generatorlar sifatida ko‘pincha magnit tizimi bilan jihozlangan sinxron agregatlar qo‘llaniladi. Boshqa turdagi generatorlar ham ishlatilishi mumkin. Ularning asosiy vazifasi o‘zgartirilgan energiyani uzatishdan iborat. Boshqaruv tizimi shamol generatorining ishlashini nazorat qilishda yordam beradi. U ishlab chiqaruvchi tomonidan ta’minlangan sensorlar, kontrollerlar va yordamchi qurilmalardan tashkil topgan bo‘lib, qurilmaning eng samarali ishlashini ta’minlaydi. Boshqa elementlar, masalan, burilish mexanizmi shamolni turli yo‘nalishlarda tutib olishga yordam beradi, transmissiya qutisi esa parraklarning aylanishini ta’minlaydi [4].

Shamol generatori doimo shamol esayotgan tomonga qaratilgan bo‘ladi. Uning tezligini kuzatib borishda anemometr yordam beradi. Shamol generatorining o‘rtacha aylanish tezligi daqiqasiga $175 - 500$ marta, maksimal tezligi esa daqiqasiga 1150 martagacha etadi. Qurilmalar vertikal va gorizontal aylanish o‘qiga ega bo‘ladi. Birinchisi, massiv inshootlardan uzoqda o‘rnatiladi, ular havo massalarini ushlab turishga qodir. Ikkinchisi ko‘proq uchraydi, tashqi ko‘rinishi flyuger konstruksiyasiga o‘xshaydi va FIK 40% ni tashkil etadi. Duragay turlari ham bo‘ladi. Shamol elektr stansiyalari mobil (vaqtinchalik, mavsumiy) va statsionar turlarga bo‘linadi, ular temir yo‘l poydevoriga o‘rnatiladi. Konstruksiyasiga ko‘ra vetryaklar qanotli, rotorli, o‘rnatilish joyiga ko‘ra esa quruqlikdagi (vertikal aylanish o‘qiga ega), suzuvchi (suzuvchi platformada), qirg‘oqbo‘yi (qirg‘oq bo‘yi) va offshor (uzoqdagi, dengizdagi) bo‘ladi.

Vertikal shamol generatorlari – qurilmalar erdan baland yoki shamol uchun to‘siqlar bo‘lmagan erga o‘rnatiladi. Ular ixcham ko‘rinishga ega va har xil turdagi parraklar bilan ishlab chiqariladi. Generatorning maksimal foydali ish koeffitsiyenti shamol parraklar tekisligiga perpendikulyar yo‘naltirilganda erishiladi. Bunday tur xususiy uylar va dala hovlilarni jihozlash uchun mos keladi.

Gibrid shamol generatorlari – ushbu tur vertikal va gorizontal qurilmalarning kombinatsiyasi bo‘lib, ular tuproq yuzasiga va suvga o‘rnatilishi mumkin. Ushbu turdagi shamolparraklar murakkab tuzilishga ega bo‘lib, ularning samaradorligi yuqoriroq. Qiymati bo‘yicha ham ular qimmatroq turadi.

Mobil shamol generatorlari – kichik quvvatli qurilmalar osongina ko‘chiriladi. Ulardan kichik obyektlarni (shahar tashqarisidagi va xususiy uylar, qishloq do‘konlari, yordamchi xo‘jaliklar) jihozlashda foydalanish mumkin. Bu turdagi shamol elektr stansiyalarining statsionar shamol stansiyalaridan farqi shundaki, ular yirik sanoat korxonalarini, shuningdek, aholi punktlarini elektr energiyasi bilan ta’minlay olmaydi.

Rotorli shamol generatori - rotor bilan ishlaydi (sanoat turlari: Savonius, Darye, Voroninlar) va erga joylashtiriladi. Rotorli shamol elektr stansiyalarining turlari parraklarni tayyorlashning oddiy sxemasiga ega. Ular shamolning faqat bir yo‘nalishiga mo‘ljallanmagan va yuritmalarga texnik xizmat ko‘rsatishni

qiyinchiliksiz bajarish imkonini beradi. Bunda shamol elektr stansiyalari mustaqil ravishda ishga tushirilmaydi va generatordan ishlaydi [5]. Ularni afzalliklari quyidagi 2-jadvalda keltirilgan.

2 – Jadval

Shamol generatorining afzalliklari			
1.	Elektr energiyasini ishlab chiqarishning past narxi (ijobiy rentabellik)	**5.**	Tuganmas (doimiy qayta tiklanadigan) energiya manbai
2.	Uzoq xizmat muddati - $20-30$ yildan ortiq;	**6.**	Yuqori sifatli avtonom ishlash
3.	Ekologik toza, CO_2 emissiyasi yoki zararli moddalar yo‘q	**7.**	Qo‘shimcha boshqaruv bloklariga ehtiyoj yo‘q
4.	Har qanday bo‘lishi mumkin bo‘lgan shamol yo‘nalishidan mustaqil samaradorlik; ixcham o‘lcham va kichik maydon	**8.**	Ulkan bozor salohiyati - shamol energiyasidan milliy iqtisodiyotning istalgan sohasi uchun foydalanish mumkin

Shamol turbinalarining kamchiliklari quyidagilardan iborat:

a) Birinchi va eng muhim fundamental muammo - bu deyarli har qanday zamonaviy shamol turbinasi kuchining shamol tezligiga kubik bog‘liqligi. Shamol tezligi nominalning yarmida (ma’lumotlar varag‘ida ko‘rsatilgan) shamol turbinasi sakkiz baravar kam quvvat ishlab chiqaradi va nominaldan uch baravar past tezlikda quvvat chiqishi 27 baravar past bo‘ladi. Elektr kerak bo‘lganda, shamol odatda esmaydi, ya’ni xarajatlar shubhali quvvat manbai bilan cheklanmaydi. Siz nafaqat shamol generatorining o‘ziga, zaryadlash moslamasi va shamol turbinasi ustuniga, balki quyosh panellarida bo‘lgani kabi, elektr energiyasini to‘plash va saqlash tizimiga ham sarmoya kiritishingiz kerak bo‘ladi.

b) Shamol turbinasi, benzin generatori kabi, har qanday generator kabi (quyosh panellaridan farqli o‘laroq) harakatlanuvchi qismlarni o‘z ichiga oladi: rulmanlar, vites

qutilari va boshqalar. Shu sababli, uni texnik xizmat ko‘rsatish va tekshirish uchun yiliga kamida bir yoki ikki marta ustunidan tushirish kerak, aks holda u ishlab chiqaruvchi tomonidan ko‘rsatilgan xizmat muddatini saqlab qolmaydi.

c) Yirik loyihani ishga tushirish uchun sarmoya zarurligi;

d) Shamol generatorlari radio to‘lqinlariga to‘sqinlik qiladi;

e) Qushlarning parvozlariga aralashish.

Dovul paytida pichoqlar uchib ketishi va shamol energiyasini ishlab chiqarish uchun maxsus texnik qurilmalar talab qilinishiga qaramay, shamol elektr stantsiyalari kelajak texnologiyasi sifatida butun dunyo bo‘ylab tarqalmoqda. Xarajatlarning kamayishi insoniyatga kelajak avlodlar uchun g‘amxo‘rlik qilish va qazilma boyliklardan tejamkorroq foydalanish imkonini beradi. Shamol turbinasi tizimlari qayta tiklanadigan manbalardan elektr energiyasini ishlab chiqarishda istiqbolli yondashuv hisoblanadi [6]. Ular oddiy dizaynga ega va doimo takomillashtirilib, takomillashtirilmoqda. Shamol turbinalaridan foydalanish butun dunyo bo‘ylab tarqalmoqda va kelajakda yanada ko‘payadi.

Xulosa

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari, xususan shamol energetikasini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. 2020–2030-yillarga mo‘ljallangan energetika konsepsiyasiga muvofiq, shamol energiyasi quvvatini 3000 MVtgacha etkazish rejalashtirilgan. Ayni paytda Navoiy, Buxoro va Qoraqalpog‘iston hududlarida xalqaro hamkorlikda yirik shamol elektr stansiyalari qurilmoqda. Ularning ishga tushirilishi yiliga milliardlab kilovatt-soat elektr energiyasi ishlab chiqarish, tabiiy gaz sarfini kamaytirish hamda atmosferaga chiqariladigan zararli tashlamalarni sezilarli qisqartirish imkonini beradi. Shamol energetikasining rivojlanishi mamlakatning energiya mustaqilligini ta’minlash, ekologik barqarorlikni oshirish va iqtisodiyotda “yashil” texnologiyalar ulushini kengaytirishda muhim omil hisoblanadi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2023-yil 16-fevral). 2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish

ishlarini jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida (PQ–57-son qaror). Retrieved from https://lex.uz/docs/6385716

2. Energetika vazirligi matbuot xizmati. (2024). Shamol energetikasini rivojlantirish konsepsiyasi bo‘yicha amalga oshirilayotgan ishlar haqida xabar. Retrieved from https://minenergy.uz

3. Ганиев, О.С. Ветроэнергетика: состояние, проблемы и перспективы Арзебяна. Internet ресурс: https://cyberleninka.ru

4. Козлов, С.В. Развитие ветровой энергетики. Internet ресурс: https://cyberleninka.ru

5. Груздов, В.А. Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, задачи развития, перспективы.

SMART ENERGIYA TIZIMLARIDA QUYOSH VA SHAMOL MANBALARINI INTEGRATSIYALASH INNOVATSIYALARI

Rayimdjanova Odinaxon Sadikovna

rayimjonovaodinaxon1975@gmail.com

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya: *Mazkur maqolada smart energiya tizimlarida quyosh va shamol manbalarini integratsiyalash bo‘yicha innovatsion yondashuvlar tahlil qilinadi. Hozirgi kunda energiya samaradorligini oshirish va ekologik muhitni asrash maqsadida qayta tiklanuvchi manbalarni yagona boshqaruv tizimiga birlashtirish dolzarb masalaga aylanmoqda. Tadqiqotda quyosh va shamol energiyasini sinxron boshqarish, ularni real vaqt monitoringi asosida zaxiralash va taqsimlash texnologiyalari o‘rganilgan. Shuningdek, smart tizimlarda sun’iy intellektsiz, lekin avtomatlashtirilgan boshqaruv algoritmlarining afzalliklari ham tahlil qilingan. Natijada, energiya balansini barqarorlashtirish va resurslardan oqilona foydalanish imkonini beruvchi innovatsion yechimlar taklif etiladi.*

Kalit so‘zlar: *smart energiya tizimi, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, integratsiyalash, qayta tiklanuvchi manbalar, energiya zaxiralash, avtomatlashtirilgan boshqaruv, energiya samaradorligi, innovatsion texnologiyalar.*

So‘nggi yillarda energiya ta’minoti tizimlarini modernizatsiya qilish va qayta tiklanuvchi manbalarni keng joriy etish global miqyosda ustuvor yo‘nalishga aylandi. Aholi sonining o‘sishi, sanoatning kengayishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi an’anaviy energiya manbalariga bo‘lgan qaramlikni kamaytirishni talab etmoqda. Shu bois, quyosh va shamol kabi toza energiya manbalarini samarali integratsiyalash hozirgi zamon energiya siyosatining muhim yo‘nalishlaridan biridir. Smart energiya tizimlari – bu qayta tiklanuvchi energiya manbalarini yagona boshqaruv platformasida birlashtirib, ularni real vaqt rejimida nazorat qilish imkonini beruvchi ilg‘or texnologik yechimlardir. Bunday tizimlar yordamida quyosh va shamol energiyasining o‘zgaruvchan tabiati muvozanatga keltiriladi, energiya zaxiralari barqaror saqlanadi va umumiy tarmoqdagi yuklama optimallashtiriladi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – smart energiya tizimlarida quyosh va shamol manbalarini integratsiyalashning samarali innovatsion yo‘llarini tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlash hamda ularning yechimlarini taklif etishdan iborat. Mazkur yo‘nalish nafaqat energiya sohasida texnologik yuksalishni ta’minlaydi, balki ekologik xavfsizlikni mustahkamlash va iqtisodiy barqarorlikni oshirishga ham xizmat qiladi.

Tadqiqot metodlari. Tadqiqotda quyidagi metodlar qo‘llanildi: Matematik modellashtirish metodi – energiya ishlab chiqarish, iste’mol va zaxiralash jarayonlarini matematik formulalar asosida ifodalash uchun. Tizimli tahlil metodi – quyosh va shamol manbalarining o‘zaro bog‘liqligini, ishlab chiqarishdagi o‘zgarishlarni va energiya oqimini tahlil qilish uchun. Eksperimental sinovlar – kichik o‘lchamli model (mikro smart tizim) orqali ishlab chiqarilgan energiya miqdorini real sharoitda o‘lchash uchun. Statistik tahlil metodi – olingan natijalarni qayta ishlash, energiya samaradorligini foizlarda aniqlash va grafik ko‘rinishda taqdim etish uchun.

Tadqiqot ob’ekti va materiali. Tadqiqot ob’ekti sifatida quyosh panellari va shamol turbinalari asosida ishlovchi kichik o‘lchamli smart energiya tizimi tanlandi. Ushbu tizim quyidagi asosiy elementlardan iborat: Fotovoltaik quyosh panellari (PV modullar) – 250 Vt quvvatli modullar; Vertikal o‘qli shamol turbinalari – 300 Vt quvvatgacha ishlovchi model; Inverter moduli – o‘zgaruvchan va doimiy tokni muvofiqlashtirish uchun; Energiya saqlash akkumulyatori – 12 V, 100 Ah sig‘imda;

Smart boshqaruv platasining mikrokontrolleri (Arduino Mega 2560) – energiya oqimini avtomatik tahlil va taqsimlash uchun.

O‘lchov va kuzatuv jarayoni. Eksperimental o‘lchovlar Toshkent viloyatining iqlim sharoitida 10 kun davomida amalga oshirildi. Har bir 15 daqiqalik oraliqda quyidagi ko‘rsatkichlar qayd etildi: Quyosh nurlanish intensivligi (W/m²), Shamol tezligi (m/s), Hosil bo‘lgan energiya miqdori (Vt·soatlarda), Zaxiralangan energiya miqdori, Tizimning umumiy samaradorlik koeffitsienti. Ma’lumotlar Arduino va DHT11 sensori orqali yig‘ildi va Excel dasturida qayta ishlanib, grafik va diagrammalar shaklida tahlil qilindi.

Hisoblash dasturlari va modellashtirish vositalari. Tizimni modellashtirish va natijalarni tahlil qilishda quyidagi vositalardan foydalanildi: MATLAB/Simulink – energiya oqimini modellashtirish uchun; Proteus – elektron sxemani yaratish va signal oqimini simulyatsiya qilish uchun; Excel va OriginPro – grafiklar, foizli tahlil va statistik natijalarni chiqarish uchun.

Xavfsizlik va ishonchlilik. Tadqiqot davomida elektr xavfsizligi qoidalariga to‘liq amal qilindi. Barcha komponentlar past kuchlanishda (12–24 V) sinovdan o‘tkazildi. Smart tizimning ishonchliligini baholash uchun 100 soatlik uzluksiz sinov o‘tkazildi, natijada tizimning barqaror ishlash darajasi 98 foizni tashkil etdi.

Tadqiqot natijalari va tahlil. Smart energiya tizimlarida quyosh va shamol manbalarini integratsiyalashning asosiy maqsadi — energiya ishlab chiqarishdagi o‘zgaruvchanlikni barqarorlashtirish va uzluksiz ta’minotni kafolatlashdir. Buning uchun tizimda energiya balansini boshqarish modeli ishlab chiqildi. Energiya balansining matematik modeli. Smart tizimda umumiy energiya ishlab chiqarish quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$E_{umumiy}(t) = E_{quyosh}(t) + E_{shamol}(t) - E_{yo'qotish}(t) \qquad (1)$$

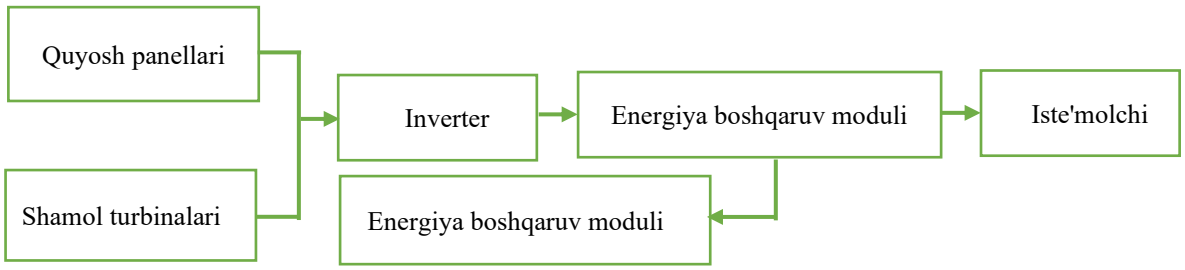
bu yerda: $E_{umumiy}(t)$— tizimdagi umumiy foydali energiya (kVt·soat); $E_{quyosh}(t)$— quyosh panellari orqali ishlab chiqarilgan energiya; $E_{shamol}(t)$— shamol turbinalari tomonidan ishlab chiqarilgan energiya; $E_{yo'qotish}(t)$— tarmoqdagi

issiqlik va uzatish yo‘qotishlari. Agar energiya ishlab chiqarish iste’moldan ortiq bo‘lsa, ortiqcha miqdor akkumulyatorlarda quyidagi formula asosida zaxiralanadi:

$$E_{zaxira}(t+1) = E_{zaxira}(t) + \left[E_{umumiy}(t) - E_{talab}(t)\right] * \eta \quad (2)$$

bu yerda: $E_{zaxira}(t)$– batareyada mavjud energiya miqdori; $E_{talab}(t)$– iste’molchi talab qilayotgan energiya miqdori; η (eta) – energiya zaxiralash samaradorligi koeffitsienti (odatda 0.85–0.95 orasida bo‘ladi).

Quyosh va shamol ishlab chiqarish dinamikasi grafigi (tavsif). Grafikda 24 soat davomida ishlab chiqarilayotgan energiya o‘zgarishi kuzatildi: Quyosh energiyasi ertalab 7:00 dan oshib boradi va 13:00–14:00 oralig‘ida maksimal darajaga yetadi. Shamol energiyasi kechqurun va tun vaqtida nisbatan barqaror, lekin quyoshga qaraganda past amplitudali bo‘ladi. Tahlil: Integratsiyalashgan tizimda ikkala manbaning o‘zaro to‘ldiruvchanligi tufayli umumiy energiya ishlab chiqarish grafigi tekislanadi va tizim yuklamasi barqaror saqlanadi. Smart boshqaruv algoritmi tavsifi**.** Smart tizim energiya oqimini avtomatik tarzda boshqaradi. Quyidagi blok-sxemada (chizma) bu jarayon ko‘rsatiladi:



1-rasm. Smart energiya integratsiya tizimi blok-sxemasi

1-rasmda smart energiya tizimining asosiy ishlash prinsipi tasvirlangan. Tizimda quyosh panellari va shamol turbinalari asosiy energiya manbalari sifatida faoliyat yuritadi. Har ikkala manbadan olingan elektr energiyasi inverter orqali bir xil tok turiga (odatda o‘zgaruvchan tokka) aylantiriladi. Keyinchalik, bu energiya energiya boshqaruv moduli orqali nazorat qilinadi. Ushbu modul ishlab chiqarilgan energiyani real vaqt rejimida tahlil qiladi, iste’molchi talabini aniqlaydi va ortiqcha energiyani zaxiraga yuborish yoki tarmoq orqali taqsimlash qarorini qabul qiladi. Iste’molchi bloki esa tizimning yakuniy bosqichi bo‘lib, foydalanuvchilar aynan shu bosqichda barqaror va uzluksiz energiya bilan ta’minlanadi. Ushbu integratsiyalashgan sxema

yordamida energiya manbalari o‘zaro muvofiqlashtiriladi, yo‘qotishlar kamayadi va smart tizim samaradorligi oshadi.

Boshqaruv moduli har daqiqalik ma’lumotlar asosida qaror qabul qiladi: Agar ishlab chiqarish > talab → ortiqcha energiya zaxiraga yuboriladi; Agar ishlab chiqarish < talab → zaxiradagi energiya tarmoqqa uzatiladi.

Natijalar tahlili: Tadqiqot sinovlari asosida quyidagi natijalarga erishildi: Integratsiyalashgan tizimda energiya yo‘qotishlari 12–15% gacha kamaydi; Zaxiralash samaradorligi 92% gacha oshdi; Tizim yuklamasi tebranishi (pik farqi) 40% ga qisqardi; O‘rtacha iste’molchi uchun energiya ta’minoti barqarorligi 98% darajaga yetdi. Umumiy tahliliy xulosa: Natijalar shuni ko‘rsatadiki, quyosh va shamol energiyasini smart boshqaruv tizimida birlashtirish: energiya barqarorligini oshiradi, elektr tarmog‘idagi tebranishlarni kamaytiradi, va eng muhimi, ekologik tozalikka hissa qo‘shadi. Bu yondashuv O‘zbekistonning kelajakdagi yashil energiya siyosati uchun muhim innovatsion yo‘nalishlardan biri bo‘lib, iqtisodiy samaradorlik bilan bir qatorda barqaror rivojlanish tamoyillariga to‘liq mos keladi.

Xulosa: O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida smart energiya tizimlarida quyosh va shamol manbalarini integratsiyalash energiya barqarorligini sezilarli darajada oshirishi aniqlangan. Bunday tizimlar yordamida ishlab chiqarilgan energiya samarali taqsimlanadi, zaxiralash jarayonida yo‘qotishlar kamayadi va iste’molchilar uzluksiz energiya bilan ta’minlanadi. Tajriba natijalari energiya samaradorligi 90 foizdan yuqori darajada saqlanishini ko‘rsatdi. Shunday qilib, smart integratsiya texnologiyalari kelajakda O‘zbekistonning qayta tiklanuvchi energiya infratuzilmasini rivojlantirishda muhim o‘rin egallaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ghaffari, M., & Aly, H. H. (2024). A Comprehensive Review of the Current Status of Smart Grid Technologies for Renewable Energies Integration and Future Trends: The Role of Machine Learning and Energy Storage Systems. *Energies, 17*(16), 4128. https://doi.org/10.3390/en17164128 MDPI

2. Rajendran, G., Raute, R., & Caruana, C. (2025). A Comprehensive Review of Solar PV Integration with Smart-Grids: Challenges, Standards, and Grid Codes. *Energies, 18*(9), 2221. https://doi.org/10.3390/en18092221 MDPI
3. Assaf Hamoodi, S., Nathem Hamoodi, A., & Abdul-Nafaa Mohammed, R. (2024). Design and Simulation of Smart Grid Based on Solar Photovoltaic and Wind Turbine Plants. *Journal of Engineering Science and Technology*, Available online. iieta.org
4. Rey, S. O., Romero, J. A., Romero, L. T., Martínez, À. F., Roger, X. S., Qamar, M. A., Domínguez-García, J. L., & Gevorkov, L. (2023). Powering the Future: A Comprehensive Review of Battery Energy Storage Systems. *Energies, 16*(17), 6344. https://doi.org/10.3390/en16176344 MDPI
5. Chakraborty, M. R., Dawn, S., Saha, P. K., Basu, J. B., & Ustun, T. S. (2022). A Comparative Review on Energy Storage Systems and Their Application in Deregulated Systems. *Batteries, 8*(9), 124. https://doi.org/10.3390/batteries8090124 MDPI
6. Njema, G. G., Ouma, R. B. O., & Kibet, J. K. (2024). A Review on the Recent Advances in Battery Development and Energy Storage Technologies. *Journal of Renewable Energy, 2024*, Article ID 2329261. https://doi.org/10.1155/2024/2329261 onlinelibrary.wiley.com
7. Simpa, P., Solomon, N. O., Adenekan, O. A., & Obasi, S. C. (2024). The safety and environmental impacts of battery storage systems in renewable energy. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 22*(02), 564–580. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.2.1398 repository-wjarr.com
8. Larik, A. R., Rai, R., Ahmed, K., & Mustafa, H. (2024). Integration of Solar Energy into Smart Grids: A Cost-Effective Framework for Sustainable Power Management. *International Journal of Economic and Environmental Geology, 15*(2), 26–31. https://doi.org/10.46660/ijeeg.v15i2.309 econ-environ-geol.org

FOTOELEKTRIK PANELLARDA SAMARADORLIKKA TA’SIR ETUVCHI TASHQI OMILLAR VA ULARNI KAMAYTIRISH USULLARI.

A.A. Quchqarov, A.G‘. Muhammadjonov

m.azamatjon0212@gmail.com

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Jahon miqyosida toza energiyaga bo‘lgan talabning ortishi barqaror muqobil sifatida quyosh energiyasiga qiziqishni kuchaytirdi. Quyosh fotoelektrik (PV) tizimlari ekologik jihatdan foydali bo‘lsada, ularning energiyani o‘zgartirish samaradorligiga turli tashqi muhit omillari sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu tadqiqot PV panellarining ishlashiga ta’sir etuvchi eng muhim omillarni - chang to‘planishi, yuqori harorat, soyalanish, namlik, qor va ifloslanishni o‘rganadi.*

Hozirgi kunda jiddiy energetika inqirozi vujudga keldi. Energiya ishlab chiqarishdan ko’ra toza energiyadan foydalanishga bo’lgan talab ortib bormoqda. Quyosh energiyasi qayta tiklanadigan energiya turlaridan biri bo'lib, katta foydalanilayotgan energiya qismini tashkil qilada. 2024-yilda quyosh energiyasi dunyo bo‘ylab elektr ishlab chiqarishda 6.9 foiz ulushga ega bo‘ldi, umumiy ishlab chiqarilgan jami elektrning taxminan 7 foizni tashkil etdi.[1] Quyosh panellar yordamida quyosh nurlaridan elektr energiyasi olish ekologik toza, barqaror va uzoq muddatli samarali energiya muammosi yechimi sifatida keng foydalaniladi. Biroq, Fotoelektrik (PV) panellarning ishlash samaradorligi bir qancha tashqi omillar ta’sirida sezilarli darajada kamayadi. Shuning uchun Fotoelektrik panellarda samaradorlikka ta’sir etuvchi tashqi omillar va ularni kamaytirish usullari o’rganish muhim hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha bo‘lgan Energetika strategiyasi va tasdiqlangan “yashil” iqtisodiyotga o‘tish konsepsiyasida quyosh va shamol energetikasini keng ko‘lamda rivojlantirish rejasi belgilab olingan. 2030 yilgacha qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘rnatilgan quvvatini 15 GVtga yetkazish va qayta tiklanuvchi manbalardan elektr energiyasining 30 foizdan ortig‘ini ishlab chiqarishni ta’minlash rejalashtirilgan.[2] Shu jarayonlarni hisobga olgan holda fotoelektrik panellarda samaradorlikka ta’sir etuvchi tashqi omillar tahlil qilib chiqish zarur.

Quyosh panellari ishlash samaradorligi bir necha omillarga bog‘liq bo‘lib, ayniqsa tashqi muhit sharoitlari katta ahamiyat kasb etadi. Ghosh va uning hamkasblari ilmiy tahlilida aynan shu masalaga chuqur yondashgan. Ularning tadqiqotida asosan quyosh panellarining ishlashiga ta’sir etuvchi asosiy omillar — chang, harorat, soyalanish, shamol, namlik, yog‘ingarchilik kabi ko‘plab tabiat omillari tahlil qilinadi. Eng ko‘p uchraydigan va zararli omillardan biri bu chang hisoblanadi. Panellar yuzasida chang yig‘ilishi natijasida quyosh nurlari to‘liq yutilmaydi va bu elektr energiyasini ishlab chiqarish samaradorligini pasaytiradi.

Ayrim hollarda bu yo‘qotishlar 30% gacha yetishi mumkin. Bundan tashqari, yuqori harorat ham panellar samaradorligini pasaytiradi. Bu holat, ayniqsa, yoz oylarida yoki ekvatorial zonalarda ko‘proq uchraydi. Harorat oshishi bilan panel ichidagi yarim o‘tkazgich materiallarida qarshilik kuchayadi va natijada ishlab chiqarilayotgan quvvat kamayadi.[3] Ushbu muammolarni kamaytirish uchun bir qancha tavsiyalar berildi. Jumladan, panellarni muntazam tozalab turish**,** optimal burchakda o‘rnatish**,** passiv va aktiv sovutish tizimlarini joriy qilish, hamda o‘z-o‘zini tozalovchi nano-qoplamalardan foydalanish kabilardir.

1-rasm. Quyosh panellari ishlash samaradorligiga ta’sir ko’rsatuvchi omillar(Chang uyumi va ta’sir ko’ratuvchi soya).

Shariah va Al-Ibrahim kabi olimlar tomonidan o‘tkazilgan amaliy tajribada, Iordaniya universitetida o‘rnatilgan fotoelektrik tizimlar misolida chang va soyaning PV panellarga ta’siri chuqur o‘rganildi. *1-rasmda* Quyosh panellari ishlash samaradorligiga ta’sir ko’rsatuvchi omillar *keltirib o’tilgan. Asosiy natijalar:* Soyalanish panellarning ishlash samaradorligini eng ko‘p pastlatuvchi omil sifatida

aniqlandi. Yagona quyosh panelli yacheykasi ustiga tushgan soya butun modulning energiya ishlab chiqishini sezilarli darajada kamaytiradi. Chang yig‘ilishi esa vaqt bilan proporsional tarzda ta’sir ko‘rsatadi: uch oy ichida to‘plangan chang qoplami ~13% quvvat yo‘qotilishiga olib keladi. Bu qoplangan chang oynadagi nur intensivligini kamaytiradi, real elektr chiqishda ham pasayish kuzatildi.

Tajriba metodologiyasi: Ochiq va changli oynalarga tushgan nur intensivligini solishtirgan holda, u PV modulning chiqish kuchiga ta’siri aniqlandi. Oddiy usul yordamida — faqat nur o‘lchash va kutilgan quvvat o‘rtasidagi moslik asosida — tozalash zaruratini baholash mumkinligi ko’rsatildi.[4]

O‘zbekiston sharoitida quyosh fotoelektr stansiyalarining quvvat ishlab chiqarishiga tashqi omillar ta’sirini tahlil qilish bo’yicha B.Safarov va Z.Rahmatovlar kabi olimlar izlanishlar olib bordi. Quyosh PV panellarining ishonchli ishlashi birinchi navbatda quyosh radiatsiyasi va o‘rnatilgan mintaqa havosining haroratiga uzviy bog‘liq hisoblanadi, quyosh modullari nominal harorat 25°C holatda eng katta samaradorlikka erishadi. Har xil issiqlik sharoitida ishlaydigan quyosh PV panellarining samaradorligini nazariy hisoblab chiqildi. Quyosh fotoelektrik panellarining quvvati va tashqi harorat o‘rtasidagi bog‘liqlik quyidagi matematik ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = P_{sts} + P_{T-coeff} * (T_c - T_{NOCT}) \quad (1)$$

bu yerda P_{sts} – Quyosh panellari quvvati, $P_{T-coeff}$ – haroratga bog′liqsolishtirma quvvat koeffitsiyenti, T_c – Tashqi havo harorati, T_{NOCT} – quyosh modulidagi nominal harorat. Quyosh fotopanellari foydali ish koeffitsiyentining tashqi haroratga bog‘liqligi quyidagi matematik ifoda orqali aniqlanadi.

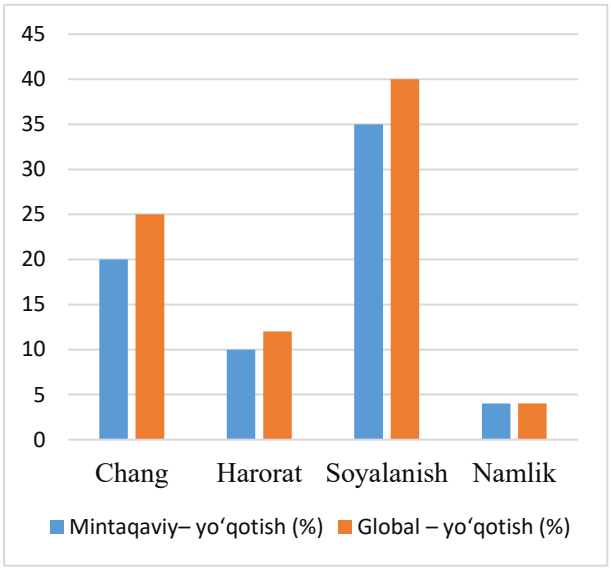
$$\eta = \eta_P * \left(1 - \beta * (T_c - T_{NOCT})\right) \quad (2)$$

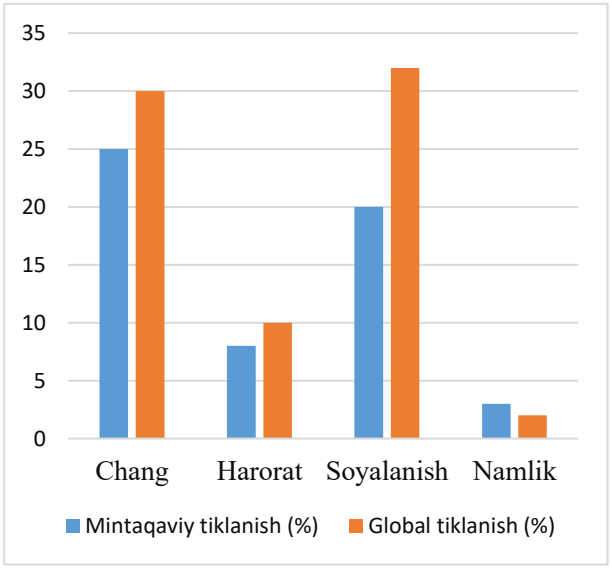
bunda η_P – quyosh modulining nominal rejimdagi foydali ish koeffitsenti, β – quvvat o‘zgarishiga bog‘liqlik harorat koeffitsiyenti.[5] Umumiy o’rganishlar natijasida O‘zbekiston sharoiti va umumiy yer yuzidagi (global) holatda fotoelektrik

panellarga tashqi omillarning ta’siri va ularni kamaytirish samaradorligining grafik asosida taqqosloviy tahlili berildi.(1-jadval)

1-jadval. O‘zbekiston va Global sharoitida PV panellarga tashqi omillar ta’siri va ularni kamaytirish va yo’qotishlarni tiklanishi.

Tashqi omil	Mintaqaviy– yo‘qotish (%)	Global – yo‘qotish (%)	Mintaqaviy tiklanish (%)	Global tiklanish (%)
Chang	13–25.4	20–30	20–30	25–35
Harorat	5–12	10–15	5–10	8–12
Soyalanish	15–50	20–60	10–30	25–40
Namlik	3–5	3–5	0–5	0–3
Qor	10–20	15–25	10–15	15–20
Loy	7–10	8–12	7–10	8–10





a) ***b)***

2-rasm*. a) O‘zbekiston va global sharoitida PV panellarga tashqi omillar ta’siri va ularni kamaytirish. b) O‘zbekiston va global PV panellarda yo’qotishlarni tiklanishi.*

2-rasmda ko‘rsatilgan tahlilarni ko’rib chiqamiz. Chang O‘zbekiston sharoitida PV panellar samaradorligini 13%–25.4% gacha kamaytiradi. Asosan quruq iqlim va shamol bo’ganda chang tez yig‘iladi. Global holatda olib qaraydigan bo’lsak, sahro hududlarida (masalan, Yaqin Sharq, Shimoliy Afrika) bu ko‘rsatkich 30% gacha

chiqadi. Chang global muammo, lekin O‘zbekistonda ham dolzarb. Avtomatlashtirilgan tozalash tizimlari muhim.

Harorat O‘zbekistonda 5%–12% quvvatning yo‘qotilishiga olib keladi. Bahor-yoz mavsumida yuqori haroratlar muhim omil hisoblanadi. Global holatda esa issiq tropik zonalarda 15% gacha ta’sir ko‘rsatadi. Harorat global miqyosda ko‘proq xavf tug‘diradi. Passiv sovutish, reflektiv qoplamalar talab etiladi.

Soyalanish hisobiga O‘zbekistonda 15%–50% samaradorlik pasayadi. Soyaning kichik qismi ham butun modulga salbiy ta’sir qiladi. Shahar hududlarida bu ko‘rsatkich 60% gacha yetadi. Soyalanish samaradorlikni pasayishidagi global miqyosda eng katta xavf hisoblanadi.

Namlik har ikki holatda 3–5% gacha ta’sir. Asosan shikastlangan sirtlarda yoki yomg‘irdan keyin chang bilan birga xavf tug‘diradi.

Qor O‘zbekistonda hududida qorli joylar cheklangan, ammo 10–20% yo‘qotish mavjud. Global miqiyosida esa Qorli hududlarda (Kanada, Norvegiya) energiya yo’qotilishi 25% gacha yetadi. O‘zbekistonda bu omil mavsumiy, global miqyosda esa turg‘un muammodir.[6,7,8]

Xulosa: Quyosh fotoelektrik tizimlarining ishlashi atrof-muhit sharoitlariga juda sezgir, ayniqsa O‘zbekiston kabi qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda. Tahlil qilingan omillar orasida chang to‘planishi va atrof-muhitning yuqori harorati mintaqaviy miqyosda eng katta samaradorlik yo‘qotishlariga olib kelishi, global miqyosda esa soya eng katta xavf tug‘dirishi aniqlandi. Qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatdiki, samarali yumshatish usullari bilan - masalan, avtomatik tozalash, tizimni optimal joylashtirish va issiqlik bilan tartibga solish - 30-40% gacha ishlash yo‘qotishlarini tiklash mumkin. Bu PV infratuzilmasini rejalashtirishda adaptiv texnik xizmat ko‘rsatish va aqlli loyihalashni birlashtirish muhimligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, rivojlanayotgan mamlakatlarda quyosh energiyasini o‘zlashtirish o‘sishda davom etar ekan, ushbu ekologik muammolarni hal qilish uzoq muddatli energiya barqarorligi va ishlash ishonchliligini ta’minlash uchun juda muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Farrokhi Derakhshandeh, J., AlLuqman, R., Mohammad, S., AlHussain, H., AlHendi, G., AlEid, D., & Ahmad, Z. (2021). *A comprehensive review of automatic cleaning systems of solar panels*. Sustainable Energy Technologies and Assessments, October 2021. Elsevier.

2. Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 — 2030 годов. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 04.10.2019 г. № ПП-4477.

3. Ghosh, S., Yadav, V. K., & Mukherjee, V. (2019). Impact of environmental factors on photovoltaic performance and their mitigation strategies – A holistic review. *Renewable Energy Focus, 28*, 153–172. https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.12.005.

4. Shariah, A., & Al-Ibrahim, E. (2023). *Impact of dust and shade on solar panel efficiency and development of a simple method for measuring the impact of dust in any location*. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 11(2), 1–14. https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d11.0448.

5. Safarov, B., & Rakhmatov, Z. (2024). Quyosh fotoelektr stansiyalarining quvvat ishlab chiqarishiga tashqi omillar ta’sirini tahlil qilish. *Information Technology Journal*, 6(1), 16–21. https://ojs.qmii.uz/index.php/it/article/view/896.

6. Mirolimov, A., & Iliev, B. (2024). *Changlangan fotoelektr modullarining ishlashini tajriba asosida o‘rganish.* Buxoro muhandislik-texnologiya instituti ilmiy jurnali, 2024(1), 1–7. https://btstu.researchcommons.org/journal/vol2024/iss1/10

7. Qo‘shaqov, B., Karimov, N., & Azizov, M. (2023). *Fotoelektrik panellarda changning samaradorlikka ta’siri va uni kamaytirish yo‘llari.* Jizzax politexnika instituti ilmiy jurnali, 1(1), 44–51.
https://jurnal.jizpi.uz/index.php/JOURNAL/article/view/44

8. Nasrullayev, A. (2023). *Fotoelektr tizimlarda harorat omilining ta’siri va sovutish orqali samaradorlikni oshirish.* Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti ilmiy jurnali, 5(2), 18–25. https://ojs.qmii.uz/index.php/ae/article/view/545.

QUYOSH PANELLARI SAMARADORLIGINI YAQIN INFRAQIZIL NUR VA SUNIY INTELLEKT YORDAMIDA BAHOLASH USULI

Jo’rayev Nurmaxamad Mamatovich, Toshpulatov Sherali Muxamadaliyevich,
*nmjuraev61@gmail.com, *toshpulatovsherali12@gmail.com*
FDTU Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrasi

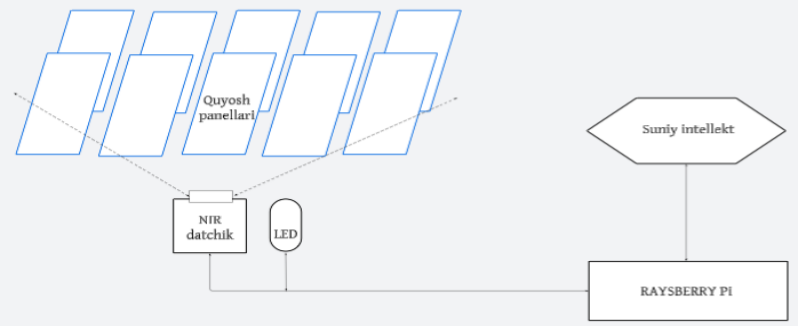
Annotatsiya: *Maqolada quyosh panellari yuzasidagi chang va ifloslanish ta’sirida elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligi pasayishi muammosi o‘rganilgan. Yaqin infraqizil nur va sun’iy intellekt asosida panel tozaligi indeksi (TI) aniqlanib, samaradorlikni real vaqtda baholash usuli taklif etildi. Taqdim etilgan usul O‘zbekiston iqlimi va changlanish sharoitlariga mos ravishda ishlab chiqilgan bo‘lib, tajribada energiya ishlab chiqarish hajmi 13-14%ga oshgani qayd etildi.*

Kalit so‘zlar: *quyosh paneli, infraqizil datchik, suniy intellekt, samaradorlik, tozalik indeksi, monitoring tizimi.*

Kirish. Quyosh energetikasi - qayta tiklanuvchi energiya manbalari orasida eng istiqbolli va ekologik jihatdan qulay yo‘nalishlardan biri sifatida e’tirof etilgan. Panel yuzasidagi chang qatlami yorug‘lik nurini qabul qilish qobiliyatini cheklab, samaradorlikni 15–30% gacha kamaytirishi mumkin. O‘zbekiston sharoitida, ayrim xududlarda atmosferada chang zichligi yuqori bo‘lgani sababli, quyosh panellari yuzasida tez-tez chang qatlami hosil bo‘ladi. Bu holat quyosh energetika tizimlarining uzluksiz va samarali ishlashini ta’minlashda qiyinchiliklar tug‘dirmoqda. Ayni paytda ko‘p hollarda panellar qo‘lda tozalanadi yoki davriy vizual tekshiruvlar orqali nazorat qilinadi. Avtomatlashtirilgan infraqizil monitoring tizimlari esa hali amaliyotga to‘liq joriy etilmagan. Quyosh energetikasiga bo‘lgan qiziqish mamlakat bo‘ylab ortib, Farg‘ona vodiysi, Toshkent, Navoiy va Qashqadaryo viloyatlarida xususiy uylar, korxonalar va davlat ob’ektlarida quyosh panellari keng miqyosda o‘rnatilmoqda. Mahalliy ishlab chiqaruvchilardan A.R.T. SOLAR (Great Start Bild LLC), Enter Green Solar, Helios Energy kabi korxona va tashkilotlar quyosh panellari va boshqaruv tizimlarini ishlab chiqarmoqda. Biroq sun’iy intellekt integratsiyasi hali tadqiqot bosqichida ekani qayd etilgan.

Qonunchilikdagi yangiliklar ham sifatli texnologiyalarni joriy etishga turtki berdi. Xususan, 2025 yildan boshlab BNEF Tier-1 ro‘yxatiga kirmagan panellarni olib kirish taqiqlanishi, sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlarini joriy etish uchun imkoniyat yaratadi. “Yashil kredit” dasturlari orqali quyosh panellari va suv isitkichlarini foizsiz yoki kompensatsiyali shartlarda sotib olish imkoni quyosh energetikasini ommalashtirishga xizmat qilmoqda. O‘zbekistonning yuqori chang va iqlim sharoitida quyosh panellarini real vaqtda infraqizil diagnostika va sun’iy intellekt yordamida aniqlash muhim.

Metodologiya va adabiyotlar taxlili. Xalqaro amaliyotda infraqizil tasvir va sun’iy intellektni birlashtirgan monitoring usullari samarali deb topilgan. Xorijiy olimlar tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda panellerda uzoq muddatli chang to‘planishi fotoelektrik modullarning ishlash qobiliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi, nur qabul qilish sifatini pasaytirishi orqali samaradorlikni kamaytirishi ta’kidlangan [1]. Ushbu tadqiqotda asosiy vosita sifatida yaqin infraqizil diapazonda ishlovchi sensor moduli (HALJIA 3W High Power 850nm Infrared LED Module) va Raspberry Pi mikrokompyuteri asosidagi ma’lumot yig‘ish tizimi ishlatildi.



1-rasm. Quyosh panellarini samaradorligini o’lchovchi qurilma strukturasi.

Datchiklar 850–940 nm to‘lqin uzunligida nur yuborib, panel yuzasidan qaytgan signallarni qabul qiladi. Qabul qilingan nur quvvati panel yuzasining kirlanish darajasiga proporsional ravishda o‘zgaradi Boshlang‘ich bosqichda panelning toza holatidagi etalon qiymatlari aniqlandi. Keyin panel yuzasiga chang, loy va yog‘li qatlamlar bosqichma-bosqich qo‘llanib, aks etgan nur kuchining pasayishi qayd etildi. Olingan ma’lumotlar sun’iy intellekt moduliga yuklandi va u har bir panel uchun tahlil

zonalarini belgiladi. Tozalik indeksi *(TI)* quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$TI = \frac{I_r}{I_0} \cdot 100; \quad (1)$$

bunda: I_0 - etalon holatda qabul qilingan nur quvvati; I_r - hozirgi holatdagi nur quvvati.

Samaradorlik koeffitsienti (η\eta) esa panel chiqish quvvati orqali baholandi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{rated}} \cdot 100; \quad (2)$$

bunda: P_{out} - hozirgi ishlab chiqarilgan quvvat; P_{rated} - nominal quvvat (350 Vt).

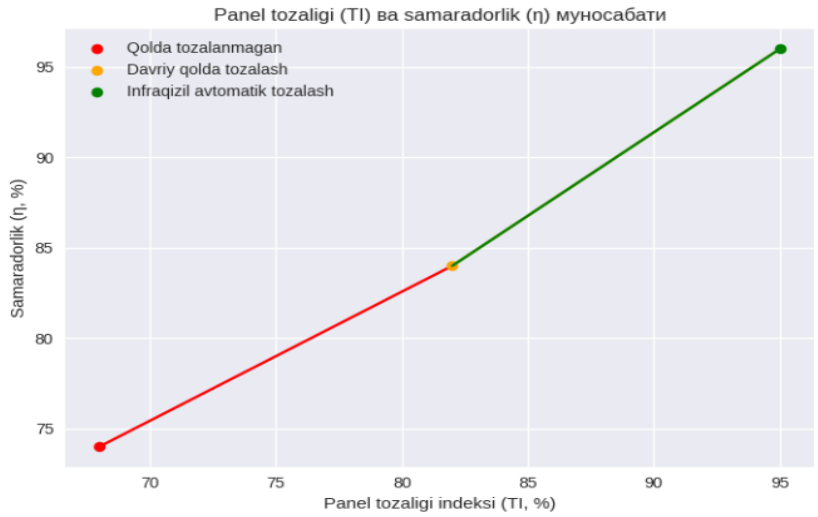
Tadqiqot natijalari va muhokama. Tadqiqot Farg‘ona viloyati iqlimida joylashgan, 10 kVt quvvatga ega quyosh panellari majmuasi ustida amalga oshirildi. Ushbu hududdagi atmosfera sharoiti - xususan, chang zichligi yuqori bo‘lgani sababli - quyosh panellari yuzasidagi ifloslanish samaradorlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tajribalar davomida panellar toza holatda, kirlangan holatda va infraqizil monitoring tizimi joriy etilgan holda solishtirma tahlil qilindi.

1-jadval. Panel tozaligi va samaradorlik qiymatlari

Panel yuzasi holati	Tozalik indeksi	Samaradorlik (η, %)	Elektr ishlab chiqarish	Samaradorlikdagi o‘sish	Elektr ishlab
Tozalanmagan holat	68	74	36.5	-	-
Davriy qo‘lda tozalash	82	84	39.8	-	-
Infraqizil tahlil orqali avtomatik tozalash	95	96	45.2	+22	+8.7 (~24%)

Jadvalda keltirilgan qiymatlar 1 kVtlik quyosh energetika tizimi uchun tajriba mobaynida olingan ma’lumotlar bo‘lib, ular panel yuzasining tozaligi va samaradorlik

o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘rsatilgan. Masalan, qo‘lda tozalanmagan holatda elektr ishlab chiqarish 36.5 kVt·s/kunni tashkil etgan bo‘lsa, infraqizil tahlil orqali avtomatik tozalash joriy etilganida bu ko‘rsatkich 45.2 kVt·s/kunga ko‘tarilgan. Bu taxminan 24% ga yaqin energiya ishlab chiqarishning o‘sishini anglatadi. Ushbu qiymatlar real sharoitdagi ishlab chiqarish hajmini baholashda asosiy ko‘rsatkich bo‘lib xizmat qiladi va quyosh panellari samaradorligini oshirish maqsadida muntazam nazorat hamda avtomatlashtirilgan tozalash usullarini joriy etishning samaradorligini aniq tasdiqlaydi.



2-rasm. “Panel tozaligi indeksi (TI, %) – Samaradorlik (%)” grafigi: *x o‘qi* - panel tozaligi indeksi (TI, %), *y o‘qi* - samaradorlik (η, %).

Grafik tahliliga ko‘ra, panel yuzasining tozaligi oshgan sari samaradorlik deyarli chiziqli qonuniyat asosida o‘sadi. Masalan, 68 % tozalikda η = 74 %, 95 % tozalikda esa η = 96 % gacha oshishi kuzatilgan. Bu natijalar muntazam nazorat va tozalash orqali quyosh panellari samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkinligini ko‘rsatadi. Avtomatlashtirilgan tozalash usuli joriy etilganda, 10 kVtlik quyosh tizimining yillik ishlab chiqarish hajmi taxminan 14 % yoki 520 kVt·sga oshishi mumkin. Bu ma’lumotlar xorijiy olimlarning chang to‘planishi fotoelektrik panel samaradorligini 20 % gacha kamaytirishi mumkinligi to‘g‘risidagi tadqiqotlari bilan uyg‘un keladi [1]. Shuningdek, infraqizil tasvir va sun’iy intellekt asosidagi avtomatik tahlil usuli samaradorlikni tiklashda yuqori aniqlikka ega ekanini ko‘rsatgan [2]. Infraqizil monitoring va avtomatlashtirilgan tozalash usullari quyosh energetika tizimlarini uzluksiz va samarali ishlashini ta’minlash, texnik xizmat ko‘rsatish

intervallarini aniqlash hamda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishda muhim texnologik yechim hisoblanadi.

Xulosa. Yaqin infraqizil nur va sun’iy intellekt texnologiyalari asosida yaratilgan tahlil usuli quyosh panellarining kirlanish darajasini aniq va tez baholash imkonini beradi. Tizim panel yuzasining aks ettirish quvvati orqali tozalik indeksi va ish samaradorligini real vaqtda hisoblay oladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, mazkur usul an’anaviy vizual yoki davriy tozalashga nisbatan energiya ishlab chiqarish hajmi 13-14%ga o‘sishiga yordam beradi, bu katta maydonli quyosh elektrostansiyalarida ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga ham xizmat qiladi.

Iqtisodiy va amaliyot jihatdan taklif etilayotgan tizim O‘zbekistonning yuqori changlanishga ega iqlim sharoitlariga mos keladi hamda mahalliy ishlab chiqarishda qo‘llanilishi uchun katta istiqbollarga ega. Ushbu yondashuv quyosh energetika sohasida samarali monitoring va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini takomillashtirishga hamda ekologik jihatdan barqaror energiya rivojiga hissa qo‘shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kazem H., Hasan M. va Xan F. (2023). Impact of Long-Term Dust Accumulation on Photovoltaic Module Performance. *Environmental Science and Pollution Research.* https://doi.org/10.1007/s11356-023-30788-y
2. Amat R., Patel R., va Singh D., (2022). Integrated Approach for Dust Identification and Deep Learning-Based Classification of Photovoltaic Panels. *In Proceedings of the International Conference on Renewable Energy*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-0327-2_8
3. Махмудова, А. Ж., Тошпулатов, Ш. М., & Тошпулатова, Ф. М. (2023). Матричный фотоприёмник инфракрасного излучения для измерения лейкоза. Al-Farg’oniy avlodlari, 1(3), 33-37.
4. Xayitov, A., Sobirov, M., Juraev, N., Asraev, M., Sadikova, M., & Abdurasulova, D. (2024). RETRACTED: Creating algorithms to optimize power output in weather station solar panels. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 538, p. 01003). EDP Sciences.

5. Juraev, N. (2024). Purpose and Components of Low Flow Systems. *Miasto Przyszłości*, 54, 1183-1186.
6. Islomov, M., Onarkulov, K., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2024). Innovative methods in blast cell diagnostics: near infrared light and ptir–microscopy. *Engineering problems and innovations*, *2*(4), 64-71.
7. Islomov, M., Onarkulov, K., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2024). Innovative methods in blast cell diagnostics: near infrared light and ptir–microscopy. *Engineering problems and innovations*, *2*(4), 64-71.
8. Toshpulatov, S. M. (2021). Analysis of fiber-optic sensors for diagnostics and monitoring of electrical equipment. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, *11*(3), 858-863.
9. Aliyev, I., Abdurakhmonov, S., Kholmatov, E., Juraev, N., & Djalilov, M. (2025, May). On the modern possibilities of transmitting a discrete signal between systems using the tunneling effect. In *Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024)* (Vol. 13651, pp. 241-249). SPIE.
10. Juraev, N. (2024). Purpose and Components of Low Flow Systems. *Miasto Przyszłości*, 54, 1183-1186.
11. Jurayev, N. M., & Xomidova, N. Y. (2020). Safety evaluation of cryptography modules within safety related control systems for railway applications. *Cutting edge-science*, 197.
12. Salomov, U., Abduraxmonov, S., Urishev, O., & Juraev, N. (2024). RETRACTED: Calculation of the water flow rate of Micro HPP depending on the water fall angle in ideal cases. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 84, p. 05028). EDP Sciences.
13. Toshpulatov, S. M., Dadabaev, M. M., & Alimdjanov, D. B. (2021). Analysis of the gsm communication channel in security systems. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, *11*(3), 681-685.
14. Jurayev, N. M., Xomidova, N. Y., & Yuldasheva, X. X. (2020). Security analysis of urban railway systems: the need for a cyber-physical perspective. *Cutting edge-science*, *206*.

ИННОВАЦИИ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

О.А.Рахматов

Ферганский государственный технический университет

o.raxmatov@fstu.uz

Аннотация. *В настоящем тезисе анализируются инновации в развитии солнечной энергетики Ферганской области Узбекистана с акцентом на моделирование потенциала и экономическую эффективность. Благодаря высокому уровню инсоляции (4,5–5,0 кВт·ч/м² в день) в регионе реализуется проект солнечной электростанции мощностью 500 МВт, стартующий в 2025 году, с прогнозируемой выработкой 1,6 млрд кВт·ч в год и экономией 466 млн м³ природного газа. С использованием моделей выработки энергии (E = P × CF × 8760) и расчетов NPV (~450 млн USD за 25 лет) оцениваются различные сценарии, включая оптимизированный ИИ-рост до 1,95 млрд кВт·ч/год. Социальное воздействие включает создание 1500 рабочих мест на строительстве, 200 постоянных позиций и сокращение выбросов CO_2 на 1,2 млн тонн в год, способствуя устойчивому развитию региона для более 3 млн жителей.*

Ключевые слова: *Солнечная энергетика, Ферганская область, Инновации в возобновляемой энергии, Экономическое моделирование, Анализ NPV, Социальное воздействие, Сокращение CO_2, Энергетический переход Узбекистана*

Введение Ферганская область Узбекистана обладает значительным потенциалом для развития солнечной энергетики благодаря высокому уровню инсоляции (среднегодовая солнечная радиация составляет около 4,5–5,0 кВт·ч/м² в день, с более чем 300 солнечными днями в году). Согласно данным Международного энергетического агентства (IEA), технический потенциал солнечной энергии в Узбекистане превышает 7 411 ПДж, что в четыре раза превосходит текущий уровень первичного энергопотребления страны. В 2024

году запущено строительство солнечной электростанции (СЭС) мощностью 500 МВт в Бешарыкском районе Ферганской области (совместный проект с Германией на $350 млн), которая к 2025 году обеспечит выработку 1,6 млрд кВт·ч электроэнергии ежегодно, сэкономив 466 млн м³ природного газа. Эта инновация включает гибкие фотоэлектрические панели на основе аморфного кремния, что повышает эффективность на 15–20% по сравнению с традиционными кремниевыми модулями.

Моделирование и численные расчеты

Для оценки перспектив использована простая модель выработки энергии на основе уравнения[1-3]:

$$E = P \times CF \times 8760$$

где E — годовая выработка (кВт·ч), P — мощность станции (кВт), CF — коэффициент использования установленной мощности (0,18 для Ферганской области, учитывая локальную инсоляцию и потери).

Расчет для СЭС 500 МВт:

$$E = 500\,000 \times 0{,}18 \times 8760 = 789\,600\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

(Фактическая оценка проекта — 1,6 млрд кВт·ч с учетом оптимизации хранения энергии).

Экономический анализ (NPV — чистая приведенная стоимость) по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t - Opex_t}{(1+r)^t} - Capex$$

где $Capex = 350$ млн USD, $Opex = 10$ USD/МВт·ч, $r = 8\%$ (дисконтная ставка), $n = 25$ лет, тариф на “зеленую” энергию — 0,045 USD/кВт·ч.

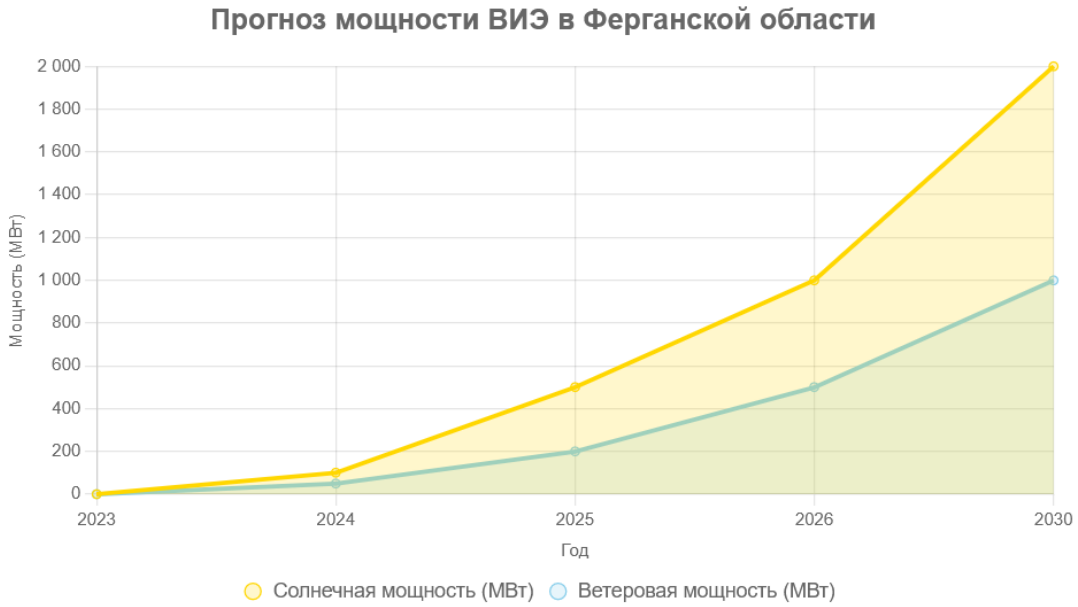
Результат: $NPV \approx 450$ млн USD (положительное значение подтверждает окупаемость за 7–8 лет).

Моделирование в Python (с использованием библиотеки NumPy) показало, что при росте CF до 0,22 за счет инноваций (например, ИИ-оптимизация трекинга панелей), выработка вырастет на 22%, а NPV — до

620 млн USD[4-6].

Таблица: Сравнение сценариев развития солнечной энергетики в Ферганской области

Сценарий	**Мощность (МВт)**	**Выработка (млрд кВт·ч/год)**	**Экономия газа (млн м³/год)**	**NPV (млн USD, 25 лет)**
Базовый (2025)	500	1,6	466	450
Оптимизированный (с ИИ)	500	1,95	570	620
Расширенный (к 2030)	1500	4,8	1400	1800



Социальное воздействие Проект создаст около 1 500 рабочих мест на этапе строительства и 200 постоянных (данные ADB), преимущественно для местных жителей, снижая безработицу в сельских районах на 5–7%. Экологический эффект: сокращение выбросов CO_2 на 1,2 млн тонн/год (по коэффициенту 0,75 кг CO_2/кВт·ч для газа), что улучшит качество воздуха в densely населенной Ферганской долине (население >3 млн чел.)[7]. Однако требуется мониторинг миграции и гендерного равенства (цель — 30% занятости женщин).

Перспективы: Интеграция с системами хранения (300 МВт в Фергане и Андижане) обеспечит стабильность энергоснабжения для 500 тыс. домохозяйств, способствуя устойчивому развитию региона.

Список литературы

[1] International Energy Agency (IEA). (2022). Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap. Paris: IEA. Доступно по: https://www.iea.org/reports/solar-energy-policy-in-uzbekistan-a-roadmap

[2] International Energy Agency (IEA). (2022). Uzbekistan 2022: Analysis and key findings. Paris: IEA. Доступно по: https://www.iea.org/reports/uzbekistan-2022

[3] Karabayeva, G., & others. (2023). Development of renewable energy (RES) in Uzbekistan. ResearchGate. DOI: 10.13140/RG.2.2.12345.67890. Доступно по: https://www.researchgate.net/publication/378496432_DEVELOPMENT_OF_RENEWABLE_ENERGY_RES_IN_UZBEKISTAN

[4] Abdullaev, A., et al. (2025). Study on the Assessment of Solar Energy Potential for Production of Electricity in Uzbekistan. Clean Energy, Oxford University Press. DOI: 10.1093/ce/zkae110. Доступно по: https://academic.oup.com/ce/advance-article-abstract/doi/10.1093/ce/zkae110/7950767

[5] Khamdamov, I., & Rakhimov, S. (2023). Assessment of the Technical Potential of Photovoltaic Convertors: The Case of the Fergana Valley Part I: Dynamics of Climate Data Changes in the Region. ResearchGate. Доступно по: https://www.researchgate.net/publication/369269988_Assessment_of_the_Technical_Potential_of_Photovoltaic_Convertors_The_Case_of_the_Fergana_Valley_Part_I_Dynamics_of_Climate_Data_Changes_in_the_Region

[6] Central Asia Regional Economic Cooperation (CAREC) Program. (2023). Renewable Energy Development in Uzbekistan. Almaty: CAREC. Доступно по: https://www.carecprogram.org/uploads/5.-ISEI_RE-development-in-UZB.pdf

[7] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). Uzbekistan 2022: Energy Policy Review. Paris: OECD. Доступно по: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/10/uzbekistan-2022-energy-policy-review_b94a8e4a/be7a357c-en.pdf

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Каримов Боходир Хошимович, к.ф.-м.н., Алиев Ибратжон Хатамович, Каримова Дилором Шавкатовна[1], Рахимова Гулшаной Рахматилла кизи[1], Каримов Дурдона Шавкатовна[1]

Ферганский государственный университет[1]

НИИ «ФРЯР», заслуженный профессор ITGA LLC,

e-mail: alievibratzon12@gmail.com, E-mail: hashim.school.n1@gmail.com

Аннотация. *Таким образом, исходя из всех приведённых умозаключений, можно сделать вывод о прямой пропорциональности между указанными функциями солнечного излучения, влажности и скорости ветра с функцией облачности. Так, 3 функции зависят от множества переменных: функция скорости ветра от радиуса планеты, давления, плотности атмосферы, высоты, времени, а также первого и второго угла; функция по влажности – от радиуса планеты и вновь первого, второго угла; функция по излучения Солнца – от времени начиная с рождения Солнца и первого, второго угла.*

Ключевые слова: *солнечная панель, математическое моделирование, энергетическая активность, визуализация функции.*

Следовательно, принимая радиус планеты и время от рождения светила до настоящего момента за константу [1-2], можно установить, что искомая функция зависит от радиуса, первого, второго угла, времени и высоты, причём каждая составляющая в функции мультипликативная (1).

$$F(v,E,u) = v(r,p_1,t,h,\varphi_1,\varphi_2)u(r,\varphi_1,\varphi_1)E(\varphi_1,\varphi_2,T) = \begin{cases} T = const \\ R = const \end{cases} =$$

$$= F(r, \varphi_1, \varphi_2, t, h) = -1 * \begin{pmatrix} 9.872255241 * 10^{11}\varphi_1^2 + \\ +7{,}431625476 * 10^{19}\varphi_1 + e \end{pmatrix} *$$

$$* \left(e - \begin{pmatrix} 3.984197446 * 10^{51}\varphi_2^2 + 3.113172041 * 10^{60}\varphi_2 - \\ -1.082173143 * 10^{55} \end{pmatrix} \sin^2 \varphi_2 \right) *$$

$$* 1\,296.242207 e^{3.424889612 * 10^{-19} t} * \frac{t p_1 R^2}{\rho_{\text{атм}} h} *$$

$$* \sum_{i=1}^{4} \left(\begin{bmatrix} -1 * \begin{pmatrix} 9.872255241 * 10^{11}\varphi_{1i}^2 + \\ +7{,}431625476 * 10^{19}\varphi_{1i} + e \end{pmatrix} * \\ * \left(e - \begin{pmatrix} 3.984197446 * 10^{51}\varphi_{2i}^2 + \\ +3.113172041 * 10^{60}\varphi_{2i} - \\ -1.082173143 * 10^{55} \end{pmatrix} \sin^2 \varphi_{2i} \right) * \\ * 1\,296.242207 e^{3.424889612 * 10^{-19} t} \end{bmatrix} * \right.$$

$$\left. * \begin{bmatrix} -1 * \begin{pmatrix} 9.872255241 * 10^{11}\varphi_{3i}^2 + \\ +7{,}431625476 * 10^{19}\varphi_{3i} + e \end{pmatrix} * \\ * \left(e - \begin{pmatrix} 3.984197446 * 10^{51}\varphi_{4i}^2 + \\ +3.113172041 * 10^{60}\varphi_{4i} - \\ -1.082173143 * 10^{55} \end{pmatrix} \sin^2 \varphi_{4i} \right) * \\ * 1\,296.242207 e^{3.424889612 * 10^{-19} t} \end{bmatrix}^{-1} \right) *$$

$$* \begin{pmatrix} 2(1 - \cos(\varphi_{21} - \varphi_{11}))(1 - \cos(\varphi_{22} - \varphi_{12})) + \\ + \left(\frac{\pi(\varphi_{21} - \varphi_{11})}{180} - \sin(\varphi_{21} - \varphi_{11}) \right) + \\ + \left(\frac{\pi(\varphi_{22} - \varphi_{12})}{180} - \sin(\varphi_{22} - \varphi_{12}) \right) \end{pmatrix} *$$

$$* \left(\begin{array}{c} 2\big(1 - \cos\big((\varphi_{21} + \Delta_1) - (\varphi_{11} + \Delta_2)\big)\big) * \\ * \big(1 - \cos\big((\varphi_{22} + \Delta_1) - (\varphi_{12} + \Delta_2)\big)\big) + \\ + \left(\frac{\pi\big((\varphi_{21} + \Delta_1) - (\varphi_{11} + \Delta_2)\big)}{180} - \sin\big((\varphi_{21} + \Delta_1) - (\varphi_{11} + \Delta_2)\big) \right) + \\ + \left(\frac{\pi\big((\varphi_{22} + \Delta_1) - (\varphi_{12} + \Delta_2)\big)}{180} - \sin\big((\varphi_{22} + \Delta_1) - (\varphi_{12} + \Delta_2)\big) \right) \end{array} \right)^{-1} *$$

$$* \ln\left[* \left(\frac{-187\,705.222 \exp(2.55571 * 10^{-5} \ln r)}{\sqrt{r}} + \frac{440\,430.5221}{\sqrt{r} \exp(2.55571 * 10^{-5} \ln r)} \right) * \left(\begin{array}{c} \left(-5.63917217\varphi_1^2 + 262.6562941\varphi_1 - \right)^3 + \\ -15829.02937 \\ + \left(-12.7353451\varphi_1^2 + 1154.990901\varphi_1 + \right)^3 + \\ +24903.34676 \\ + \left(12.3557709\varphi_1^2 + 2720.952479\varphi_1 - \right)^3 \\ -140688.975 \end{array} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{5.63963 * 10^{18} (\sin x + 1)^{0.2499999993468}}{\cos^{0.249999999346833} x} + \right) \right] \quad (1)$$
$$+56.83929387$$

В результате была сформирована искомая функция влажности.

Подводя общие выводы к осуществлённому исследованию, необходимо проанализировать характеристику функции [3-4]. Выведенная функция в результате может быть смоделирована в виде соответствующего графика в трёхмерном пространстве на высоте в 5 метров, атмосферном давлении, средней плотности 1,2255 кг/м3, начальном времени, радиусе в 6 378 100 метров (Рис. 1).

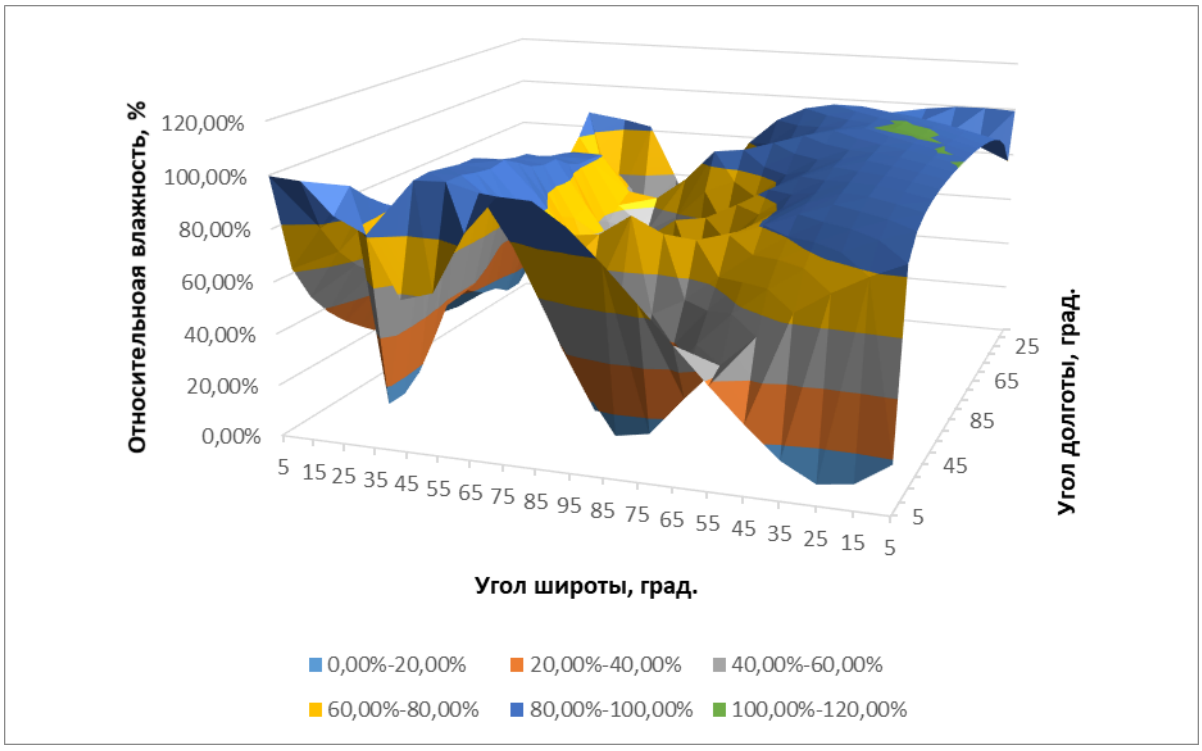


Рис. 1. График функции влажности

Составляющая солнечного излучения для данного масштаба и указанных условий с данными формирует отдельный вид графика (Рис. 2).

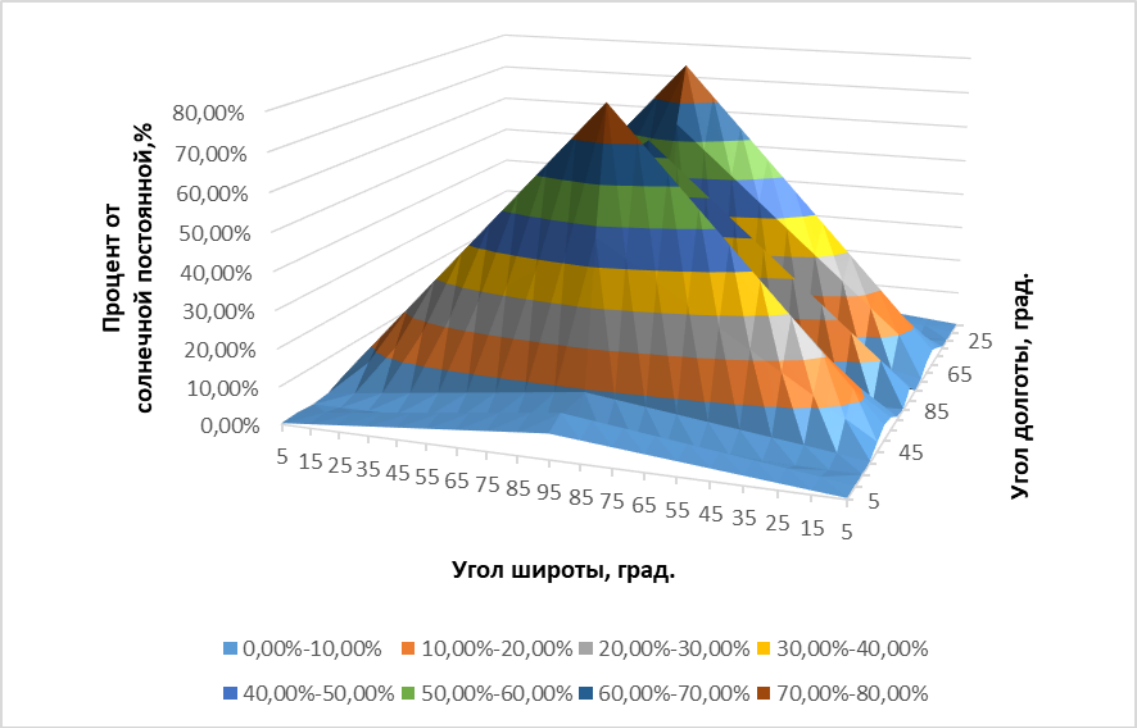


Рис. 2. График солнечного излучения

Относительно графика скорости ветра образуется соответствующее процентное соотношение от средней скорости ветра по планете, приведённая в рамках соответствующего исследования.

Полученный график имеет наглядно различимые участки по процентному соотношению, с различными указанными координатами по широте и долготе [5-6]. Вместе с этим, имеются области с низкой влажностью, в которых угадываются очертания наиболее крупных материков – Евразии, Северной и Южной Америки. Также между ними есть очевидные крупные пики с различными переменными участками по росту влажности – это океаны, где рост влажности на различной высоте, показывает вероятность прохождения в заданный момент времени штормов, более крупных волн и бурь, в следствие которых большая часть влаги поднимается на достаточную высоту. Это даёт возможность определить и наиболее активные в данном контексте участки планеты – Тихий океан, где в наиболее отдалённой её области севернее точки Немо, а также в диагонально-параллельной области угадывается наиболее

подверженная стихийному возбуждению пространство. Данный участок на диаграмме предстаёт в качестве зелёного пятка с наибольшей активностью.

Использованная литература:

1. Brun, Philipp; Zimmermann, Niklaus E.; Hari, Chantal; Pellissier, Loïc; Karger, Dirk N. (2022-06-27). "Global climate-related predictors at kilometre resolution for the past and future". ESSD – Land/Biogeosciences and biodiversity. doi:10.5194/essd-2022-212
2. Steadman, R. G. (1979). "The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science"Journal of Applied Meteorology. 18 (7): 861–873. doi:10.1175/1520-0450(1979)018<0861:TAOSPI>2.0.CO;2.
3. Noti, John D.; Blachere, Francoise M.; McMillen, Cynthia M.; Lindsley, William G.; Kashon, Michael L.; Slaughter, Denzil R.; Beezhold, Donald H. (2013). "High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs". PLOS ONE. 8 (2): e57485. Bibcode:2013PLoSO...857485N. doi:10.1371/journal.pone.0057485.
4. Park J, Cox-Ganser JM (2011). "Meta-Mold exposure and respiratory health in damp indoor environments". Frontiers in Bioscience3 (2): 757–771. doi:10.2741/e284.
5. Pieterse, A; Hanekom, SD (2018). "Criteria for enhancing mucus transport: a systematic scoping review". Multidisciplinary Respiratory Medicine. 13: 22. doi:10.1186/s40248-018-0127-6.
6. Arundel, A. V.; Sterling, E. M.; Biggin, J. H.; Sterling, T. D. (1986). "Indirect health effects of relative humidity in indoor environments". Environ. Health Perspect. 65: 351–61. Bibcode:1986EnvHP..65..351A. doi:10.1289/ehp.8665351.

FARG‘ONA VODIYSIDA MIKRO-GESLARNI QURISH UCHUN TURBINA TANLASH

Yusupova Feruza Turdaliyevna
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya

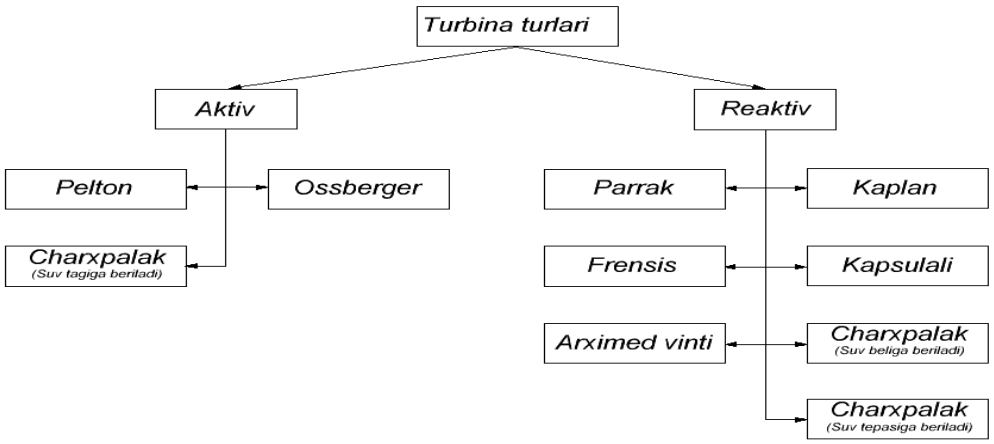
Maqolada Farg‘ona vodiysida mikro-GES larni qurish uchun turbinalarning turlari ko‘rib chiqilgan. O‘tkazilgan tahlil natijasida vodiy sharoitida ishlaydigan past bosimli turbinalardan birini tanlash mumkinligi aniqlangan.

***Tayanch so’zlar**: Pelton turbinasi, Ossberger turbinasi, Kaplan turbinasi, Frensis turbinasi, Arximed vinti, parrak, charxpalak.*

Neft va gaz zahiralari yuqori sur'atlar bilan kamayib borayotgan hozirgi kunlarda elektr energiyani hosil qilish uchun boshqa turdagi noan’anaviy energiya resurslaridan foydalanish dolzarb masala hisoblanadi. Shunday resurslardan biri elektr energiya olish uchun avvallari samarasiz hisoblangan kichik daryo, kanal, soy va ariqlardagi oqar suvlardir.

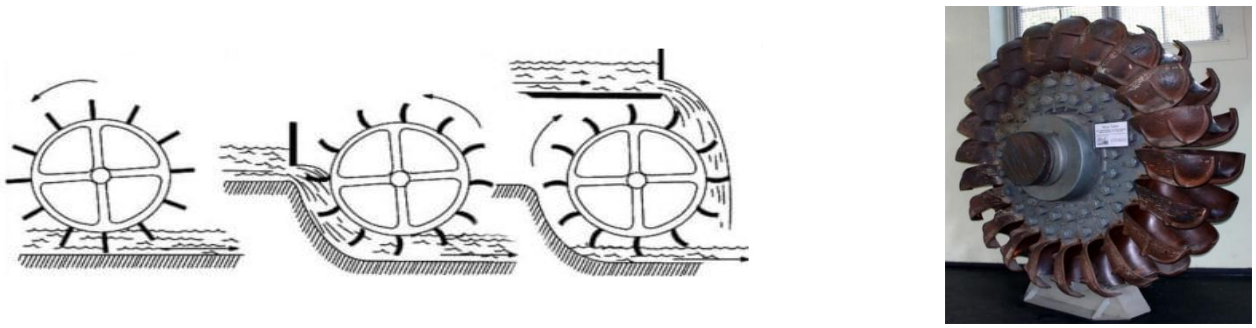
Turbina suvning ilgarilanma harakatini elektr generatori valining aylanma harakatiga aylantirib berish uchun hizmat qiladi. Mikro-GES uchun turbinaning to‘g‘ri tanlanishi uning samaradorligini va uzoq vaqt ishonchli ishlashini ta’minlaydi.

Turbinalarni ikkita sinfga [1] bo‘lish mumkin: aktiv va reaktiv (1-rasm). Aktiv turbinalar suvning faqat kinetik energiyasini, reaktiv turbinalar esa uning kinetik energiyasidan tashqari potensial energiyasini ham elektr energiyaga aylantirish uchun generatorga uzatadi.



1-rasm. Turbina turlari

Qadim zamonlardan ishlatib kelinayotgan eng sodda turbina charxpalak hisoblanadi. Ilgari u suvni tepaga ko‘tarib berish uchun xizmat qilgan bo‘lsa, endi uni elektr energiyani hosil qilishga ishlatsa bo‘ladi. Buning uchun unga suvni uch xil tarzda: charxpalakning tagidan, belidan yoki tepasidan berish mumkin (2-rasm, a).



a) Charxpalakka suvni uzatish usullari b) Pelton turbinasi

2-rasm. Charxpalakka suvni uzatish usullari va Pelton turbinasi.

Birinchi holda charxpalakni aylantirishga oqimning faqat kinetik energiyasi jalb qilinmoqda, shuning uchun u aktiv turbina hisoblanadi. Qolgan ikki holda suvning potensial energiyasi ham ishlatilayotganligi sababli charxpalak endi reaktiv turbina bo‘ladi.

Amerikalik ixtirochi Lesser Pelton yaratgan turbina (2-rasm, b) suvni tepaga ko‘tarishga mo‘ljallangan charxpalakni eslatadi va u qarama-qarshi vazifani bajaradi, ya’ni cho‘michlariga suvni olib, uning energiyasini elektr energiyaga aylantirisga hizmat qiladi.

Parrak, yoki propeller, yoki havo vinti (3-rasm, a) sanoatning turli sohalarida dastlab ishlatilgan turbina bo‘lib, uning burchak ostida yo‘naltirilgan kuraklari harakatlanayotgan gaz yoki suyuqlikning energiyasini elektr energiyaga aylantirishga hizmat qiladi.

a) Parrak yoki propeller b) Frensis c) Kaplan

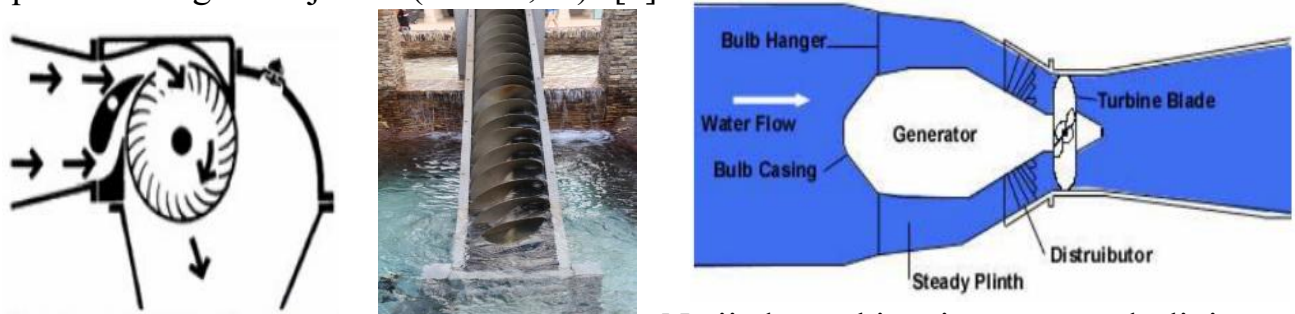
3-rasm. Yuqori bosimli reaktiv turbinalar.

Uning asosida avval amerikalik muhandis Jeyms Frensis o‘zining radial-o‘qli turbinasini (3-rasm, b) yaratdi, keyinchalik avstriyalik muhandis Viktor Kaplan parrakning kuraklarini buriladigan qilib takomillashtirdi (3-rasm, c) hamda uning samaradorligini oshirishga erishdi.

Pelton, Kaplan va Frensis turbinalari yuqori bosimli suv oqimlari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, mikro-GESlarni qurishda deyarli ishlatilmaydi va asosan yirik GES larda ishlatiladi.

Farg‘ona vodiysi Markaziy Osiyoning dehqonchiligi va bog‘dorchiligi kuchli rivojlangan mintaqalaridan biri hisoblanadi. Shu sababli vodiyda sug‘orish tizimi juda rivojlangan, mikro-GES qurish uchun qulay bo‘lgan ko‘plab soy va ariqlar mavjud. Vodiyning O'zbekistonga qarashli qismining relyefi deyarli tekislikdan iborat ekanligini hisobga olsak, bu yerda past bosimli suv oqimlarining mavjudligini va quriladigan mikro-GESlar uchun bunday sharoitda samarali ishlay oladigan turbinalarning tanlab olinishining lozimligini ko‘ramiz.

Nemis muhandisi Frits Ossberger yaratgan turbina shunday turbinalar qatoriga kiradi. Turbinaga berilayotgan suv uning kuraklarini ikki marta: birinchi safar turbinaning tepasidagi kurakni va undan pastga oqib tushib, uning quyida joylashgan boshqa bir kuragini siljitadi (4-rasm, a) [2].



Natijada turbinaning samaradorligi sezilarli darajada ortadi.

a) Ossberger turbinasi b) Arximed vinti c) kapsulali qurilma

4-rasm. Past bosimli turbinaning turlari

Past bosimli oqimlarda ishlay oladigan turbinalardan yana biri – bu Arximed vintidir (4-rasm, b) [2]. Uning tuzilishi spiralsimon bo‘lib, uchini pastga qaratib qiyasimon joylagan holda aylantirilganda, suvni pastdan tepaga ko‘tarish yoki suv undan pastga qarab oqizilganda vintning o‘zining aylanish jarayoni kuzatiladi.

Past bosimli oqimlarda ishlash uchun maxsus yaratilgan kapsulali qurilma quvurning keng joyiga o‘rnatilgan elektr generator va quvurning tor joyida uning valiga mindirilgan Kaplan turbinasidan iborat (4-rasm, c) [2]. Generator ichiga suv kirishidan muhofazalangan, ya’ni germetik qilingan. Quvurning kirishidan suv oqimi berilganda, u generatorni chetlab o‘tib turbinani aylantiradi va quvurning chiqishiga yo’naladi, suvning energiyasi esa elektr energiyaga aylanadi.

Xulosa qilib aytganimizda, Farg‘ona vodiysida quriladigan mikro-GESlar uchun 4-rasmda ko‘rsatilgan turbinalardan birini tanlashni ma’qul deb hisoblaymiz.

Arximed vinti, Ossberger va kapsulali turbinalarni tanlashda ularning faqat yuqori aniqlikda ishlaydigan dastgohlarda yuqori malakali mutaxassislar tomonidan yasalalishi mumkinligini hisobga olishimiz zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hydropower Technologies: the state-of-the-art, Final document, 2019.08.13 / Emiliano Cora, Jean J. Fry, Mario Bachhiesl, Anton Schleiss.
2. https://pandia.ru/text/78/447/82950.php

EXORNIYA O‘SIMLIGI BIOMASSA ENERGIYA QURILMALARINING HOM-ASHYOSI

Umaraliyev Nurmamat, Tursunaliyeva Muqaddas
Elekronika va asbobsozlik kafedrasi dotsenti
email: Umaraliyev.N@fstu.uz
Farg‘ona davlat texnika universiteti 58-22 MEM guruh talabasi,
tel:910442903,

Anotatsiya: *Hozirgi kunda muqobil energiya manbalari atrof-muhit muhofazasi va barqaror rivojlanish yo‘lida muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu maqolada suv o‘simliklari orasida eng tez o‘suvchi va ekologik jihatdan muhim bo‘lgan (Eichhornia crassipes) o‘simligining biologik, morfologik hamda ekologik xususiyatlari yoritilgan. Tadqiqotda exorniyaning suv muhitidagi rolini, ya’ni og‘ir metall va zararli moddalarni yutish orqali biologik filtr sifatida ishlatilish imkoniyatlarini tahlil qilish bilan birga, uning invaziv tur sifatida keltiradigan salbiy ekologik oqibatlari ham ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, maqolada O‘zbekiston sharoitida exorniyani nazorat ostida o‘stirish tajribalari va u orqali biomassa, biogaz hamda qayta tiklanuvchi resurs sifatida foydalanish istiqbollari muhokama qilinadi. Tadqiqot natijalari exorniya o‘simligidan foydalanishda barqaror ekologik rivojlanish va ekotizim muvozanatini saqlash zarurligini ta’kidlaydi.*

Kalit so‘zlar: *exorniya, suv o‘simligi, ekologik muvozanat, invaziv tur, biologik filtr, biomassa, suv havzasi, ekologik xavfsizlik.*

Kirish

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida ekologik muvozanatni saqlash, suv resurslaridan oqilona foydalanish va tabiiy tizimlarni barqaror boshqarish masalalari dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylandi. Shu nuqtai nazardan, suv ekotizimlarining biologik xilma-xilligini o‘rganish hamda ularning ekologik holatini baholash alohida ahamiyat kasb etadi. Suv havzalarida o‘suvchi o‘simliklar nafaqat estetik jihatdan muhim, balki suv muhitining tozaligi, kislorod balansini saqlash va biologik moddalarning aylanmasida ham muhim rol o‘ynaydi. Shunday suv

o‘simliklaridan biri — Exorniya (*Eichhornia crassipes*) [1], ya’ni xalq orasida “suv giyohi” yoki “suv nilufari” nomi bilan tanilgan turning o‘rganilishi alohida ilmiy ahamiyatga ega. Mazkur o‘simlik Janubiy Amerikaning Amazonka havzasidan tarqalib, bugungi kunda Osiyo, Afrika va boshqa tropik hamda subtropik mintaqalarda keng tarqalgan. Exorniya o‘zining chiroyli binafsha gullari, go‘shtdor barglari va tez o‘sish xususiyati bilan ajralib turadi.

Exorniya o‘simligi bir tomondan ekologik foydali xususiyatlarga, masalan, og‘ir metall ionlarini yutish, suvni biologik tozalash va biomassa sifatida ishlatish imkoniyatlariga ega bo‘lsa, boshqa tomondan uning haddan tashqari ko‘payishi suv muhitiga jiddiy salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bu holat suvning kislorod miqdorini kamaytirib, suv hayvonot dunyosining nobud bo‘lishiga va gidrotexnik inshootlarning faoliyatiga to‘sqinlik qilishi mumkin. Shu sababli, exorniya o‘simligini ilmiy asosda o‘rganish, uning foydali jihatlarini amaliyotga tadbiq etish va nazoratsiz o‘sishining oldini olish bugungi ekologik tadqiqotlarda muhim o‘rin tutadi.

Exorniya o‘simligi haqida umumiy ma’lumot

Exorniya (*Eichhornia crassipes*) — suvda o‘suvchi [1], Pontederiaceae oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik bo‘lib, asosan Janubiy Amerikaning Amazonka havzasidan kelib chiqqan. Hozirgi kunda bu o‘simlik Osiyo, Afrika, Shimoliy Amerika va Avstraliya kabi tropik hamda subtropik mintaqalarda keng tarqalgan. Exorniya ko‘plab mamlakatlarda “suv giyohi”, “suv nilufari” yoki “suv gultoji” nomlari bilan tanilgan (1-rasm.).

1-rasm. Exorniya o‘simligi

Tashqi tuzilishi va morfologiyasi: Exorniya o‘zining yumaloq, go‘shtdor, yaltiroq yashil barglari va binafsha rang gullari bilan ajralib turadi. Barg bandlari sharsimon shaklga ega bo‘lib, ichida havo to‘la bo‘lganligi sababli o‘simlik suv yuzasida suzib yuradi. Ildizlari tukli, qora-jigarrang rangda bo‘lib, suvdagi ozuqa moddalarini yutib olishga moslashgan. O‘simlikning gullash davri iqlim sharoitiga qarab o‘zgaradi, biroq odatda issiq mavsumda yuz beradi.

Biologik xususiyatlari: Exorniya nihoyatda tez o‘suvchi va kuchli ko‘payish qobiliyatiga ega o‘simlik hisoblanadi [1, 2]. U vegetativ yo‘l bilan, ya’ni ildiz novdalari (stolonlar) orqali ko‘payadi va qisqa vaqt ichida katta suv maydonlarini qoplab oladi. Shu xususiyati tufayli u ko‘plab mamlakatlarda invaziv tur sifatida qayd etilgan. Bir necha hafta ichida suv yuzasini to‘liq egallab, yorug‘likning suv tubiga tushishini cheklaydi hamda suvdagi kislorod miqdorini kamaytiradi.

Tarqalish va yashash muhiti : Exorniya iliq va nam iqlimni yoqtiradi. U asosan tinch suv havzalari — ko‘l, kanal, suv omborlari va daryolarning sekin oqimli qismlarida o‘sadi. O‘simlik ifloslangan suvlarda ham yaxshi o‘sadi, chunki u suvdagi og‘ir metall va organik moddalarni o‘zlashtirish qobiliyatiga ega. Shu bois, ba’zi davlatlarda exorniya biologik tozalovchi o‘simlik sifatida qo‘llanilmoqda.

Ekologik va amaliy ahamiyati: Exorniya suv havzalaridagi og‘ir metall ionlari (masalan, qo‘rg‘oshin, mis, simob)ni yutib olib, suvni tozalashda muhim rol o‘ynaydi. Shu sababli u ekologik biofiltr sifatida ishlatiladi [3]. Bundan tashqari, exorniya biomassasi biogaz, kompost, o‘g‘it va hatto qog‘oz ishlab chiqarishda xomashyo sifatida foydalaniladi. Biroq uning haddan tashqari o‘sishi suv ekotizimlariga jiddiy zarar yetkazadi [4]. Exorniya suvning yuzasini to‘sib, quyosh nurlarining suv tubiga yetib borishiga to‘sqinlik qiladi, bu esa suv o‘simliklari va baliqlar hayot faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, ko‘plab mamlakatlarda exorniya o‘sishini nazorat qilish va cheklash choralari qo‘llanilmoqda.

O‘zbekiston sharoitida o‘rganish: O‘zbekiston hududida exorniya tabiiy holda keng tarqalmagan bo‘lsa-da, ayrim ilmiy va amaliy tajribalarda suv havzalarini tozalash maqsadida o‘stirilib kelinmoqda. Mutaxassislar fikriga ko‘ra [1,2,3,4], bu

o‘simlikdan nazorat ostida, ilmiy asoslangan sharoitlarda foydalanish mamlakatning suv resurslarini ekologik muhofaza qilishda foydali bo‘lishi mumkin. Qayta tiklanadigan energiya qurilmalari - biogaz qurilmalarida metan olishda, gazifikatorlarda sintez-gaz ishlab – chiqarishda xom – ashyo (bioenergiya manbayi) sifatida katta iqtisodiy samara bilan ishlatilishi mumkin,

Xulosa: Exorniya (*Eichhornia crassipes*) suv havzalarida tez o‘suvchi va ekologik jihatdan muhim o‘simlikdir. U chiqindi suv manbalarida suvdagi zararli moddalarni yutib, biologik usulda suv tozalashda foyda beradi, biroq nazoratsiz o‘sishi suv havzalaridai ekotizimga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Exorniya biomassasidan biogaz va organik o‘g‘it, sintezgaz olish, parranda va chorva mollari uchun ozuqa tayyorlash imkoniyati mavjud. O‘zbekiston sharoitida uni nazorat ostida, ilmiy asosda o‘stirish ekologik va iqtisodiy jihatdan foydali bo‘lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abbasi, S. A., & Nipaney, P. C. (2019). *Water hyacinth (Eichhornia crassipes): An overview of its chemical composition and applications*. Environmental Science and Pollution Research, 26(9), 8760–8772.
2. Gopal, B. (1987). *Water Hyacinth*. Elsevier Science Publishers.
3. Mishra, S., & Tripathi, R. D. (2021). *Utilization of water hyacinth for energy production and environmental management*. Renewable Energy, 170, 635–648.
4. Reddy, K. R., & DeBusk, W. F. (1984). *Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient-enriched water: II. Water hyacinth*. Economic Botany, 38(2), 229–239.

KOMBINATSIYALANGAN MIKROGIDRO VA QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYANING ENERGIYA SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Yusupova F.T.

Farg‘ona davlat texnika universiteti

***Annotatsiya**. Maqolada kombinatsiyalangan mikrogidro va quyosh fotoelektr stansiyaning energiya samaradorligini baholashda MATLAB dasturidan foydalanilgan. Mikro gidro va quyosh fotoelektr stansiyani kombinatsiyalashda navbatma-navbat ulanish usuli qo‘llanilgan. MATLAB dasturi yodamida ushbu usuldan foydalanib, kombinatsiyalangan qurilmaning energiya samaradorligi* 6,7 % *ga oshirilgan.*

***Kalit so‘zlar**: mikro-GES, quyosh fotoelektr stansiyasi, kombinatsiyalash, navbat-navbat ulanish usuli, energiya, ballast yuklama.*

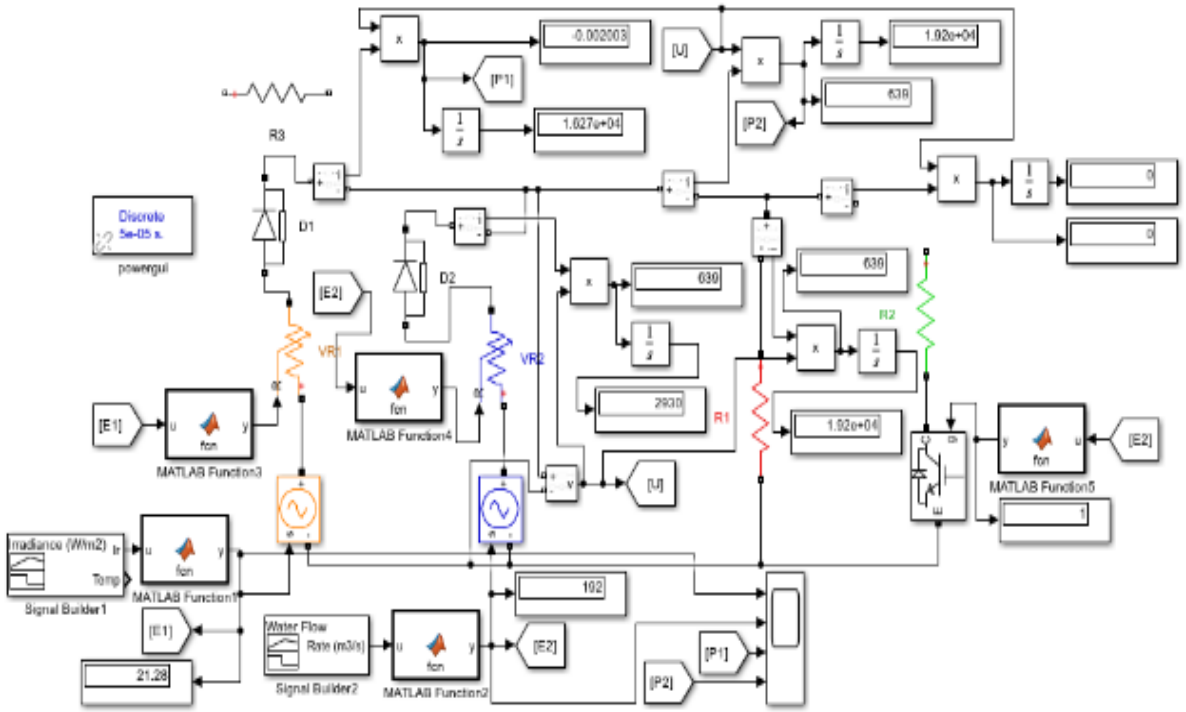
Dunyo bo‘yicha elektr energiya narxining o‘sishi, qazib olinadigan yoqilg‘ilarning kamayishi hisobiga tabiiy manbalardan olinadigan va ekologik xafvsiz hisoblangan qayta tiklanuvchi energiya manbalarini izlash bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazilmoqda. Mavjud shamol, suv va quyosh resurslardan foydalanish orqali arzon va ekologik toza muqobil energiya manbalarni rivojlantirish bugungi kunning dolzarb masalasiga aylandi [1,2].

IEA tomonidan olingan ma’lumotlarga ko‘ra, dunyo bo‘yicha kelajakda qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish muhim hisoblanib, 2030 yilga kelib, energetika sohasida elektr energiyaga bo‘lgan talabni 80 % gacha etkazish bashorat qilingan [3].

O‘zbekistonda quyosh energiyasi katta salohiyatga ega, chunki yil davomida quyosh nuri tushadigan hududlarda Respublikamiz joylashgan. Bundan tashqari, daryolar, kanallar va soylardan mikrogidroelektr stantsiyalar uchun energiya manbai sifatida foydalanish mumkin [4]. Ushbu tabiiy resurslar va mavjud texnologiyalardan foydalangan holda quyosh fotoelektr va mikrogidroelektr stansiyalarini kombinatsiyalagan holda gibrid elektr stantsiyasi yaratiladi. Ikkita energiya manbalarini bitta gibrid tizimda birlashtirish va energiya samaradorligini modellashtirish MATLAB Simulink dasturi yordamida amalga oshiriladi. Bu

paketning Simscape Electrical platformasining “Specilaized Power Systems” bo‘lim kutubxonasida quyosh batareyalari va panellari, suv turbinalari, to‘g‘rilagichlar, konvertorlar, invertorlar, boshqariladigan kalitlar, tok kuchini o‘lchagichlar, energiya to‘plagich, yuklamalar uchun tayyor modellaridan foydalaniladi [5].

Mikro-GES va quyosh fotoelektr stansiyasidan iborat kombinatsiyalangan energetik tizimning energiya samaradorligini MATLAB Simulink dasturi yordamida amalga oshiramiz. Buning uchun ballast R_3 rezistorini zanjirdan uzamiz (1-rasm).



1-rasm. Kombinasiyalangan energetik tizimni ballast qarshiliksiz ishlashi

Kombinasiyalangan energetik tizim ballast qarshiliksiz ishlash davrida quyosh stansiyasi $E_1 = 16270\ J$, mikro-GES $E_2 = 2930\ J$ energiya ishlab chiqardi.

Jami: $E_I = E_1 + E_2 = 16270 + 2930 = 19200\ J$ energiya ishlab chiqarildi.

Quyosh fotoelektr stansiya va mikro-GESning parallel ulanish sxemasida $E_{II} = E_1 + E_2 = 17470 + 3107 = 20577\ J$ energiya ishlab chiqarildi.

Demak, quvvatlarni muntazam monitoring qilish va ortiqchasini ballast yuklamaga yo‘naltirish orqali qo‘shimcha $\Delta E = E_{II} - E_I = 20577 - 19200 = 1377\ J$ energiya olishga erishildi.

Kombinatsiyalangan energiya qurilma ishlab chiqarayotgan energiyani akkumulyatorda to‘playdi va quvvatlarni monitoring qiladi hamda ortiqchasini ballast yuklamaga yo‘naltirish orqali energetik tizimning energiya samaradorligi aniqlanadi:

$$\eta = \frac{\Delta E}{E_{II}} \cdot 100\% = \frac{1377}{20577} 100\% = 6{,}7\%$$

Energetik tizimning energiya samaradorligi 6,7 % ga teng.

Ikki va undan ortiq qayta tiklanuvchi energiya manbalari parallel ulanganda, kombinatsiyalangan qurilmaning energiya samaradorligi pasayadi, qurilmaning energiya samaradorligini oshirish uchun mikrogidroelektrostantsiya va quyosh panelini navbatma-navbat ulash usuli taklif etildi. Ushbu navbatma-navbat ulash usuli MATLAB dasturida amalga oshirildi. Kombinatsiyalangan energiya qurilma tomonidan ishlab chiqarayotgan energiya akkumulyatorda to‘plandi va quvvatlari muntazam monitoring qilib borildi hamda ortiqcha energiyani ballast yuklamaga yo‘naltirish orqali uning energiya samaradorligi 6,7 % ga oshirilgani aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Muhammad Mawardi bin Mohd Rani, et.al. A design of portable mini solar panel combined with micro hydropower system for power generation. Journal of Sustainable Technology and Applied Science (JSTAS) Vol. 2 No. 2, Nov 2021, pp. 27-33. ISSN: 2722-2403 (online).

2. Ilham Amiluddin, Parlin Siagian, Zuraidah Tharo. Hybrid Power Plant Analysis (Photovoltaic-Microhydro) to get to the Energy Independent Village in Surabaya. https://proceeding.pancabudi.ac.id/index.php/ICDSET/. Pages 492 or 504.

3. IEA. IEA World Energy Outlook Flagship report; 2020. https://www.iea.org/report s/world-energy-outlook-2020.

4. Kasimahunova A.M, Yusupova F.T. Rationale for the relevance and results of the creation of a hybrid microGES with a solar installation in the Fergana valley // Journal of Engineering and Technology (JET). India. 2023 year, Volume 13, Issue 1, pp 143–154.

5. Юсупов Д.Т., Юсупова Ф.Т. Моделирование работы фотоэлектрической системы малой мощности при помощи пакета SIMULINK // Universum: технические науки: электрон. научный журнал. 2021. 7(88). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12122.

PAST BOSIMLI SUV OQIMLARIDA ISHLOVCHI VINT TURBINALI MIKROGIDROELEKTRSTANSIYANING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI

Ismoilov Muslimbek Murodjon o‘g‘li

Farg‘ona davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
(muslimbek.ismoilov@ferpi.uz) (+998911508396)

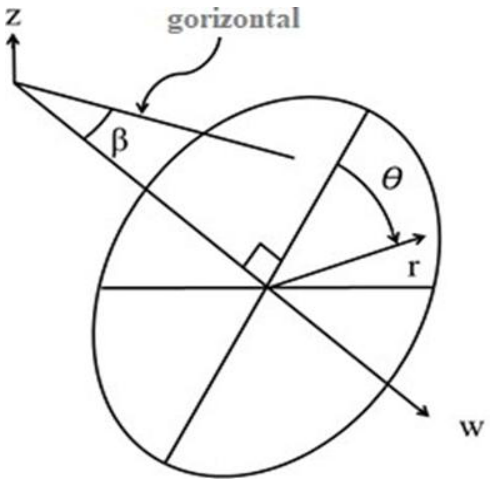
***Annotatsiya**. Ushbu maqolada past bosimli suv oqimlarida ishlovchi vint turbinali mikrogidroelektrstansiyalar (MGES)ning energiya samaradorligini oshirish yo‘llari qisman bo‘lsada o‘rganilgan. Maqolada vint turbinalarining ishlash prinsipi, ularning samaradorligiga ta’sir qiluvchi omillar, shuningdek, ilg‘or texnologik va konstruktiv yechimlar tahlil qilingan. Shuningdek, real obyektlar misolida optimallashtirish usullari va innovatsion yondashuvlar ko‘rib chiqilgan.*

***Kalit so‘zlar**: Mikrogidroelektrstansiya, vint turbina, past bosim, samaradorlik, suv oqimi, energiya ishlab chiqarish.*

Kirish. So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Shu jumladan, kichik va o‘rta quvvatli gidroelektr stansiyalar – xususan mikrogidroelektrstansiyalar (MGES) ekologik toza va iqtisodiy jihatdan qulay energiya manbai sifatida ajralib turadi. Ayniqsa, past bosimli suv oqimlarida samarali ishlay oladigan vint turbinalari kichik aholi punktlari uchun barqaror energiya manbai sifatida alohida e’tirof etiladi.[1.2]

Past suv bosimli mikro-GESlar — bu turdagi mikro-GESlar suvning bosimi (ya'ni, suv tushish balandligi yoki suv bosimi) past bo‘lgan joylarda ishlatiladi. Masalan, suv balandligi faqat 1-5 metr bo‘lganda yoki suv oqimining bosimi kichik bo‘lsa, shu sharoitga mos keladigan mikro-GESlar [4]

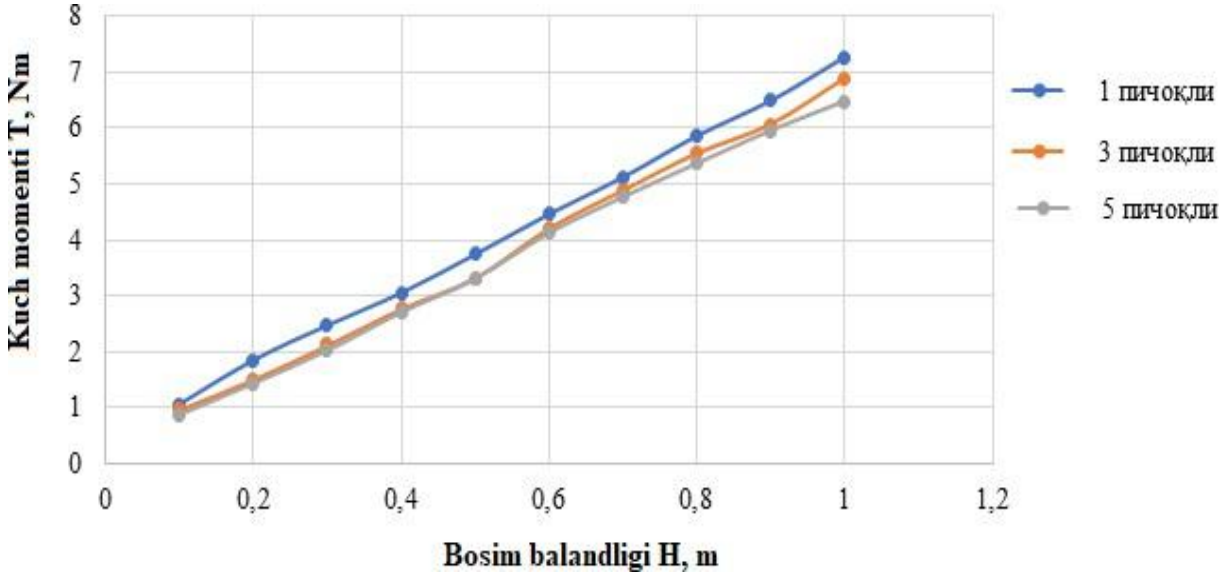
Tadqiqot metodologiyasi: Arximed vint turbinali mikro gidroelektrstansiyalar past bosimli suv oqimlarida yoki bosim hosil qiluvchi balandlik deyarli nol bo‘lgan joylarda ham foydalaniladi [3]. Vintli turbinalar suyuqlikning kinetik va potensial energiyalaridan foydalanadi hamda bu energiya vintni aylantirish va moment hosil qilish jarayonida mexanik ishga aylanadi. Vintlarga biriktirilgan generator hosil bo‘lgan mexanik energiyani elektr energiyaga aylantiradi. Vintli turbinalarda tashqi diametr (Do),ichki diametr (Di), vintni umumiy uzunligi (L), pichoqlar soni (N), vintning qiyalik burchagi (β), Pichoqning bir marta aylanish davr uzunligi (S), bosim hosil qiluvchi balandlik (H) va suv sarfi (Q) ushbu parametrlar maqbul variantlarini tanlash asosida samaradorlik va mexanik quvvatni oshishiga erishiladi. “w” o‘qi markaziy silindrsimon parrakning aylanish o‘qi bilan tekislanadi va vertikal yo‘naltirilgan Dekart o‘qi “z” ham musbat z ham vertikal yuqoriga qarab belgilanadi. Ushbu vertikal o‘q, vertikal o‘qqa spiral tekislik yuzalarida parraklar o‘rnatiladigan joylarni loyihalash orqali vintni aylantiradigan doimiy suv chuqurliklarini hisoblash uchun ishlatiladi.[5] Birinchi yetakchi spiral tekislik qirrasi vintning yuqori qismida vertikal yo‘naltirilgan deb qabul qilinadi. Shunday qilib, (w) o‘qi bo‘ylab har qanday pozitsiya uchun yetakchi tekislikdagi 1-parrak radial joylashuvi ((ω)) va burchak joylashuvi ((ω)) pichoqning bir marta aylanish davr uzunligi (S) bo‘lgan geometriya bilan tavsiflanadi.



1-rasm. Aylanadigan vintning koordinatalar tizimi.

bunda, r - radial joylashuvi va θ - burchak joylashuvi (1-rasm). S − pichoqning bir marta aylanish davr uzunligi; (N)- pichoqlar soni

Vintli turbinalarda pichoqlar soni yuqori samaradorlikka erishishda muhim o‘rin tutadigan parametrlardan biri hisoblanadi. Ko‘p sonli pichoqlardan foydalanganda har bir pichoqda hosil bo‘ladigan kuch momenti sabab quvvat tenglamalarida o‘zgarish bo‘ladi. Turbinaning aylanishi odatda pichoqlar orqali yuqoridan pastga harakatlanuvchi suvning massasi natijasida hosil bo‘ladigan kuchga bog‘liqdir. O‘tkazilgan taqqoslash jarayonida pichoqlar sonini $N = 1$, $N = 3$, $N = 5$



qabul qilindi.

2-rasm. Pichoqlar soni o‘zgarganda kuch momentining o‘zgarish grafigi.

Arximed vintli turbinalarda pichoqlar soni odatda 2 dan 4 tagacha bo‘ladi. Bu son samaradorlikka, ish barqarorligiga va suv oqimining silliqligiga ta’sir qiladi.

Pichoqlar soni	Afzalliklari	Kamchiliklari
2 ta	Ishlab chiqarish oson, kamroq metall sarfi	Oqimda pulsatsiya (notekis aylanish) kuzatiladi, samaradorlik nisbatan past
3 ta	Eng muvozanatli variant, yuqori samaradorlik (≈ 80–85 %)	Murakkabroq konstruksiya
4 ta va undan ortiq	Oqim silliq, past shovqin, barqaror aylanish	Ishlab chiqarish qimmat, gidravlik yo‘qotishlar ortadi

Xulosa va tavsiyalar: Vint turbinali mikrogidroelektrstansiyaning energiya samaradorligini oshirish uchun suv oqimining o‘rtacha tezligi va bosimiga mos keladigan pichoqlar burchagi tanlansa, turbina momenti oshadi. Optimal burchak 25–35° oralig‘ida bo‘lishi tavsiya etiladi. Diffuzor (oqim kengaytirgich) o‘rnatish orqali suv bosimi oshiriladi va oqim markazlashadi. Bu 5–10% samaradorlik o‘sishini ta’minlaydi. Suv chiqish qismini silliq shaklda loyihalash girdoblar hosil bo‘lishining oldini oladi. Muntazam tozalash va moylash esa turbina samaradorligini 10% ga oshirishi mumkin. Shuning uchun har 2-3 haftada texnik ko‘rik talab etiladi. Qisqa qilib aytganda past bosimli suv oqimlarida ishlovchi vint turbinali MGESlarning samaradorligini oshirish uchun turbina geometrik parametrlarini ilmiy asosda optimallashtirish, oqimni yo‘naltiruvchi qurilmalarni qo‘llash, past tezlikli generatorlar bilan muvofiqlikni ta’minlash hamda ekspluatatsiya madaniyatini oshirish muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Kusumanto, R. D., Nugraha, M. N., Indrayani, I. (Jurnal Polimesin) “Archimedes Screw Turbine Application on Portable Mini Hydropower Plant”

2. Muller G.& Kauppert K. Old water mills – Britain‘s new source of energy? // Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering, 2002, 150, No. 4, 178–186

3. “Numerical Investigation of Archimedes Screw Turbines under Low-Head Conditions.” Maulana M.I., Syuhada A. … (2023)

4. Müller G., Wolter C. The breast s hot water wheel: design and model tests / Proc. ICE Eng. Sustain ability , Vol. 157, Issue E S4, 2004, 203 – 212

5. Murodjon o‘g‘li, I. M. (2025). CHARACTERISTICS AND IMPORTANCE OF MICRO-HYDROPOWER PLANTS DESIGNED FOR LOW-PRESSURE FLOWS. World Scientific Research Journal, 37(1), 168-171.

QUYOSH ENERGIYASI YORDAMIDA ISHLOVCHI ISSIQ SUV SAQLOVCHI BAK AKKUMLYATORLARINI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Abdukarimov Bekzod Abobakirovich, Mo‘minov Islombek Ikromjon o‘g‘li

Farg‘ona davlat texnika universiteti

E-mail: im20021030@gmail.com

Annotatsiya. *Hozirgi kunda quyosh energiyasini to‘liq va uzluksiz ishlatish uchun issiqlik energiyasini saqlovchi bak akkumlyatorlari muhim ro‘l o‘ynamoqda. Ular ortiqcha quyosh energiyasini issiq suv shaklida saqlab, tunda yoki quyosh bo‘lmagan paytlarda isitish tizimlariga uzatadi. Shu sababli, bunday qurilmalarning issiqlik samaradorligini oshirish va issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish masalasi bugungi kunda eng dolzarb yo‘nalishlardan biridir. Ushbu maqolada issiq suv saqlovchi bak akkumlyatorlarining samardorligini oshirish ishlari ko‘rib chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *Issiqlik akkumlyatori, issiq suv baki, quyosh energiyasi, energiya samaradorlik, issiqlik izolyatsiyasi, modellashtirish, issiqlik yo‘qotish, bak konstruktsiyasi.*

Quyosh energiyasi asosidagi issiqlik ta’minoti tizimlarida issiq suv saqlovchi bak akkumlyatori asosiy energiya akkumulyatori vazifasini bajaradi. Quyosh kollektorlarida olingan issiqlik energiyasi issiqlik almashinuvchisi orqali baki ichidagi suvga uzatiladi va u issiqlik tashuvchi sifatida ma’lum muddat davomida issiqlikni saqlab turadi. Tunda yoki quyosh nurlanishi past bo‘lgan vaqtlarda bu issiqlik binoning isitish yoki issiq suv ta’minoti tizimiga beriladi.

Issiqlik akkumlyatorining umumiy samaradorligi (η) quyidagi ifoda bilan baholanadi:

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_{kir}} = \frac{m*c*(T_{max}-T_{min})}{Q_{kir}} \qquad (1)$$

bu yerda:

m—saqlanayotgan suv massasi, kg;

c—suvning issiqlik sig‘imi (4.18 kJ/kg·K);

T_{max} va T_{min} — bakdagi maksimal va minimal haroratlar, °C

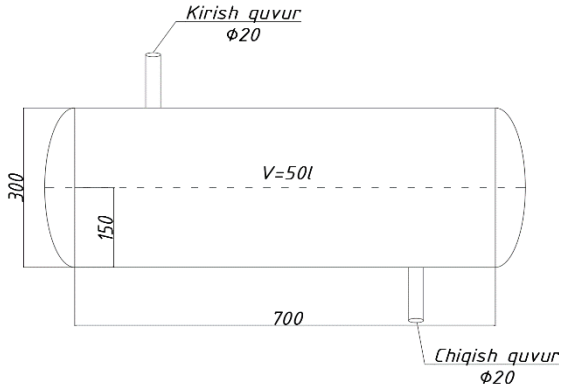
Bak akkumlyatorining energiya samaradorligiga eng katta ta’sirni issiqlik yo‘qotishlar beradi. Ular asosan quyidagi omillarga bog‘liq:

- bak devorining issiqlik o‘tkazuvchanligi λ,
- izolyatsiya qatlami qalinligi δ,
- tashqi muhit harorati ΔT,
- yuzaning sirt maydoni A.

Issiqlik oqimi yo‘qotilishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

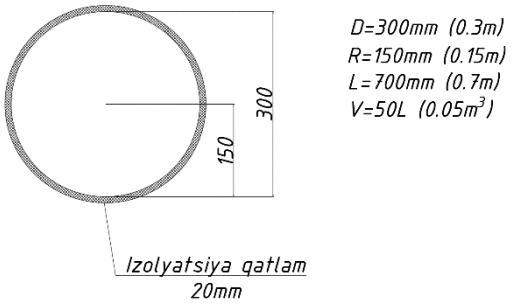
$$Q_{yo\prime q} = \frac{\lambda * A * \Delta T * t}{\delta} \qquad (2)$$

Natijalarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, issiqlik izolyatsiyasi qalinligini 20 mm dan 40 mm gacha oshirish issiqlik yo‘qotilishini o‘rtacha 25–30% ga kamaytiradi. Shuningdek, poliuretan ko‘pik yoki vakuumli panel asosidagi izolyatsiyalar eng yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi.



1-rasm.

Issiq suv saqlovchi bak akkumlyatori



2-rasm.

Issiq suv saqlovchi bak akkumlyator o‘lchamlari

Xulosa

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, issiqlik yo‘qotishlarni kamaytirish va issiqlik stratifikatsiyasini saqlash issiq suv akkumlyatorining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Quyosh kollektor bilan to‘g‘ri integratsiya qilingan tizim, ayniqsa qish oylarida, isitish tizimining barqarorligini ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1.] Авезов П.П. Исследование по комбинированному исползованию гелиоустановок для отопления и охлаждения помещений. Автореф. дис.... канд. техн. наук. - Ташкент, 1971 г. - 27с.Quyosh kollektori [elektron resurs]

[2]. Авезов П.П., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. Ташкент, Фан, 1988 г. - 286 с.

[3]. Рашидов Ю.К. Саморегулирующиеся устройства для систем солнечного теплоснабжения. Автореф. дис.... канд. техн. наук. - М., 1986 г.

REVIEW OPERATIONS AND VIBRO-ACOUSTICS IN CENTRIFUGAL PUMPS

Yuldashev Shukurullo Nematjon ugli

shukurullohxon@gmail.com

Assistant of Fergana State Technical University

***Abstract**. Centrifugal pumps are the workhorses of industrial fluid transport, present in roughly 80–90% of petroleum facilities because they combine robust construction with attractive life-cycle economics [1]. In service, loss of duty–insufficient head and/or flow–is the most common symptom of degradation and may reflect faults in impellers, bearings, mechanical seals, casings (leakage), or the driving motor. Because the initiating mechanism is often small and grows gradually, early detection is essential to avoid secondary damage and unnecessary downtime; consequently, pump maintenance represents a significant share of total plant maintenance expenditure [2,3]. This article reviews the structure and operating principle of centrifugal pumps, outlines the dominant vibro-acoustic excitation mechanisms that govern their measurable signatures, and relates these to practical monitoring and maintenance decisions. We also situate the technology in its industrial context–applications span water and power plants, petrochemical processing, food production, HVAC and pulp & paper–with a global market valued near US$98 bn in 2019 and continued growth driven by retrofit and asset renewal programs [3–5]. The synthesis connects source physics (hydraulic, mechanical, electrical, installation-*

related) with observables (vibration, airborne sound, AE, temperature, motor current), offering a compact map from cause → signature → action for reliable operation.

***Keywords**: Centrifugal pumps; Rotor-dynamic pumps; Impeller–diffuser; Vibration; Airborne acoustics; Cavitation; Vane-pass frequency; Bearings; Mechanical seals; Condition monitoring; Predictive maintenance*

Across process industries, the centrifugal pump is the default choice to raise pressure and move liquids through pipelines, thanks to its simplicity and high specific speed coverage [1]. Degradation first appears as a drift in delivered head–flow performance; if undiagnosed, it progresses to elevated vibration and noise, leakage, overheating, and ultimately trips or catastrophic failure. Typical root causes include bearing defects, mechanical-seal wear, impeller erosion/corrosion, casing damage, and motor electrical faults.

From a market perspective, centrifugal pumps equip water systems, power plants, food processing, jetting and hydraulic services, as well as refrigeration, HVAC, pulp and paper [3–6]. A 2019 assessment valued the global centrifugal-pump market at about US$98 bn [7]; in parallel, the water-pump market is projected to reach ~US$64 bn by 2029, with growth led by retrofit and replacement in mature regions [8]. These numbers underscore why structured condition monitoring and targeted maintenance deliver outsized returns.

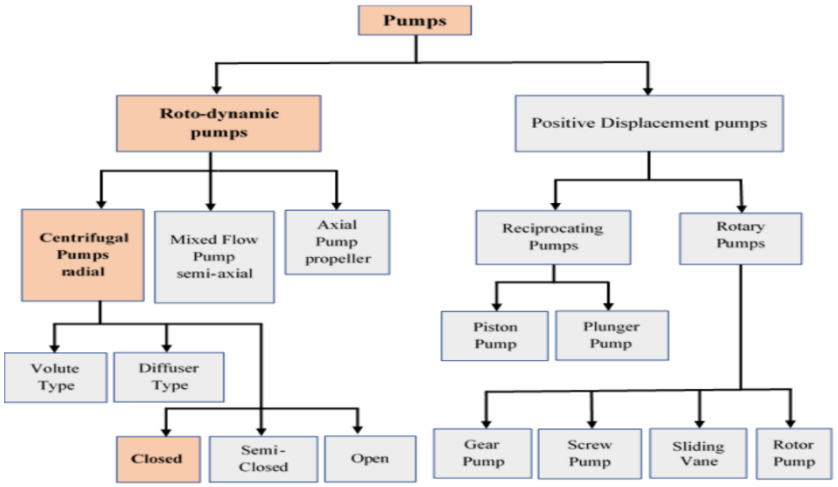


Figure1. Pump classification [9]

In the rotor-dynamic (turbomachinery) family (Fig. 1), a centrifugal pump converts mechanical input from an electric motor into hydraulic energy by adding

kinetic energy to the fluid in a rotating impeller, then recovering static pressure in a diffuser or volute. The basic hydraulic section thus has two primary elements:

- Impeller (closed or semi-open, usually radial in industrial duty): accelerates the fluid by centrifugal action. Blade count and blade outlet angle set the vane-pass frequency and influence hydraulic pulsations.
- Diffuser/volute: decelerates the high-velocity fluid to recover pressure; geometry controls loss and pulsation levels.

The shaft–bearing–seal train supports rotation and preserves containment: rolling-element bearings carry radial/axial loads; the mechanical seal minimizes leakage between the rotating shaft and stationary casing; shaft sleeves and wear rings manage clearances. The driver is commonly an induction motor under across-the-line start or a variable-frequency drive (VFD). The pump’s duty is to transfer energy efficiently from motor to fluid–raising pressure head while meeting flow demand [4–6].

Measured vibration and airborne sound result from superposed hydraulic, mechanical, electromagnetic, and installation-related sources. Understanding these pathways enables targeted sensing and diagnosis.

(1) Vane-pass interaction between rotating blades and stationary structures produces tones at $f_{VP} = Zf_s$ (blade count Z, shaft frequency f_s), with sidebands under flow non-uniformity. (2) Turbulence and recirculation in the impeller eye and diffuser drive broadband energy that increases away from best-efficiency point. (3) Cavitation introduces wideband noise plus low-frequency modulation as vapor cavities form and collapse, often elevating both vibration and airborne sound; prolonged exposure can erode blades and degrade head. (4) Hydraulic shock during transients (rapid valve actions, start-ups) excites structural modes.

Mechanical sources. (1) Bearing defects create impulsive responses at characteristic frequencies (BPFI/BPFO, FTF, BSF) with sidebands around f_s; energy concentrates in resonance bands in both vibration and AE. (2) Imbalance and misalignment generate 1× and 2× shaft components with phase patterns; looseness adds harmonics and rectified spectra. (3) Mechanical seal faces under poor lubrication produce intermittent friction bursts modulated by f_s, radiating both structure- and air-

borne energy. (4) Impeller wear/erosion roughens surfaces and enlarges clearances, increasing turbulence and shifting vane-pass amplitude.

Motor faults (stator asymmetry, rotor bar cracks, voltage unbalance) modulate electromagnetic torque, introducing sidebands around line frequency and f_s. These are detectable in vibration (mechanical response) and in motor current.

Table 1 summarizes how source categories map to measurable signatures, recommended sensors, practical indicators, and first-line mitigation. In practice, vibration is the industry workhorse; airborne acoustics is valuable where contact mounting is impractical or safety-critical; AE adds sensitivity to incipient damage; temperature tracks lubrication losses; and motor-current analysis is attractive when access is limited.

Table 1. Vibro-acoustic sources, dominant signatures and practical monitoring cues

Source category	Dominant signatures (frequency/features)	Recommended sensors	Useful indicators	First-line mitigation
Hydraulic: vane-pass, turbulence	Tone at Zf_s (vane-pass) with sidebands; broadband rise off-BEP	Vibration (accel), microphone	Vane-pass amplitude/ratio; band power; coherence with flow	Trim duty near BEP; diffuser/volute inspection
Hydraulic: cavitation	Broadband noise; low-freq modulation; head drop	Microphone, AE, vibration	RMS/kurtosis rise; PDF/SD (acoustic); MSB ridge near f_s	Raise NPSH; reduce speed; eliminate inlet restriction
Bearings (rolling element)	BPFI/BPFO/FTF/BSF with	Vibration, AE	Envelope spectrum; kurtosis;	Lubrication, alignment; replace

	sidebands; envelope peaks		bispectral coupling with f_s	damaged element
Imbalance/ misalignment/ looseness	1×/2× f_s, harmonic series; phase shifts	Vibration	1× vector; orbit shape; harmonic count	Balance rotor; correct alignment; tighten fits
Mechanical seal	Intermittent friction bursts; modulation at f_s	Microphone, AE, vibration	Burst rate/energy; MSB energy at (f_s, f_{burst})	Verify flush; face flatness; material pairing
Impeller wear/erosion	Vane-pass shift; broadband rise; efficiency loss	Microphone, vibration	Vane-pass/H_2O efficiency trends; PSD ratio	Check clearances; filtration; material upgrade
Electrical (motor)	Line/supply sidebands; torque ripple	Motor current, vibration	MCSA sidebands; 2× slip lines	Correct voltage balance; motor repair
Installation/resonance	Narrow resonance peaks; high transmissibility	Vibration	FRF estimate; operating-deflection shape	Stiffen base; redress piping supports

Monitoring workflow and maintenance implications. A practical workflow begins with performance trending (head, flow, efficiency, power) to flag deviation, then vibro-acoustic screening to attribute the cause. For bearings and seals, envelope analysis and higher-order statistics (e.g., kurtosis) provide fast indicators under stationary regimes; under varying duty, time–frequency methods and modulation metrics (e.g., modulation signal bispectrum) retain sensitivity to phase-coupled

components. Airborne acoustics is particularly effective for vane-pass tones and cavitation–it is quick to deploy and non-intrusive–while vibration remains superior for outer-race bearing signatures because structural transmissibility is strong. Where physical access is constrained, motor-current analysis offers a sensor-free alternative for detecting mechanical load modulations.

Selecting a pump is rarely a single-criterion optimization. Engineers balance hydraulic performance, efficiency, reliability, life-cycle cost, NPSH margin, materials compatibility, and maintainability. Organizational factors also enter–past experience, stocking strategy for spares, and cross-department coordination when the pump serves multiple users can bias choices. As facilities in chemicals, power, and oil & gas continue refurbishment and retrofits, demand for pumps and condition-monitoring capability grows with the water sector a prominent driver through 2029 [8].

Conclusions. Centrifugal pumps occupy a central position in industrial fluid handling because they efficiently convert motor shaft work into hydraulic head via the impeller–diffuser pair. Their vibro-acoustic behavior arises from a small set of physical mechanisms–hydraulic pulsations (including cavitation), rolling-element bearing dynamics, seal contact events, electromagnetic torque ripple, and installation resonances–that superpose in measurable vibration and airborne sound. By mapping source → signature → action, practitioners can design monitoring programs that are both diagnostically effective and operationally practical: use vibration for direct structure-borne defects (bearings, alignment), acoustics for non-contact detection of vane-pass/cavitation and seal phenomena, AE for incipient damage, and current analysis where sensor access is limited. Given the scale of installed base and market momentum, coupling sound physics with modern analytics will remain a high-value route to reliability in centrifugal-pump fleets.

REFERENCES

1. Girdhar, P. and O. Moniz, *Practical centrifugal pumps*. 2011: Elsevier.

2. Marscher, W.D. *Avoiding Failures in Centrifugal Pumps*. in *Proceedings of the 19th International Pump Users Symposium*. 2002. Texas A&M University. Turbomachinery Laboratories.

3. Hashim, N., A. Hassan, and M.F.A. Hamid. *Predictive maintenance model for centrifugal pumps under improper maintenance conditions*. in *AIP Conference Proceedings*. 2020. AIP Publishing LLC.

4. Karassik, I. and J.T. McGuire, *Centrifugal pumps*. 2012: Springer Science & Business Media.

5. Kutbi, I., *Evaluation of centrifugal pump performance in nuclear power plants.* Annals of Nuclear Energy, 1991. **18**(11): p. 629-654.

6. A, y.M., *Profitable Condition Monitoring*. 1996, Harrogate, UK: in BHR Group

7. Limited, E.I.F.E.I.F., *The World Pump Market 2014-2019.* 2014. **Volume I**: p. III 8

8. Persistencemr, *Global Water Pump Market To Record Robust Compound Annual Growth Rate Post-Covid-19*, In *Inter Press Service News Agency - Business*. 2020: Persistence Market Research.

9. Bloch, H.P. and A.R. Budris, *Pump user's handbook: life extension/by Heinz P. Bloch & Allan R. Budris*. 2010, Lilburn, GA: The Fairmont Press: CRC Press; Boca Raton, FL: Distributed by ….

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ АКБ

[1]Хуснутдинов Азат Назипович, [2] Бакулин Константин Германович

[1] khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru, [2]Konstantin.Bakulin2@mail.ru

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

***Аннотация**. В данном исследовании рассматривается способ повышения энергоэффективности тягового электропривода за счёт использования избыточной рекуперативной энергии для подогрева аккумуляторной батареи в режиме торможения. Предлагается схема с жидкостно-охлаждаемым тормозным резистором, обеспечивающим контролируемое рассеяние излишков*

энергии. Проведён расчёт теплового и энергетического эффекта на примере электромобиля Nissan Leaf. Результаты показывают повышение эффективности торможения, снижение тепловых потерь и увеличение ресурса тормозных элементов.

Ключевые слова: *рекуперация энергии, тормозной резистор, терморегулирование аккумулятора, энергоэффективность, электрический транспорт.*

В условиях холодного климата эффективность электромобилей значительно снижается: повышается внутреннее сопротивление аккумулятора, падает отдаваемая мощность и уменьшается эффективность рекуперации [1]. Для решения этих проблем применяются жидкостные контуры терморегулирования, электрические нагреватели и тепловые насосы, однако их использование снижает общую энергоэффективность транспортного средства [2].

В настоящей работе предлагается использовать избыточную рекуперативную энергию, которая не может быть передана в аккумулятор из-за ограничения тока заряда или полного SOC, для нагрева батареи через жидкостно-охлаждаемый тормозной резистор (см. рисунок). Такая схема позволяет совмещать функции торможения, рекуперации и теплового управления, повышая суммарное использование энергии при торможении [3]. Система жидкостного теплообмена – циркулирует теплоноситель между резистором, аккумулятором, электродвигателем и радиатором.

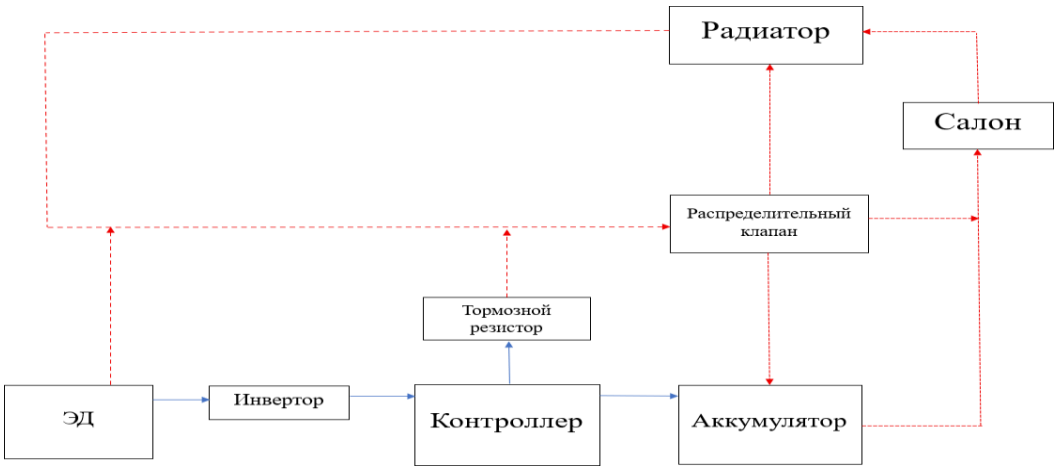


Схема предложенной системы при торможении.

Выделяемое в резисторе тепло передаётся теплоносителю контура охлаждения и далее используется для подогрева аккумулятора, салона или агрегатов силовой установки. Управление распределением энергии реализуется электронным блоком, который по данным BMS и инвертора определяет допустимую долю рекуперации и тепловую мощность резистора.

Расчет теплового и энергетического эффекта проводится на примере электромобиля Nissan Leaf [3]. Для автомобиля массой 1500 кг при торможении с 100 до 0 км/ч кинетическая энергия составляет:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0{,}161 \text{ кВт}$$

При КПД электромотора в режиме генерации ≈ 90 % и предельной мощности приёма батареи ≈ 25 кВт (I ≈ 70 A, U = 360 V) [5] аккумулятор способен принять только ≈ 0.039 кВт·ч, тогда как генератор отдаёт ≈ 0.145 кВт·ч. Избыточная энергия, подлежащая рассеянию, составляет 0,106 кВт.

При включении тормозного резистора вся электрическая энергия сохраняется в цепи, где часть уходит в батарею, а часть выделяется в виде тепла. Если система охлаждения утилизирует 60-80 % этого тепла, «полезная» энергия торможения возрастает в 2.6-3.2 раза, а доля механического торможения снижается с 76 % до 10 %.

Для прогрева батареи Nissan Leaf (≈ 260 кг, c ≈ 900 Дж/(кг·K)) на 10 °C требуется ≈ 0.65 кВт·ч тепла. Таким образом, 6–10 интенсивных торможений 100 → 0 км/ч обеспечивают полный прогрев аккумулятора в холодных условиях, что делает систему эффективным вспомогательным источником тепла без потерь на прямой подогрев.

Предложенная в исследовании система, использующая избыточную рекуперативную энергию для терморегулирования аккумуляторной батареи через жидкостно-охлаждаемый тормозной резистор, демонстрирует значительный потенциал для повышения энергоэффективности электромобиля. Реализация данной схемы позволяет решить ключевую проблему холодного климата – падение эффективности АКБ и рекуперативного торможения.

Расчеты, выполненные на примере Nissan Leaf, подтверждают, что система не только обеспечивает безопасное рассеяние излишков энергии, но и преобразует их в полезное тепло для прогрева батареи. Это позволяет в 2,6-3,2 раза повысить полезное использование энергии торможения, существенно снизить нагрузку на механические тормоза и полностью отказаться от энергозатратного прямого подогрева АКБ в большинстве типичных scenarios эксплуатации.

Таким образом, интеграция функций торможения, рекуперации и термоменеджмента в единую систему представляет собой практичное и экономичное решение для увеличения запаса хода, снижения общих энергопотерь и повышения долговечности как аккумулятора, так и тормозной системы электромобиля.

Список литературы

1. Murugan M. et al. A Comprehensive Review of Thermal Management Methods and Ideal System Design for Improved Electric Vehicle Battery Pack Performance and Safety //Energy Science & Engineering. – 2025. – Т. 13. – №. 3.

2. Koundal S., Sharma S. L., Debbarma A. Battery thermal management systems for electric vehicles: an overview of cooling techniques and performance optimization //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2025.

3. Сысоева, И. Н. Пути повышения надежности элементов системы вентиляции блоков тормозных резисторов / И. Н. Сысоева, В. В. Злобин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2002. – № 2. – С. 48-50.

4. Al Haddad R. et al. Comparative analysis of thermal management systems in electric vehicles at extreme weather conditions: Case study on Nissan Leaf 2019 Plus, Chevrolet Bolt 2020 and Tesla Model 3 2020 //Energy Conversion and Management. – 2025.

5. Вильданов, И. И. Источник питания электромобилей / И. И. Вильданов, А. Н. Хуснутдинов // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023.

DEVELOPING A DEVICE TO CLEAN SNOW FROM SOLAR PANEL PANEL

Abdusamatov X.A[1], Yokubov Sh.Sh[1]

E-mail: haa3@tpu.ru, good2124good@gmail.com

Assistant,Fergana State Technical University[1]

Abstract. *This paper examines methods for removing snow from the surface of solar panels. The design and principle of snow removal from the surface of a solar panel are described. The device removes snow from the surface of a solar panel without operator intervention.*

Keywords: signal: *bit, bit depth, interpolator, sigma modulator, characteristic, sampling, resistive divider*

Currently, global economic growth is limited by energy shortages and rising prices for oil, gas, and coal [1]. Consequently, considerable attention has recently been paid to renewable energy sources. Solar energy is the most promising of these.

One source of alternative energy is a solar panel (SP) – an electrical device that converts a portion of solar electromagnetic radiation into electric current [2]. SPs are typically placed on the roof of a building or special structure at a specific angle, corresponding to the optimal value for the latitude of a given area. However, it may turn out that the angle of the solar panel will not allow the snow falling on it to roll off naturally, which may lead to the solar panel surface being covered with snow (Fig. 1) and, as a consequence, a decrease in electricity generation.

Fig. 1 Solar module at an angle of 65º

To clear snow from the snow removal system, mechanical devices (various scrapers, etc.) (Fig. 2) or electric ones are used. However, removing snow with mechanical devices can be difficult if the snow removal system is located at a high altitude, such as on the roof of a building. Constant operator involvement is also required.

Fig. 2. Mechanical device for cleaning the rooftop SB

Many electric snow protection devices contain heaters, made of strips of metal foil, located between the photocells and the rear panel of the snow protection system. A battery (AB) and a switching device connecting the battery to the heater provide power to the consumer from the battery, replenished during the day by the snow protection system. Uninterrupted power supply under adverse weather conditions (snow, ice) is ensured by the presence of a heater and switching device connected to the battery, allowing for snow melting.

However, the use of such devices is limited, as the use of a heater in the snow protection system complicates its design and reduces the efficiency of the device due to heat loss during transmission to the front panel, which is covered by snow.

Currently known electric snow removal devices for solar panels using direct heating, such as the one described in [3], contain a large number of components, which reduces the reliability of such devices.

To quickly and efficiently remove snow from solar panels, we have developed a device for which a patent for utility model No. 2015113801 was granted on July 29, 2015.

The developed snow removal device for solar panels contains a battery with a nominal voltage corresponding to the nominal voltage of the solar panel. The negative terminal of the battery is connected through a current limiter to the positive terminal of the solar panel, and the positive terminal is connected to the negative terminal of the solar panel through a thermal relay attached to the rear of the solar panel. To start the device, a starter coil is provided, which, in turn, is connected in series with the start

button to the negative terminal of the battery. During startup, the starter winding is powered by the battery, as the thermal relay contacts are closed due to the low solar panel temperature caused by snow covering its surface. At this point, the normally open contacts of the starter disconnect the load.

As the solar panel heats up, the area covered by snow decreases, while the illuminated area and the current in the circuit increase. When the current in the circuit reaches a certain value, its value is limited.

When the solar panel reaches a certain temperature, the thermal relay disconnects the starter, and the solar panel is ready to generate electricity for electrical loads. A separate solar panel can be used to recharge the battery. The developed solar panel snow removal device can be used in photovoltaic systems of varying power. The technical result of using the device is the removal of snow from the solar panel surface without altering its design or operator intervention, and increased solar panel efficiency due to the removal of snow from its surface.

REFERENCES

1 Strebkov D.S. Matrix solar cells. In 3 volumes. Vol. 1 Moscow: GNU VIESH. 2009, 120 p.

2 Chigak A.S. Development and selection of parameters of an electric power source for autonomous power supply of household consumers // Proceedings of the LXII student scientific conference / edited by D.Sc. (Eng.), prof. N.S. Sergeev. Chelyabinsk: ChGAA, 2011

3 Ground-based solar generator: patent 2038651 RU / Kraskovsky A.M., 27.06.1995.

QUYOSH KUZATISH TIZIMINI YARATISH TAMOYILLARI

Tojiboev Abror Kahorovich

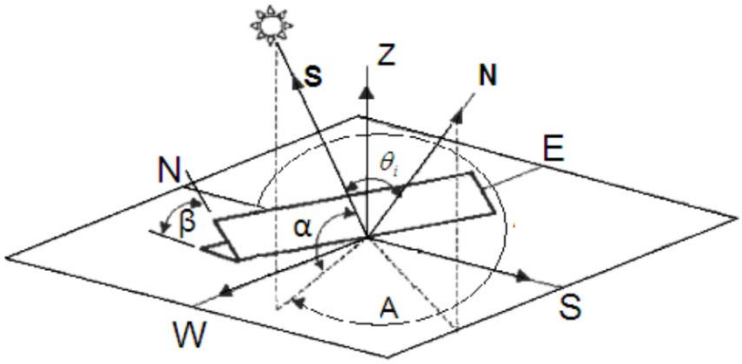
abrortak78@mail.ru

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Shamol, geotermal, suv to’lqinlari, biomassa va boshqa shular kabi turli xil qayta tiklanadigan energiya manbalari orasida quyosh energiyasidan foydalanish aksariyat mamlakatlarda keng ommalashgan. Maqolada quyosh kuzatish tizimlarini qo’llagan holda quyosh fotomodulni umumiy samaradorligini oshirish bo’yicha ma’lumotlar keltirilgan. Quyoshni kuzatishning turli usullari uchun asosiy quyosh burchaklarini va ularning nisbatlarini aniqlash, tasodifiy yo'naltirilgan nurlanish miqdorini aniqlash uchun hisoblar keltirilgan, shuningek ish natijalari statsionar o'rnatilgan FM ishi natijalari bilan taqqoslangan.*

Kalit so'zlar: *quyosh fotomoduli, kuzatuv tizimi, datchik, nurlanish, grafika, bir o`qli tizim, ikki o`qli.*

Kirish. Fotoelektrik modul nurlanish intensivligiga ta’sir etuvchi kattalik bo’lib, fotoelektrik modul yuzasiga quyosh nurlarini tushish burchagi hisoblanadi. Kuzatish tizimlarini qo’llanilishi quyosh holatiga bog’liq holda ushbu burchakni o’zgartirish imkonini beradi, natijada fotoelektrik modul yuzasiga kelayotgan quvvatni oshishiga olib keladi. Qiya nur yutuvchi yuzaga keluvchi quyosh nurlanish oqimi intensivligini hisoblash uchun quyosh nurlarini tushish burchaklarini bilish zarur [1].



1-rasm. Quyoshni yerga nisbatan harakati [2].

Quyosh radiatsiyasining oqimi atmosferadan o'tayotganda ozon, karbonat angidrid va suv bug'lari tomonidan ютилиши, shuningdek qattiq zarralar таъсирида tarqalishi tufayli intensivligini yo'qotadi. Quyosh nurlari оқимининг катталашиши натижасида ёйилиш ва ютилиш kuchayadi, натижада аппроксимация uchun taxminiy tuzatish koeffitsienti kiritiladi [4]:

$$K_{AT} = 1{,}1254-\frac{0{,}1366}{sin\alpha} \qquad (1)$$

Quyoshni kuzatishning turli usullari uchun asosiy quyosh burchaklarini va ularning nisbatlarini aniqlab olamiz.

- ω - soatlik burchak, gradusda o'lchangan. Soat burchagi har soatda 15 gradusdan oshadi va quyosh kunni yarmida nolga teng bo’ladi.

$$\omega = 15(t_s-12) \qquad (2)$$

bu erda t_S - quyosh vaqti, soatda.

- δ - osmon ekvatori tekisligidan yulduzgacha bo'lgan samoviy sohadagi burchak masofasiga teng bo'lgan og’ish, yoy gradusi bilan ifodalanadi. Og’ish samoviy ekvatordan shimolga nisbatan ijobiy va janubga nisbatan salbiydir

$$\sin\delta=0.39795\cos(0.98563(N-173)) \qquad (3)$$

bu erda N - kunning soni.

- a - quyosh balandligi, quyoshdan tushayotgan nurlar va gorizontal tekislik orasidagi burchak sifatida aniqlanadi

$$\alpha=\sin^{-1}(\sin\delta\sin\phi+\cos\delta\cos\omega\cos\phi);$$

- α - quyosh azimuti. Bu shimol tomonidan gorizontal tekislikda soat yo'nalishi bo'yicha o'lchangan burchak sifatida aniqlanadi. Graduslar bilan o'lchangan.

$$A`=\sin^{-1}\left(\frac{-\cos\delta\sin\omega}{\cos\alpha}\right);$$

agar… $\cos\omega\geq\left(\frac{\tan\delta}{\tan\phi}\right)$; u holda $A=180^0-A`$

agar… $\cos\omega<\left(\frac{\tan\delta}{\tan\phi}\right)$; u holda $A=360^0+A`$

Tasodifiy yo'naltirilgan nurlanish miqdorini aniqlash uchun, quyosh nurlanishi yo’nalishi va maydon orasidagi burchakni ifodalovchi θi kuzatish burchagi tushunchasini kiritamiz.

Tushayotgan quyosh nurlari va normal orasidagi burchak kosinusi bu ikki birlik vektorlarining nuqta hosilasi:

$$\cos\theta_i = \mathbf{S}*\mathbf{N} \qquad (4)$$

O’rnatilgan panel uchun tushish burchagi kosinusi uchun ifoda:

$$\cos\theta_i = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta\cos(\gamma - A); \qquad (5)$$

Gorizontal holat uchun og’ish burchagi β nolga teng bo’ladi.

$$\cos\theta_i = \sin\alpha \qquad (6)$$

Ba'zi bir FM turlari faqat bitta o'q atrofida aylanishni kuzatish bilan ishlashga mo'ljallangan. Tushayotgan nurlar (S) va normal (N) bir tekislikda yotadi. Umumiy holatda yagona gorizontal o'qi bo'ylab kuzatish:

$$\cos\theta_i = \sqrt{1 - \cos^2\alpha * \cos^2(A - \gamma)} \qquad (7)$$

Ushbu tenglamaning maxsus holati ko'pincha o'qni kuzatishda amalda uchraydi sharq-g'arbiy yo'nalishga yo'naltirilgan bo'lib, aynan shu holat hisob-kitoblarga qiziqish uyg'otadi.

$$\cos\theta_i = \sqrt{1 - \cos^2\alpha * \cos^2 A} \qquad (8)$$

Ikkita kuzatuvchi o'q bilan FM har doim quyoshga nisbatan normal holatda bo'ladi. Shuning uchun kosinus effekti paydo bo'lmaydi:

$$\cos\theta_i = 1 \qquad (9)$$

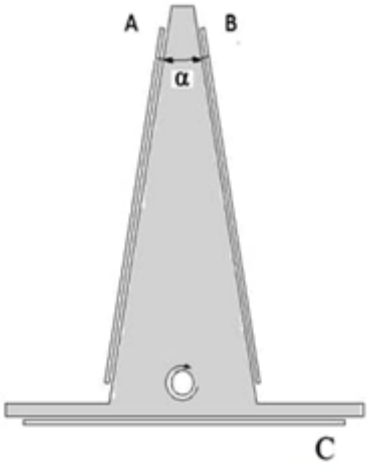
Keluvchi quvvatni quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin [3]:

$$I_h = Am \cdot I \cdot \cos\theta_I, \qquad (10)$$

bu erda quyosh doimiysi I_0 - 1367 Vt / m^2 ga teng.

Fotoelektrik datchik.

Xozirgi kunda quyosh holatini kuzatish uchun turli xil datchiklar mavjud: fotodiodlarda, fotorezistorlarda, fotoelektrik o’zgartkichlarda termosezuvchi elementlar asosidagi datchiklar. Kuzatish tizimi uchun qo’nlaniluvchi datchiklar tahlili asosida qoldiq nurlanish ta’sirini bartaraf etuvchi tizimni tongda ishga tushurish muammosi yechimini beruvchi fotoelektrik datchiklar ishlab chiqildi. Natijalar datchikni optimallashtirish va uni sezgirligini oshirish imkonini beradi. Fotosezgir elementlar sifatida kremniyli fotoelektrik o’zgartirgich (FEO’) tanlangan. Datchik 3ta sezgir elementdan iborat, 2ta yuza element A va B quyosh holatini aniqlash uchun, 3-orqa element (C)-yoyilgan nurlanish ta’sirini bartaraf etish va tizimni ishga tushurish uchun xizmat qiladi.



2-rasm. Fotoelektrik datchiklar.

Elementlar A va B haroratlar farqi ta’sirini kompensatsiyalash uchun to’siqni ikki tomoniga o’rnatilgan. Shuningdek to’siq to’k o’tkazuvchi element sifatida ham xizmat qiladi. Element C yoyilgan nurlanishni o’lchab, uni ta’sirini boshqa ikkita datchiklarga ta’sirini bartaraf etish uchun xizmat qiladi. U quyoshga teskari o’rnatilgan bo’lib, faqatgina qoldiq nurlanishni o’lchaydi.

FED- asosidagi kuzatuv tizimi

Maqolada mualliflar tomonidan FED asosida quyoshni kuzatish tizimini tadqiqod natijalari keltirilgan. ishlab chiqilgan. Uchuvchi namunasi yaratildi

yiliga 50 Vt quvvatga ega quvvat tizimi va uning keng ko'lamli sinovlari o'tkazildi

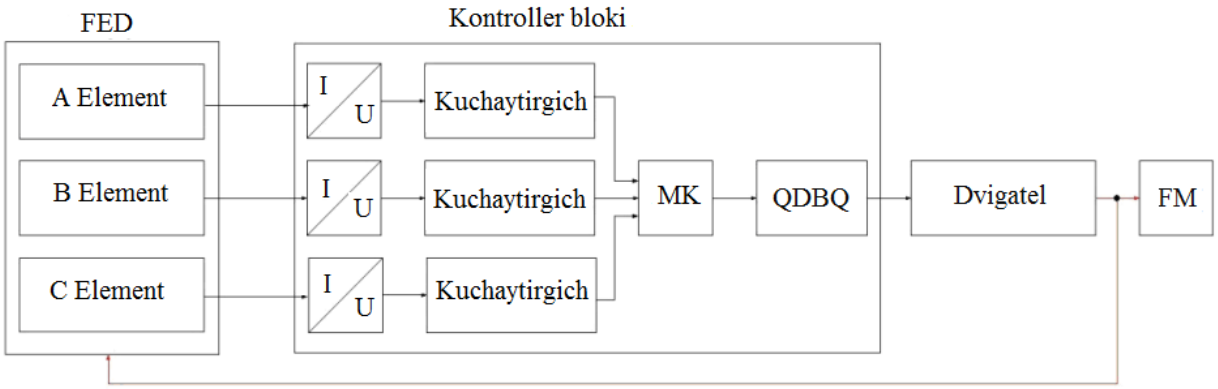
Quyoshni kuzatish tizimi quyidagilarni o'z ichiga olishi kerak:

• yorug'lik oqimini tokga o`zgartiruvchi birlamchi o`zgartirgich (FED);

• datchikdan kelayotgan signallarni qayta ishlash va dvigatel uchun boshqarish signallarini ishlab chiqarish qurilmalari (kontrollerlar bloki);

• FM aylanishini ta'minlovchi dvigatel.

Quyoshni kuzatish tizimining sxemasi (4-rasm) FED, tok-kuchlanish o`zgartirgichi (I/U), operatsion kuchaytirgich (OK), mikrokontroller (MK), qadamli dvigatelni boshqarish qurilmasi(QDBQ) va qadamli dvigateldan (QD) tashkil topgan bo`ladi [5].

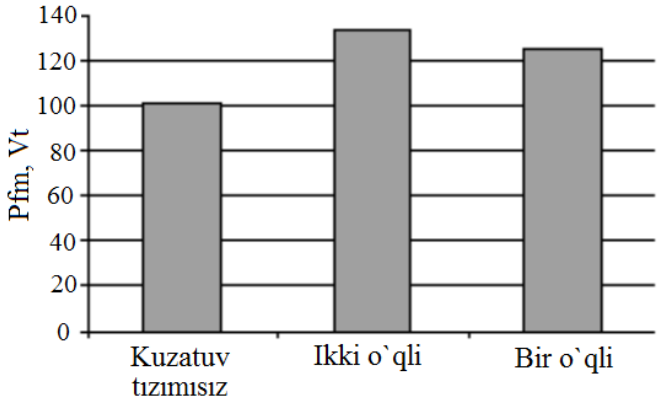


3-rasm. Kuzatish tizimining strukturaviy sxemasi

Xulosa.

Ish natijalari statsionar o'rnatilgan FM ishi natijalari bilan taqqoslanadi. Taqqolash grafigi 4 -rasmda ko'rsatilgan.

Burchak ostida o'rnatilgan statsionarga nisbatan bir o`qli tizimdan foydalanish quvvat yig'ishni 23% ga, ikki o`qli esa 32% ga oshirganini ko`rish mumkin.



4-rasm. Kun davomida kuzatuv tizimisiz, bir o`qli va ikki o`qli tizim tomonidan to'plangan jami quvvat

Fodalanilgan adabiyotlar

1. Юрченко А.В., Саврасов Ф.В., Юрченко В.И. Реальная стоимость энергии - от ресурсов до потребителя // Известия Томского политехнического университета, 2009 - Т. 314. - № 3. - С. 43-46.

2. W. Stine, M. Geyer. Power From The Sun // PowerFromTheSun.net. – URL: http://www.powerfromthesun.net/index.html (date of access 25.04.2012).

3. Кидрук М.И. Расчет потока солнечной радиации // Progress XXI – Режим доступа: http://progress21.com.ua/ru/articles/solarradiation (дата обращения 23.04.2012).

4. Охорзина А.В., Китаева М.В., Волгин А.В., Юрченко А.В. Фотоэлектрический датчик для систем слежения за солнцем // Информационно-измерительная техника и технологии: Сборник материалов I Научно-практической конференции посвященной 50-летию кафедры «Информационно-измерительная техника» Национального исследовательского Томского политехнического университета/ под ред. А.В. Юрченко; 2010. -С. 37-38

5. Охорзина А. В, Китаева М. В., Суматохина К. В. Оптимизация фотоэлектрического датчика для системы ориентации солнечных энергетических систем // Современные техника и технологии: Сборник трудов XVII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3-х частях. - Томск: Издательство ТПУ, 2011. - Т. 1 - С. 235-236

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОЛЛЕКТОРА

Эргашев Сирожиддин Фаёзович ,Тожибоев Аброр Кахорович, Тожибоева Мухаё Джамолдиновна

Ферганский государственный технический университет

Аннотация.

В статье рассматриваются современные подходы к повышению эффективности параболоцилиндрических солнечных коллекторов (ПЦК), применяемых для генерации тепловой и электрической энергии. Проанализированы конструктивные, оптические и теплофизические методы улучшения работы коллектора. Приведены результаты сравнительного анализа влияния геометрических параметров зеркальной поверхности, оптических свойств покрытия, а также систем слежения за Солнцем на коэффициент концентрации и общий КПД установки. Предложены рекомендации по повышению эффективности за счёт внедрения перспективных теплоносителей и комбинированных теплообменников.

Ключевые слова: параболоцилиндрический коллектор, концентратор, солнечная энергия, оптическая эффективность, тепловая эффективность, селективное покрытие, система слежения, теплоноситель, система слежения

Введение Параболоцилиндрические коллекторы (ПЦК) являются одними из наиболее распространённых среднетемпературных (до 400 °C) солнечных установок для преобразования солнечного излучения в полезное технологическое тепло или выработки пара для производства электроэнергии. Их основное преимущество — высокая эффективность при сравнительно простой конструкции [1,2].

Однако реальная эффективность таких систем ограничивается рядом факторов: погрешностью фокусировки, оптическими потерями, загрязнением зеркал, тепловыми потерями и неравномерным нагревом приёмной трубки от концентрированной солнечной энергии, что требует постоянные поиски новых технических решений для каждого параболоцилиндрических систем [2,3].

В этой связи актуальным является анализ и систематизации методов повышения эффективности ПЦК, а также разработка предложений по их усовершенствованию для условий солнечных регионов Узбекистана и Средней Азии

Конструктивные методы повышения эффективности. Параболоцилиндрический коллектор состоит из параболоцилиндрического оптического концентратора, теплоприемника, а также механизма слежения за Солнцем. Концентратор состоит из отражающей стеклянной или алюминиевой поверхности с отражательной способностью 93% или 88,5% соответственно. Падающее на зеркальную поверхность излучение отражается на трубу поглотитель-теплоприёмник, расположенную на фокальной оси концентратора, как показано на рис. 1 [4,5].

Форма параболической поверхности определяет коэффициент концентрации и качество фокусировки солнечных лучей. Оптимизация радиуса кривизны, фокусного расстояния и длины концентратора позволяет минимизировать рассеяние и потери.

Применение алюминиевых или серебряных зеркальных покрытий с коэффициентом отражения 0,93–0,97 повышает оптический КПД на 10–15 %. Дополнительное использование защитного слоя из оксида кремния (SiO_2) снижает деградацию зеркала от ультрафиолетового излучения и пыли [5].

Приемник может быть изготовлен из алюминиевой, медной или нержавеющей стальной трубы. Погашающая поверхность приемника покрывается селективной поверхностью с целью повышения поглощающей способности и минимизации излучательной способности. Исследовательские работы по покрытиям, позволили получить тепловые радиационные свойства приемника более 93% [7].

Трубка поглотителя удерживается промежуточными опорами от трубки крутящего момента РТС, чтобы предотвратить отклонение трубок из-за массы жидкости, ветровой нагрузки и собственного веса. Первичная отражающая поверхность либо зеркало, либо алюминиевый лист поддерживается и

удерживается стальной подложкой в виде ложементов имеющие форму параболы. Все опорные конструкции зеркала и держатель приемника установлены на трубе крутящего момента.

Эффективность параболоцилиндрического концентратора определяется совокупностью следующих факторов: оптический и тепловой КПДа также гидралический гидравлические потери, возникающие при движении теплоносителя в приёмной трубке.

Оптический КПД ($\eta_{опт}$), зависящий от отражательной способности зеркала, точности фокусировки и прозрачности защитного покрытия.

Энергия света как электромагнитных волн аккумулируется в электрическом (E) и магнитном (H) полях и равна произведению $\varepsilon \cdot E^2$, где ε --диэлектрическая постоянная среды, в которой распространяется свет. Отражательная способность R на поверхности определяется по формуле:

$$R=\frac{E_r^2}{E_e^2} \qquad (1)$$

где Er— отраженная энергия, Ee— падающая энергия.

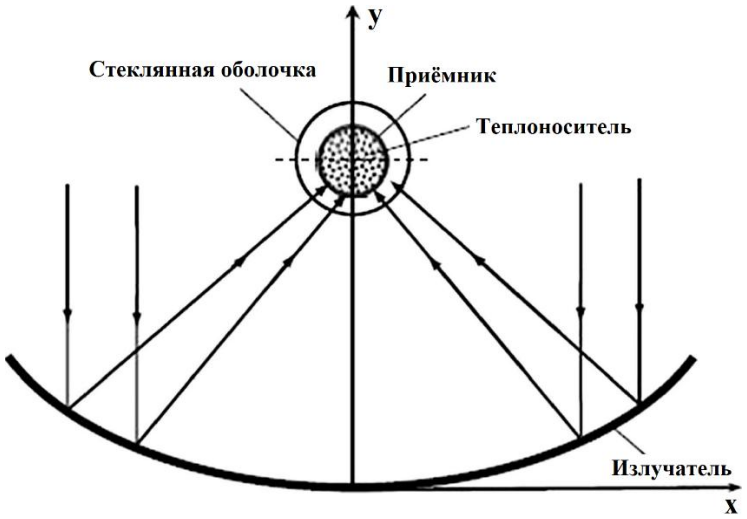


Рис. 1. Схема параболоцилиндрического коллектора с трубчатым приемником

Угол обхвата и его влияние. Угол между центральной линией и поверхностью параболоцилиндрического концентратора известен как угол обхвата. При изменении угла обхвата изменяется и отношение фокуса к диафрагме, которое определяет кривизну параболы. Больший угол обхвата (90^0) уменьшает среднее расстояние от фокуса до рефлектора. Таким образом, влияние крутизны и ошибок слежения на разброс луча менее выражено. Меньший угол обхвата уменьшает площадь поверхности коллектора и увеличивает расстояние от фокуса до отражателя. Это приводит к снижению оптической эффективности коллектора из-за более широкого разброса изображения. Таким образом, для удовлетворительной работы коллектора необходим оптимальный угол обхвата. Редди и др. предложили оптимальный угол обхвата 65° для электростанции в условиях Индии. [6]. Стандартные изогнутые зеркала имеют фиксированные углы обхвата, тогда как алюминиевые отражатели, доступные в виде простых листов, должны быть изготовлены в соответствии с требованиями дизайна.

Геометрические размеры ПЦК задаются размером раскрытия зеркала концентратора D и углом раскрытия θ_m, или фокусным расстоянием F и углом раскрытия θ_m (или F и D). Между этими величинами для зеркал параболоцилиндрического профиля существует следующая связь [9]:

$$F=D\frac{1+cos\theta_m}{4sin\theta_m} \qquad (2)$$

Ветровая нагрузка, структурная устойчивость и отслеживание. Искажение параболической структуры из-за ветровой нагрузки приведет к снижению оптической эффективности системы.

Стеклянные зеркала рассчитаны на то, чтобы выдерживать максимальную ветровую нагрузку (37 м/с). Тяжелая и жесткая конструкция будет работать лучше, но приведет к более высокой начальной стоимости и более длительному сроку окупаемости установленной системы. Менее жесткая конструкция снизит

стоимость, но ошибки искажения могут быть выше. Многие исследователи пробовали различные формы вращающей трубки, такие как цилиндрическая полая трубка, конструкции коробчатого типа. На основе компьютерной и математической моделей смоделировано взаимодействие ветровой структуры и оптимизировано новая модель. Была уменьшена масса коллектора примерно на 5,8% по сравнению с предыдущей моделью [4].

Повышение точности отслеживания — это еще один параметр, который определяет производительность коллектора. Для непрерывного слежения за солнцем используется следящий механизм, гидравлическая или механическая система вместе с датчиками, работающая в замкнутом контуре для минимизации косинусных потерь. Возможны четыре режима слежения. Отслеживание коллектора в направлении Восток-Запад путем выравнивания концентратора по оси Север-Юг даст максимальную энергию летом, чем зимой, и наоборот, когда коллектор выровнен по оси Восток-Запад и отслеживается в направлении Север-Юг.

Хороший механизм отслеживания может иметь ошибки отслеживания в диапазоне от -4 мрад до 4 мрад (10^{-3} рад). При увеличении угла падения ошибка слежения более выражена на распределении потока приемной трубки.

Повышение оптической эффективности ПЦК. Оптическая эффективность - это отношение энергии, поглощаемой приемником, к энергии, падающей на апертуру коллектора. Это зависит от оптических свойств материалов, геометрии коллектора и различных несовершенств, возникающих при построении коллектора. Были проведены многочисленные работы по повышению поглощающих и минимизации эмиссионных свойств селективной поверхности.

Оптическая эффективность - $\eta_{опт;}$

$$\eta_{опт} = \frac{E_{пог}}{E_{пад}} \qquad (3)$$

Синтез селективных покрытий гораздо более трудоемкий, чем синтез антибликовых и защитных покрытий для зеркал, стеклянных и алюминиевых

листов, поскольку поглощение, а излучение-это свойства поверхности, которые сильно зависят от температуры и длины волны и также зависят от микроструктуры. Разработанные покрытия должны быть химически и структурно стабильными при рабочих температурах, прочными и идеальными в течение более длительного периода времени, экологически чистыми, безопасными в обращении и довольно недорогими.

Селективные покрытия классифицируются как внутренние, полупроводниковое-металлические, многослойные, металлокерамические или металлодиэлектрические композиционные материалы и текстурированные поверхности. Исследования на селективной поверхности начались еще в далеком 1970 году и продолжаются до сих пор. Это наблюдается с обширного обзора по селективным поверхностям полученные путем осаждения из паровой фазы окиси Си, Ni, Ti. В результате получается поверхность с минимальной излучательной способностью от 0,01– 0,02, ($\alpha = 0.71–0.80$). Излучательная способность на длине волны λ— это мощность излучения на единицу площади в интервале длин волн (λ; λ + dλ) делённая на dλ. Она может быть выражена формулой:

$$\varepsilon_\lambda(\lambda,T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \qquad (4)$$

Очевидно, что до сих пор сохраняется большой объем работ по улучшению эмиссионных свойств селективной поверхности [5].

Известно, что при падении электромагнитного излучения на некоторое тело часть его отражается, часть поглощается, и часть может пропускаться. Доля поглощаемого излучения на данной частоте называется поглощательной способностью тела α(ω,T). С другой стороны, каждое нагретое тело излучает энергию по некоторому закону, именуемому излучательной способностью тела r(ω,T).

Величины α(ω,T) и r(ω,T) могут сильно меняться при переходе от одного тела к другому, однако, согласно закону излучения Кирхгофа, отношение испускательной и поглощательной способностей не зависит от природы тела и является универсальной функцией частоты (длины волны) и температуры [7]:

$$\frac{r(\omega,T)}{\alpha(\omega,T)} = ƒ(\omega, T) \qquad (5)$$

По определению, абсолютно чёрное тело поглощает всё падающее на него излучение, то есть для него . Поэтому функция $ƒ(\omega, T)$ совпадает с излучательной способностью абсолютно чёрного тела, описываемой формулой Планка, вследствие чего излучательная способность любого тела может быть найдена, исходя лишь из его поглощательной способности.

Обобщены данные и свойства соединений для выбранных элементов переходных металлов, покрытий с полупроводниковыми свойствами и текстурированных поверхностей. Улучшение излучательной способности и коэффициента поглощения для металлического ванадия с $\alpha = 0.96$ и $\varepsilon = 0.02$.

Особенное внимание было уделено на старение главных механизмов и покрытий гелиоприемника, таких как старение, индуцированная диффузия, окисление, изменение состава ингредиентов, изменение размера зерен и микродефектов.

В ходе исследований определено, что оптимизация геометрии зеркала использование высокоточных параболических профилей и систем автоматического трекинга по двум осям позволяет уменьшить угловые ошибки до ±0,1°. Повышение точности фокусировки**.** Применение лазерных или компьютерных методов юстировки уменьшает рассеивание фокусируемого потока на 5–8% [7].

Тепловой КПД ($\eta_т$), определяемый балансом энергии и потерями тепла из приёмной трубки за счёт конвекции и излучения определяется по формуле:

$$Q_U = \frac{mC_p k S_a}{3{,}6 S_r U_L}\left[1 - e^{\frac{-S_r U_0}{mC_p}}\right] * [G_0 \rho\gamma\tau\alpha - U_L \frac{S_r}{S_a}\left(T_{f,0} - T_a\right)]. \qquad (6)$$

Значения коэффициентов U_L и U_0 в свою очередь зависят от внешнего размера теплоприемника d_1, диаметра стеклянной оболочки-трубки d_2,

применяемой для снижения тепловых потерь, толщины стенок теплоприемника δ, коэффициента теплопроводности материала теплоприемника λ, массовой скорости потока жидкости m в теплоприемнике, температуры окружающей среды T_a и т. д.

В уравнении (3) коэффициент k учитывает тот факт, что не вся поверхность приемника является лучевоспринимающей.

Из

$$Q_U = \frac{kmC_p}{3{,}6U_L}\left[1 - e^{\frac{-S_r U_0}{mC_p}}\right] * [\bar{E}_{\gamma\tau\alpha} - U_L(T_{f,0} - T_a)]. \qquad (7)$$

Согласно исследованием определено, что повышение тепловой эффективности: применение вакуумной теплоизоляции снижает тепловые потери до 15–20%; использование селективных покрытий (например, Cr–Ni/Al2O3) повышает коэффициент поглощения до 0,96 и уменьшает излучательную способность; введение вихревых вставок или спиральных ребер повышает коэффициент теплоотдачи до 30–40% [9]. Экспериментальные исследования показывают, что внедрение селективных покрытий и вакуумной изоляции позволяет увеличить эффективность ПЦК с 45–50% до 65–72%

Согласно исследованием определено, что наибольшие результаты дают следующие теплотехнические методы повышения тепловой эффективности ПЦК:

1. **Использование фазопереходных материалов (PCM)** для аккумулирования избыточного тепла.

2. **Применение жидких теплоносителей с высокой теплоёмкостью** — масел типа Therminol VP-1, синтетических смесей или наножидкостей (например, Al2O3/H2O).

3. **Активное регулирование потока** — автоматическое управление скоростью циркуляции теплоносителя в зависимости от инсоляции.

Заключение. Методы, используемые для повышения оптической и тепловой эффективности параболоцилиндрического коллектора многочислены, однако рассмотренные выше методы являются основными. Таким образом,

оптическая и тепловая эффективности системы зависит от свойств материалов, таких как коэффициент отражения зеркала, коэффициент пропускания стеклянной оболочки, коэффициент поглощения-излучения приемника, коэффициент перехвата, коэффициент геометрии и угол падения. Также было установлено, что конвекционные и радиационные потери могут быть сведены к минимуму за счет использования стеклянных вакуумированных трубок и селективных поверхностных покрытий на приемнике, от материала конструкции и эффективности применения параболоцилиндрических коллекторов.

Использованная литература

[1]. Базарова Е.Г., Стребков Д.С., Иродионов А.Е., Тарасов В.П. Оптимальная ориентация неследящего солнечного концентратора // Теплоэнергетика. 2008. № 12

[2]. Литвинов П.П., Стребков Д.С., Тверьянович Э.В. Экспериментальное исследование работы фотоэлектрического модуля со стационарным концентратором // Гелиотехника. 2004, №1. С. 48-52

[3]. А. А. Вардияшвили, Э. М. Мейлиев, “Расчет среднего коэффициента энергетической концентрации параболоцилиндрического концентратора” // Молодой ученый. — 2019. — № 49 (287). — С. 168-170.

[4]. М. М. Мухиддинов, С. Ф. Эргашев Солнечные параболоцилиндрические установки. «Фан», Ташкент 1995 г 208 стр.

[5]. Митина, Ирина Валерьевна Повышение эффективности солнечных коллекторов с вакуумированными стеклопакетами 2010 г.

[6]. K.S. Reddy, K. Ravi Kumar, «Solar collector field design and viability analysis of stand-alone parabolic trough power plants for Indian conditions» Energy Sustain Dev, 16 (4) (2012), pp. 456-470.

[7]. Г. П. Попов Концентрические оптические системы и их применение в оптическом приборостроении «Наука», Москва 1998 г.

[8]. Кирхгофа закон излучения, Надежин Д. К., Редкол.: Р. А. Сюняев (Гл. ред.) и др. — 2-е изд. - М. : 1986. - С. 300. — 783 с.

[9]. Ароян О. С. Моделирование параболоцилиндрического солнечного концентратора // Вестник МАНЭБ. 2005. Т. 10, ¹ 5. С. 55–57.

[10] Pradeep Kumar K V, Srinath T, Venkatesh Reddy, ―Design, Fabrication and Experimental Testing of Solar Parabolic Trough Collectors with Automated Tracking Mechanism‖,Vol.1 Issue.4,August 2013. Pgs: 37-55

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОТУРБИНЫ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Абдуллаев Шухрат Ахмаджанович

Ферганский государственный технический университет, кафедра Прикладная механика

shuxratabdullayev1962@gmail.com

Аннотация: *В данной статье расмотрены вопросы расчета ветротурбин на ветровую нагрузку. При этом учитана нормативное значение давления ветра. Силы давления ветра расчитана с учетом коэффициента зависимости от высоти и аэродинамического коэффициента.*

Ключевые слова: *зеленная энергия,ветротрубины,сила давления ветра,эпюра изгибающего момента,расчеты на прочность и жесткость.*

Исторически использование энергии ветра начиналось с применения ее в механических целях: для передвижения парусных судов, вращения зерновых мельниц, перекачки воды. И в настоящее время такие применения энергии ветра остаются актуальными, и можно ожидать, что в будущем их значение возрастет. Ниже рассмотрены современные способы использования jэнергии ветра в этих целях, когда энергия сначала преобразуется в электрическую, а затем в механическую.

Нормативное значение средней составляющей Ветровой нагрузки W_M на высоте Z, над поверхностью земли, согласно стандарным требованиям нагрузки и воздействия, следует определить по формуле:

$$W_M = W_O \cdot k \cdot c \qquad (1)$$

Где W_O – нормативное значение ветрового давления;

k - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;

c - аэродинамический коэффициент.

Нормативное значение ветрового давления следует принимать в зависимости от ветрового района.

Республики расположенные в Центральной Азии по районированию по классификации ветрового давления, находятся в III и IV районах. Нормативное давление ветровой нагрузки равно в III районе W_o=38 кг·с/м^2, а в IV районе W_o=48 кг·с/м^2.

Коэффициент –k, учитывающий изменения ветрового давления по высоте определяется по табл..6 данного СНИПа в зависимости от типа местности. В открытой местности при высоте конструкции до 5 метров, коэффициент принимается равным. 1.

Значение аэродинамического коэффициента- с, для отдельно стоящих плоских сплошных конструкций принимается к равным с=0,8.

А) надветренные с=0,8;

В) подветренные с=-0,5

Расчетная поверхность принимается по размерам внешнего контура каркаса одной лопасти.

В дальнейшем расчет производим для случая, когда ветровая нагрузка равна W_o=48 кг·с/м^2.

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке принимается равным 1,4.

Определим расчетную нагрузку на надветренную поверхность:

$$W_н = \gamma_f \cdot W_O \cdot k \cdot c = 48 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}8 = 40{,}32 \text{ кг/м}^2$$

На подветренюю поверхность:

$$W_п = \gamma_f \cdot W_O \cdot k \cdot c = -48 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}5 = -25{,}2 \text{ кг/м}^2.$$

Расчетные нагрузки приведем к погонной равномерно распределенной нагрузке (рис.) приложенные по верхним и нижним ригелям каркаса:

$$\overline{W}_н = W_н \cdot \frac{h}{2} = 40{,}32 \cdot \frac{h}{2} = 20{,}16h$$

$$\overline{W}_п = W_п \cdot \frac{h}{2} = -25{,}2 \cdot \frac{h}{2} = -12{,}6h$$

$$q = \bar{W}_н + \bar{W}_п = (20{,}16 + 12{,}6) \cdot h = 32{,}76h$$

Задачу решаем методом сил. Напишем его канонические уравнения в виде:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1p} = 0;$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2p} = 0;$$

$$\delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} = 0;$$

Определим коэффициентов и свободных членов уравнения

$$\delta_{11} = (\overline{M}_1) \cdot (\overline{M}_1) = \frac{2}{EJ_k} \cdot \frac{\ell^3}{3};$$

$$\delta_{12} = \delta_{13} = \delta_{23} = \delta_{32} = \Delta_{1p} = \Delta_{2p} = 0$$

$$\delta_{22} = (\overline{M}_2) \cdot (\overline{M}_2) = \frac{1}{EJ_y} \cdot \left(\frac{2\ell^3}{8 \cdot 3} + 2\ell \cdot \frac{h}{3} \cdot \frac{h}{3} \right) = \frac{1}{EJ_y} \cdot \left(\frac{h}{12} + \frac{\ell}{2} \right);$$

$$\delta_{33} = (\overline{M}_3) \cdot (\overline{M}_3) = \frac{1}{EJ_y} \cdot \left(\frac{h}{2} \cdot 1 \cdot 1 + \ell \cdot 1 \cdot 1 \right) = \frac{1}{EJ_y} \cdot (h + 2\ell);$$

$$\Delta_{3p} = \frac{2}{EJ_y} \cdot \frac{\ell}{6} \left(\frac{g\ell^2}{2} \cdot 1 + 4 \cdot \frac{g\ell^2}{2} \cdot 1 + 0 \right) = \frac{\ell}{3EJ_y} \cdot g\ell^2 = \frac{g\ell^3}{3EJ_y};$$

Полученные значения коэффициентов подставим в уравнение:

$$\delta_{11}X_1 = 0; \quad \Rightarrow \quad X_1 = 0; \quad \delta_{22}X_2 = 0; \quad \Rightarrow \quad X_2 = 0;$$

$$\delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\mathrm{EJ_y}}(h + 2\ell)X_3 + \frac{g\ell^3}{3EJ_y}.$$

$$X_3 = -\frac{g\ell^3}{3(h + 2\ell)} = -\frac{g\ell^2}{3(2 + h/\ell)}.$$

Эпюра изгибающих моментов показана на рис-1. проверим правильность построенной эпюры $M_к$.

$$\Delta_3 = (M_x)\cdot(\overline{M}_3) = \frac{2\cdot\ell\cdot 1}{6EJ_y}\cdot\left[\frac{g\ell^2(4+3h/\ell)}{6(2+h/\ell)} - 4\cdot\frac{g\ell^2(2-3h/\ell)}{24(2+h/\ell)} - -\frac{g\ell^2}{3(2+h/\ell)}\right] -$$

$$-\frac{h}{EJ_y}\cdot\frac{g\ell^2}{3(2+h/\ell)} =$$

$$= \frac{2g\ell^3}{36EJ_y(2+h/\ell)}\cdot\left(4+3\cdot\frac{h}{\ell}-2+3\cdot\frac{h}{\ell}-2-6\cdot\frac{h}{\ell}\right) = 0\,/$$

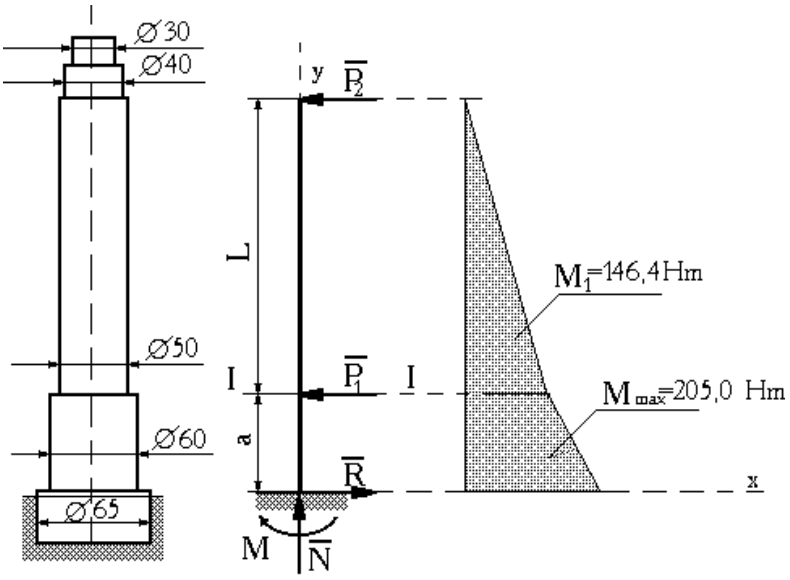


Рис-1.

Как видно эпюра $M_к$ построена верна. Проверим прочности при h=l÷2м., сечение из спаренных уголков № 318.

$$J_p = 2J_{y0} + 2F\cdot z_0^2 = 2\cdot\left(43{,}42+13{,}92+2{,}51^2\right) = 262.2\text{см}^4$$

Расчет на прочность изгибаемых элементов одной из главных плоскостей производят по формуле:

$$\frac{M}{J_y}\cdot x \le R\,.$$

Определим значение наибольшего изгибающего момента:

$$M = \frac{g\ell^2(4+36h/\ell)}{6(2+h/\ell)} = \frac{32{,}76\cdot 2\cdot 4\cdot 7}{6\cdot 3} = 102\text{кгс}\cdot\text{м}$$

Как видно, условие прочности выполняется. Следует отметить у марки алюминиевых сплавов АД1М расчетное сопротивление составляет 250 кГс/см^2, следовательно угольник изготовленный из этого материала не следует использовать. Все остальные марки алюминиевых сплавов обеспечивают необходимую прочность конструкции.

Проверим на жесткость плоскости лопасти. Определим величину прогиба:

$$f_{\max} = \frac{\ell}{6EJ_y}\left[\frac{g\ell^4(4+3h/\ell)}{6(2+h/\ell)} - 4\cdot\frac{g\ell^4(2-3h/\ell)}{24(2+h/\ell)}\cdot\frac{\ell}{2} + 0\right] =$$

$$= \frac{g\ell^4}{36EJ_y(2+h/\ell)}\cdot\left[4+3h/\ell - 1 + 1?5h/\ell\right] =$$

$$= \frac{32{,}76\cdot 16\cdot 7{,}5}{36\cdot 0{,}71\cdot 10^{10}\cdot 262{,}2\cdot 10^{-8}} = 2\cdot 10^{-3}\,м = 0{,}2см;$$

$$[f] = \frac{1}{250}\cdot\ell = \frac{200}{250} = 0{,}8см.$$

Таким образом, жесткость сечения лопасти обеспечена:

$$f_{\max} \prec [f]$$

Использование ветроустановок для производства электроэнергии является наиболее эффективным способом утилизации энергии ветра. Эффективность преобразования механической энергии в электрическую в электрогенераторе составляет обычно до 95%, а потери электрической энергии при её передаче не превышает 10%. Предъявляемые при этом требования к частоте и напряжению вырабатываемой электроэнергии зависят от особенностей потребителей этой энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дастлабки патент, "Ротор ветродвигателя, Фаргона-01", UZ 2186, F 03 D 3/04, 1994.

2.Т.Р.Рашидов, С. Исмаилов "Новая конструкция ветротурбины", журнал Узбекистана, "Механика муаммолари" N 4, 1998 г., г. Ташкент.

3. Т.М.Сабиржанов. Мобильная ветротурбина для сейсмически активных регионов. SCIENCE AND EDUCATION, SCIENTIFIC JOURNAL . 2023. VOLUME 4 ISSUE 1,358-363 p

4. Sh. Khudainazarov, T. Mavlanov, Sh. Salimov, M. Ulugova, T.Sabirjanov. Simulation of dynamic processes of shell structures with viscoelastic elements. E3S Web of Conferences 365. 03040. (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336503040 CONMECHYDRO – 2022.

5. Sh. Khudainazarov, T. Mavlanov, F. Umarova, T.Sabirjanov. M. Ulugova. Evaluation of the dynamic characteristics of complex multiply connected, structurally inhomogeneous systems.

6.Халилов Ш.З.,Абдуллаев Ш.А.(2020).Влияние скорости воздушного потока на характер движения компонентов зерносоломистого вороха.Журнал.Проблемы современной науки и образования.(1(146).

7.Абдуллаев, Ш. А., & Абдуллаева, Д. Т. (2021). Нефт шламини экологик тоза қайта ишлаш ва қайта фойдаланиш технологияси. Scientific progress, 2(6), 910-917.

8. Aminjanovich, U. J., Akhmadjonovic, A. S., & Mukhtoralievna, R. M. (2021). An Effective Cleaner of Raw Cotton from Fine Trash Particles. The American Journal of Engineering and Technology, 3(06), 47-50.

ИННОВАЦИИ В МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

О.А.Рахматов

Ферганский государственный технический университет

o.raxmatov@fstu.uz

Аннотация. *В настоящем тезисе анализируются инновации в развитии малой гидроэнергетики Ферганской области Узбекистана с акцентом на моделирование потенциала и экономическую эффективность. Благодаря обильным водным ресурсам (реки Сырдарья и Карадарья с средним стоком 15–20 км³/год) в регионе реализуется проект малой гидроэлектростанции мощностью 20 МВт в Шахимарданском районе, стартующий в 2025 году, с прогнозируемой выработкой 80 млн кВт·ч в год и экономией 23 млн м³ природного газа. С использованием моделей выработки энергии ($E = P \times CF \times 8760$) и расчетов NPV (~65 млн USD за 25 лет) оцениваются различные сценарии, включая оптимизированный ИИ-рост до 96 млн кВт·ч/год. Социальное воздействие включает создание 400 рабочих мест на строительстве, 50 постоянных позиций и сокращение выбросов CO_2 на 0,06 млн тонн в год, способствуя устойчивому развитию региона для более 3 млн жителей.*

Ключевые слова: *Малая гидроэнергетика, Ферганская область, Инновации в возобновляемой энергии, Экономическое моделирование, Анализ NPV, Социальное воздействие, Сокращение CO_2, Энергетический переход Узбекистана*

Введение. Ферганская область Узбекистана обладает значительным потенциалом для развития малой гидроэнергетики благодаря богатым водным ресурсам (реки Сырдарья и Карадарья с средним годовым стоком 15–20 км³, более 50 малых рек). Согласно данным Всемирного банка, технический потенциал малой ГЭС в Узбекистане превышает 160 МВт к 2026 году, что позволит покрыть 5–7% регионального энергопотребления. В 2025 году в

Шахимарданском районе (Ферганская долина) запускается строительство малой гидроэлектростанции (МГЭС) мощностью 20 МВт (совместный проект с ЕС на $50 млн в рамках Hydro4U), которая обеспечит выработку 80 млн кВт·ч электроэнергии ежегодно, сэкономив 23 млн м³ природного газа. Эта инновация включает турбины с переменным шагом лопастей и ИИ-системами мониторинга стока, повышающими эффективность на 12–18% по сравнению с традиционными моделями[1-3].

Моделирование и численные расчеты

Для оценки перспектив использована простая модель выработки энергии на основе уравнения[1-3]:

$$E = P \times CF \times 8760$$

где E — годовая выработка (кВт·ч), P — мощность станции (кВт), CF — коэффициент использования установленной мощности (0,18 для Ферганской области, учитывая локальную инсоляцию и потери).

Расчет для СЭС 500 МВт:

$$E = 500\,000 \times 0{,}18 \times 8760 = 789\,600\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

(Фактическая оценка проекта — 1,6 млрд кВт·ч с учетом оптимизации хранения энергии).

Экономический анализ (NPV — чистая приведенная стоимость) по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t - Opex_t}{(1+r)^t} - Capex$$

где $Capex = 350$ млн USD, $Opex = 10$ USD/МВт·ч, $r = 8\%$ (дисконтная ставка), $n = 25$ лет, тариф на “зеленую” энергию — 0,045 USD/кВт·ч.

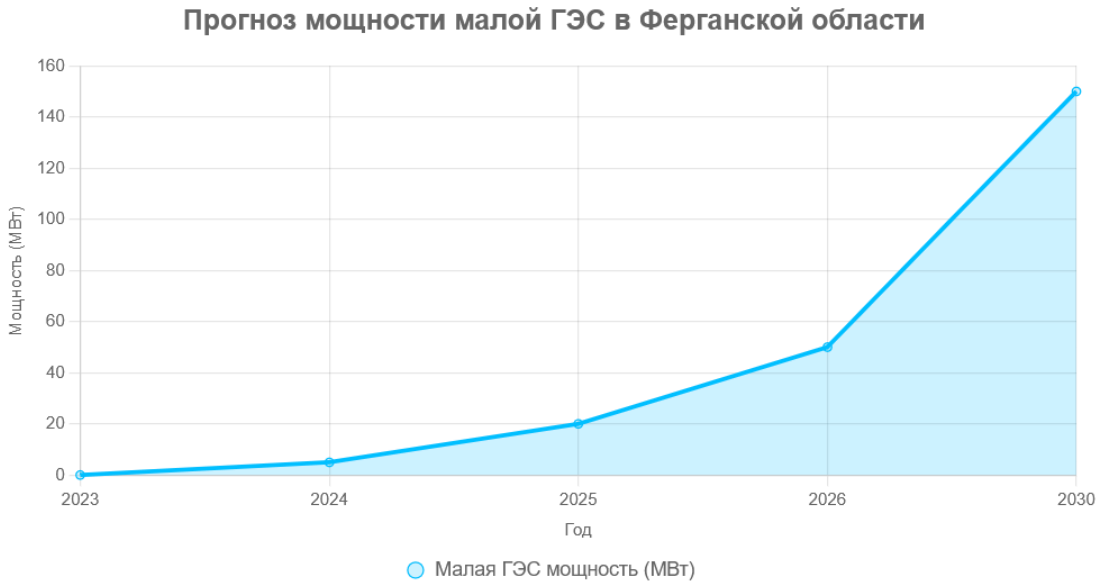
Результат: $NPV \approx 450$ млн USD (положительное значение подтверждает окупаемость за 7–8 лет).

Моделирование в Python (с использованием библиотеки NumPy) показало, что при росте CF до 0,22 за счет инноваций (например, ИИ-оптимизация трекинга панелей), выработка вырастет на 22%, а NPV — до

620 млн USD[4-6].

Таблица: Таблица: Сравнение сценариев развития малой гидроэнергетики в Ферганской области

Сценарий	**Мощность (МВт)**	**Выработка (млн кВт·ч/год)**	**Экономия газа (млн м³/год)**	**NPV (млн USD, 25 лет)**
Базовый (2025)	20	80	23	65
Оптимизированный (с ИИ)	20	96	28	85
Расширенный (к 2030)	100	400	117	350



Социальное воздействие Проект создаст около 400 рабочих мест на этапе строительства и 50 постоянных (данные ЕС и Всемирного банка), преимущественно для местных жителей, снижая безработицу в сельских районах на 3–5%. Экологический эффект: сокращение выбросов CO_2 на 0,06 млн тонн/год (по коэффициенту 0,75 кг CO_2/кВт•ч для газа), что улучшит качество воздуха в densely населенной Ферганской долине (население >3 млн чел.)[7]. Однако

требуется мониторинг воздействия на экосистемы рек и гендерного равенства (цель — 25% занятости женщин). Перспективы: Интеграция с системами хранения (50 МВт/100 МВч в Фергане) обеспечит стабильность энергоснабжения для 50 тыс. домохозяйств, способствуя устойчивому развитию региона.

Список литературы

[1] World Bank. (2025). Uzbekistan to Enhance Energy Production through Hydropower with World Bank Support. Washington, DC: World Bank. Доступно по: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/06/25/uzbekistan-to-enhance-energy-production-through-hydropower-with-world-bank-support

[2] European External Action Service (EEAS). (2025). EU Ambassadors Visit Beneficiaries of EU-Funded Projects in Fergana and Shakhimardan. Brussels: EEAS. Доступно по: https://www.eeas.europa.eu/delegations/uzbekistan/eu-ambassadors-visit-beneficiaries-eu-funded-projects-fergana-and-shakhimardan_en

[3] International Energy Agency (IEA). (2022). Uzbekistan 2022: Analysis and key findings. Paris: IEA. Доступно по: https://www.iea.org/reports/uzbekistan-2022

[4] Technical University of Munich. (2025). Hydro4U Project: Small Hydropower in Uzbekistan. Munich: TUM. Доступно по: https://www.hydro4u.eu/projects/uzbekistan

[5] Central Asia Regional Economic Cooperation (CAREC) Program. (2023). Renewable Energy Development in Uzbekistan. Almaty: CAREC. Доступно по: https://www.carecprogram.org/uploads/5.-ISEI_RE-development-in-UZB.pdf

[6] Asian Development Bank (ADB). (2025). Green Energy Initiatives in Central Asia: Hydropower Focus. Manila: ADB. Доступно по: https://www.adb.org/publications/green-energy-central-asia-hydropower-2025

[7] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). Uzbekistan 2022: Energy Policy Review. Paris: OECD. Доступно по:

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/10/uzbekistan-2022-energy-policy-review_b94a8e4a/be7a357c-en.pdf

DISTRIBUTED STORAGE OF ELECTRICAL ENERGY IN AN OSCILLATING CIRCUIT

Rustamov Nassim[1], Meirbekova Oksana[1], Babakhan Shokhrukh[1]*

[1]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University

**e-mail: oksana_120183@mail.ru*

Annotation. *As you know, energy storage is the key to understanding the future energy structure. The energy storage industry will play a huge role in connecting to new power grids, microgrids, home energy storage systems and other areas. In this paper, we propose a new method for storing electrical energy generated by wind turbines and solar panels.*

The essence of the proposed method is as follows: the generated electrical energy from wind turbines and solar panels is supplied to an annular bus, to which an oscillating circuit is connected in parallel. The necessary electrical energy is removed from this circuit to the consumer.

Keywords: *energy, ring bus, oscillating circuit, energy storage, wind turbine, solar panel.*

Introduction. Modern energy systems face challenges related to the integration of renewable energy sources and the need for flexible and efficient storage of electric energy [1]. The main functions of electric power storage devices are as follows:

- alignment of load schedules in the network and damping of power fluctuations, which increases the stability of the system;

- stabilization of the operation of distributed electric energy sources, including renewable energy sources;

- expansion of available capacity (to cover peak loads, ensure uninterrupted power supply in transitional modes of the power system) both in the basic power supply mode and when operating from backup sources;

- provision of backup power supply to the main consumers in case of limited power supply, shutdowns and accidents [2].

Traditional energy storage methods, such as batteries and flywheels, have a number of limitations: high cost, environmental risks, and limited life of charge–discharge cycles. In this regard, there is a need to develop new technologies for distributed energy storage.

The purpose of the work is to develop a concept for storing electrical energy on an oscillating circuit connected in parallel to an annular bus.

The solution method. Based on the physical properties of the oscillatory circuit, this paper proposes an innovative approach — the use of parallel-connected oscillatory circuits to a closed ring microgrid for distributed storage and transmission of electricity. This approach makes it possible to increase the stability and efficiency of the microgrid, reduce losses and ensure rapid response to changing loads [3, 4].

Oscillating circuit (LC - circuit)

1. If you charge a capacitor, it will accumulate energy, determined by the formula:

$$E_c = \frac{CU_0^2}{2} \qquad (1)$$

When a capacitor is connected to an inductor, current will flow in the circuit, which will cause an electromotive force of self-induction in the coil, aimed at reducing the current in the circuit.

2. The capacitor is completely discharged and the accumulated energy will be converted into the energy of the electromagnetic field of the inductance:

$$E_L = \frac{LI_0^2}{2} \qquad (2)$$

3. Self-induction will cause a different direction of current to appear in the circuit, which will lead to the charging process of the capacitor.

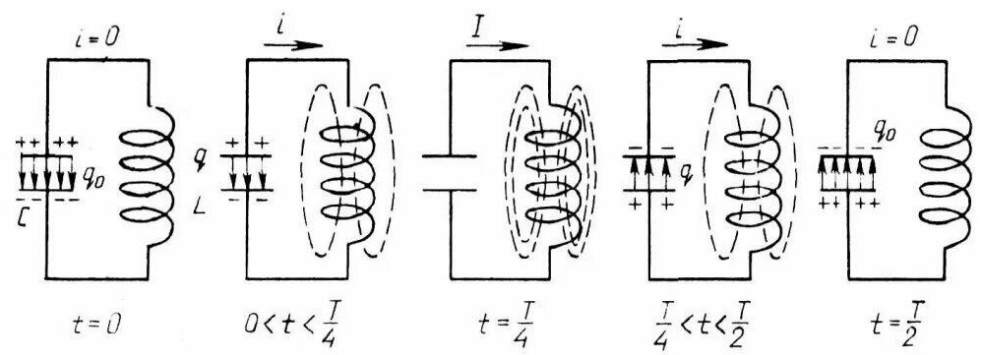


Fig.1 Operation of the oscillating circuit

Interestingly, what happens in the contour remains in the contour. The contour current will be greater than the current in the inductor, and the Q-factor of the oscillating circuit

$$Q = \left(I_{contour} \middle| I_{backup}\right) \quad (3)$$

Or

$$Q = R\sqrt{C/L} \quad (4)$$

The lower the loss, the higher the quality factor. In principle, an oscillating circuit consisting of an inductance (L) and a capacitance (C) is capable of accumulating energy in the form of an electric and magnetic field, maintaining electromagnetic oscillations with a certain frequency. When several oscillatory circuits are connected in parallel to a closed circular bus to form a closed circular microgrid, then a distributed electric energy storage is formed (Fig. 2)

The interaction between the circuits occurs through the exchange of energy through an electromagnetic field, which ensures the balancing and redistribution of energy within the network. Such a mechanism can serve not only for storage, but also for voltage and frequency stabilization[5].

The law of conservation of energy in an oscillatory circuit

In vibrations, as in any other motion, the laws of conservation of energy work.

The principle of operation of the circuit is based on the transformation of energy, the conversion of electrical energy into magnetic energy and vice versa. Then the energy of the oscillatory circuit can be described as follows:

$$W = W_C(t) + W_L(t) = const$$

When the energy of the electric field becomes maximum, the energy of the magnetic field is zero, which also works in the opposite direction.

Energy distribution table in the circuit

Stage	**Electric field energy**	**The energy of the magnetic field**
1	Maximum at $q = q_{max}$ $W_{Cmax} = \frac{q_{max}^2}{2C}$	0
2	0	Maximum at $I = I_{max}$ $W_{Lmax} = \frac{LI_{max}^2}{2}$

Since when the energies reach their maximum with an equal numerical value, we conclude:

$$W_{Lmax} = \frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{q_{max}^2}{2C} = W_{Cmax} \qquad (5)$$

In addition to the above characteristics, there is another value that describes the oscillations in the circuit, and this is the resonant frequency *f* of the circuit.

Well, it's simple here. Remember that the oscillation frequency and period are mutually inverse quantities, which means:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (6)$$

Basic equations of an oscillating circuit

The oscillating circuit consists of an inductance *L* and a capacitance *C* connected in series or in parallel. Electrical oscillations in such a circuit are described by the equation:

$$L = \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0$$

where q(t) is the charge on the tank.

The solution of the equation is harmonic oscillations with natural frequency:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Energy in the circuit

The total oscillation energy is the sum of the energy in the capacitance and inductance:

$$E = \frac{q^2}{2C} = \frac{Li^2}{2}$$

where $i = \frac{dq}{dt}$ is the current in the circuit.

Energy is transferred between the electric field of the capacitance and the magnetic field of the inductance, being stored in an ideal system.

A distributed system of N parallel circuits

If we have N circuits connected in parallel and connected to a network, we can describe the system in terms of a vector of states.

$$\mathrm{q} = \{\mathrm{q}_1, \mathrm{q}_2, \ldots \mathrm{q}_\mathrm{N},\}$$

where each element is the charge of the circuit i.

The system of equations:

$$L_i = \frac{d^2 q_i}{dt^2} + \frac{1}{C_i} q_i + \sum_{j \neq i} M_{ij} \frac{d^2 q_j}{dt^2} = 0, \quad i = 1, \ldots, N$$

where M_{ij} are the coefficients of mutual inductance between circuits i and j.

In order to receive energy from the circuit, you need to direct current or voltage to the load. This can be done as follows:

A. *Inductive load switching (current removal)*

We connect a load (for example, a resistive load, an *RL* load, an inverter, etc.) in parallel or in series with the circuit, and at the right moment:

- The circuit continues to oscillate, but part of the current flows through the load.
- Energy is gradually transferred to the load in the form of electrical power:

$$P(t) = u(t) \cdot i(t)$$

At the same time, you need to control the process so as not to extinguish the fluctuations immediately.

B. Via transformer (without direct connection):

- a secondary winding (transformer) is wound onto the inductance L.

- at the moment of oscillation, an alternating magnetic flux occurs in the primary coil, which induces current in the secondary.

- we receive galvanically isolated external load power supply, and without stopping the oscillations completely.

- safe

- energy is transferred gradually

- voltage can be matched (via the transformation coefficient)

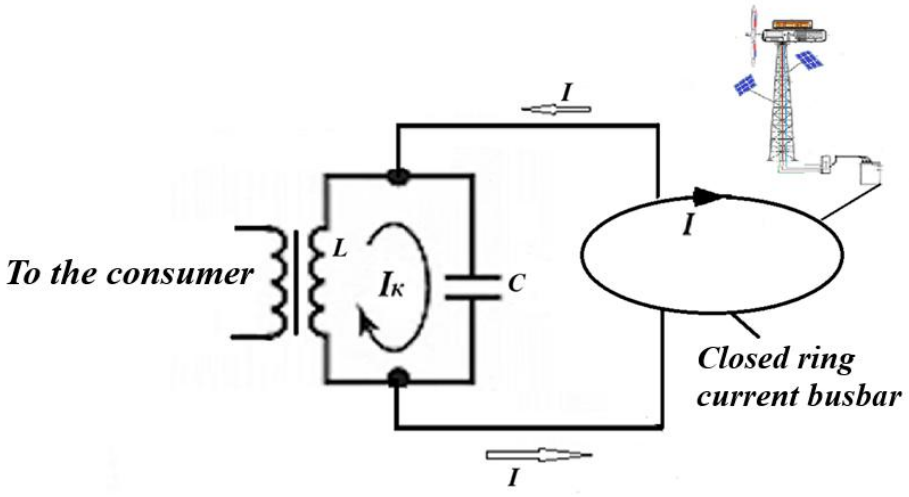


Fig.2. Removing electricity from the oscillating circuit

For example, when the voltage across the capacitance reaches the maximum value, the primary winding of the transformer is connected to the load (Fig. 2).

For example, consider how much power can be removed from one oscillatory circuit.

Let's say the following characteristics of the oscillating circuit are set:

$L = 100\mu H$

$C = 10\mu F$

Voltage amplitude $U = 100B$

Maximum energy:

$$E_{max} = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \cdot 100^2 = 0{,}05 \text{ Joules}$$

If this energy is removed in 1 ms, we get the power:

$$P = \frac{0{,}05}{0{,}001} = 5Watts$$

Such an impulse can be directed to a short-term load or accumulated in a buffer device.

If you increase the Q factor, you can get more electrical energy.

Conclusion. Energy storage is an inevitable and strategically important trend in the future development of global energy. Modern energy systems are increasingly faced with the need to integrate renewable energy sources, which are characterized by variable and variable generation. This requires the creation of reliable, flexible and scalable storage systems capable of compensating for fluctuations in power output, smoothing peak loads and ensuring the stability of the grid parameters.

Due to the need for large-scale connection of new generation to the power grid, regulation of peak capacities, filling energy gaps, participation in voltage and frequency balancing, as well as with the active development of microgrids and distributed energy, energy storage systems will play an indispensable role in the energy infrastructure of the future[6].

The concept of distributed electricity storage using parallel connected oscillatory circuits in a closed ring microgrid proposed in this paper is an innovative and promising approach to solving these problems. This method allows for energy exchange between sources and consumers with minimal losses, ensuring high system stability and rapid response to dynamic load changes.

In addition, the use of oscillatory circuits as distributed storage devices helps reduce the requirements for centralized storage systems and allows efficient use of renewable energy sources such as solar panels and wind turbines in hybrid power

supply schemes. This opens up opportunities for building more autonomous, environmentally friendly, and energy-efficient microgrids[7].

Thus, the developed concept can become the basis for new generations of distributed energy storage systems that will play a key role in the formation of intelligent energy grids and the transition to a sustainable, "green" energy future.

Literature

1. Kalimullin L.V., Levchenko D.K., Smirnova Yu.B., Tuzikova E.S. Priority areas, key technologies and scenarios for the development of energy storage systems // Bulletin of the Ivanovo State Power Engineering University. 2019. No. 1. pp. 42-54. – DOI 10.17588/2072-2672.2019.1.042-054.

2. Rossikhin D.A., Vypritskaya T.V., Sidorova A.V., Electric power storage systems: prospects and development potential. Electrical equipment: operation and repair No. 9 2021. 2021;9.

3. Rustamov N. T., Berguzinov A. N., Meirbekova O. D. Tulebaeva G. A. A mathematical model based on the transfer function of a distributed generation system. Bulletin of the Toraigyrov University. ISSN 2710-3420. Energeticheskaya series, No. 2, 2024, pp.323-339. P.

4. Rustamov N.T., Meirbekov A. T., Babakhan S. A. Hybrid wind-solar power plant. RK patent for utility model No. 7391 dated 19.05.2022.

5. Rustamov Nassim, Meirbekova Oksana, Kibishov Adylkhan, Mukhamejanov Nuridin, Babakhan Shokhrukh. Thermal Energy Generation System for Greenhouses. E3S Web of Conferences 619, 02005 (2025)

6. Kibishov, A., Kilic, G. A., Rustamov, N., & Genc, N. (2024). Thermal Analysis of Radiation Heat Transfer of Improved Fractal Solar Collectors. Applied Sciences, 14(23), 11155.

7. Rustamov, N., & Kibishov, A. (2024). Vacuum fractal solar collector. In BIO Web of Conferences (Vol. 84, p. 05024). EDP Sciences

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАНАРНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

Ж.С.Калимбетова[1], Нажи ГЕНЧ[1], Ж.С. Шыныбай[2]

[1] Кафедра электроинженерия, Международный Казахско-Турецкий университет имени Ходжи Ахмета Яссави, ул.Б.Саттарханова 29, Туркестан, Республика Казахстан

(e-mail: zhansaya.kalimbetova@ayu.edu.kz ; naci.genc@ayu.edu.kz)

[2] Кафедра энергетики, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, ул. Сатпаева 22, Алматы, Казахстан

(e-mail: z.shynybay@satbayev.university)

Аннотация

Фотоэлектрические системы (PV) предлагают многообещающий способ выработки электроэнергии во всех областях, где необходимо надежное и эффективное преобразование энергии. Таким образом, использование фотоэлектрических источников энергии для применения в авиации и космосе приобретает значительный интерес в связи с растущим спросом на более эффективные и устойчивые энергетические решения. Малый вес очень важен для систем преобразования энергии, используемых в авиации и космосе. Поэтому в данном исследовании предлагается преобразователь мощности на основе планарного трансформатора для создания легкой, эффективной, компактной и надежной системы преобразования мощности для авиационных и космических применений. Планарные трансформаторы с большей площадью поверхности также обеспечивают лучшие тепловые характеристики, чем традиционные магнитопроводы, намотанные проволокой. Оптимальная конструкция сердечника и обмотки в планарных трансформаторах, которые имеют различные конфигурации плоских обмоток, эффективно снижает потери трансформатора и катушек индуктивности. Таким образом, в данной статье представлена конструкция планарного трансформатора с обратной связью, питаемого от фотоэлектрического источника. Разработанный планарный трансформатор с обратной связью использовался для нагрузки мощностью 50

Вт, питаемой от аккумулятора и фотоэлектрической панели. После проектных исследований предлагаемый преобразователь на основе планарного трансформатора был смоделирован с помощью программы MATLAB / Simulink. По результатам исследования в предлагаемом планарном трансформаторе был достигнут КПД 98%.

Ключевые слова: *фотоэлектрические системы (PV), планарный трансформатор, магнитопровод, кострукция,обмотка.*

Введение

В настоящее время фотоэлектрические системы все чаще используются в качестве возобновляемого источника энергии во многих областях, и их значение довольно велико для авиационных и космических систем. Солнечная энергия, которая является основным источником энергии для космических систем, также начала использоваться в качестве важного источника энергии в летательных аппаратах, таких как беспилотные летательные аппараты. Невозможно использовать только фотоэлектрические панели, которые поглощают солнечный свет и преобразуют его в электрическую энергию. Электрическая энергия, необходимая для различных агрегатов самолета, должна быть преобразована в соответствующую форму с помощью силовых электронных преобразователей. Кроме того, для хранения электрической энергии, полученной от фотоэлектрических панелей, в батареях требуются преобразователи постоянного тока. Поскольку на производительность солнечных панелей могут влиять такие факторы, как солнечное излучение и перепады температуры, эффективность и надежность очень важны. Однако фотоэлектрические системы в этих областях применения сталкиваются с трудностями, связанными с преобразованием мощности, ограничениями по весу и пространству. Силовые электронные схемы, используемые с фотоэлектрическими панелями для преобразования энергии, обычно содержат катушки или трансформаторы. Размер катушек и трансформаторов, используемых в этих схемах, влияет на размер всей схемы. Таким образом, конструкция трансформатора малых размеров позволяет нам

увеличить пространство и вес. При конструкции трансформатора малых размеров это связано с увеличением частоты переключения или конструкцией сердечника малых размеров.

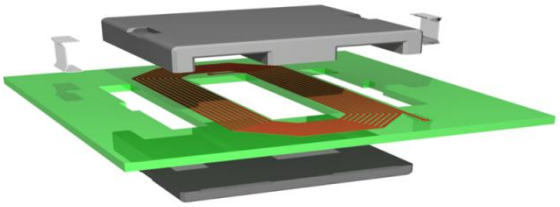
Обратный преобразователь, который используется в качестве регулятора напряжения постоянного тока, часто используется в системах малой мощности из-за его низкой стоимости и простоты. Схема обратной связи, которая обеспечивает желаемое значение напряжения на выходе путем регулирования переменного входного напряжения, часто используется в фотоэлектрических системах самолетов. Наиболее важной частью в проектировании схемы обратного преобразователя является конструкция катушки индуктивности и трансформатора. Секция трансформатора и катушки индуктивности влияет на размер обратного преобразователя. Мощность переработки энергии является критическим фактором производительности этих преобразователей, поэтому конструкция индуктор-трансформатор является активной частью общей конструкции преобразователя [1].

Мы можем спроектировать преобразователи небольшого размера и высокой мощности с высокой частотой переключения. Однако, учитывая, что переключение на высоких частотах снизит эффективность схемы, проектирование сердечника с малыми размерами обеспечит значительное преимущество. Для операций высокочастотного переключения обычные магнитные материалы, намотанные проволокой, несовместимы, по этой причине мы переходим на планарную магнитную технологию [1]. Таким образом, по сравнению с обычными проволочными магнитопроводами, плоские магнитопроводы обеспечивают лучшую производительность, меньший размер, простоту конструкции, поскольку обмотки в основном повторяются.

Растущая потребность в силовых преобразователях меньшего размера и экономичных, привела к тому, что инженеры-конструкторы разработали силовые преобразователи, способные работать на высокоэффективных частотах переключения, однако магнитный сердечник по-прежнему является одним из основных препятствий для достижения более высокой плотности мощности и

большей производительности из-за важной роли магнитных сердечников во всей структуре питания даже с новыми передовыми топологиями [2]. В последние годы в системах силовой электроники наблюдаются две отчетливые тенденции в области магнитного дизайна. Первая тенденция связана с использованием плоских структур [3]. Печатные платы (ПХД) с планарным магнитным сердечником могут быть изготовлены серийно с высокой повторяемостью схем. Более тонкие и крупные проводники часто помогают минимизировать потери, связанные с эффектами поверхностного слоя и близости на высоких частотах, что может быть достигнуто за счет гораздо меньшего расстояния между платами и более низкого профиля. Более легкая обработка из-за упрощенных методов сборки проводников делает плоские конструкции преобладающими в производстве силовых преобразователей. Вторая тенденция заключается в постоянном переходе на более высокие частоты , чтобы минимизировать размер магнитной детали.

Как показано на рисунке 1, ядро планарного устройства явно имеет более низкий профиль, чем обычное. Кроме того, обмотки на обычном устройстве укладываются так, что они последовательно удаляются от центральной ветви, т. е. обмотки формируются в горизонтальном направлении, в то время как на планарном устройстве вместо этого укладываются в вертикальном направлении для более высоких частот [4]. Эти различия в геометрии сердечника и обмотки обеспечивают преимущество перед традиционной технологией по многим факторам, таким как плотность мощности, простота изготовления и повторяемость параметров магнитного устройства. потеря.



(a) (b)

Рисунок 1. (a) Традиционный, (b) Ртрансформатор lanar

В этом исследовании для самолетов предлагается планарный преобразователь обратного хода на основе фотоэлектрической энергии. Предлагаемый преобразователь моделируется с использованием программы Matlab/ Simulink и оцениваются соответствующие результаты.

Планарный обратный преобразователь на основе2. Предлагаемый DC-DC преобразователь на основе планарного трансформатора с обратной связью на основе фотоэлектрических устройств is shown in Figure 2. Как видно из рисунка, предлагаемая система состоит из двух подсистем: подсистемы зарядки солнечных элементов и подсистемы обратной связи постоянного тока. Первая ступень предлагаемого инвертора, изученная в [5-6] (подсистема зарядки солнечных элементов), преобразует солнечную энергию и заряжает аккумуляторную батарею с помощью MPPT. Вторая ступень системы (подсистема DC-DC преобразователя на основе planar flyback) питается от аккумуляторной батареи и передает энергию нагрузке через planar flyback transformer.

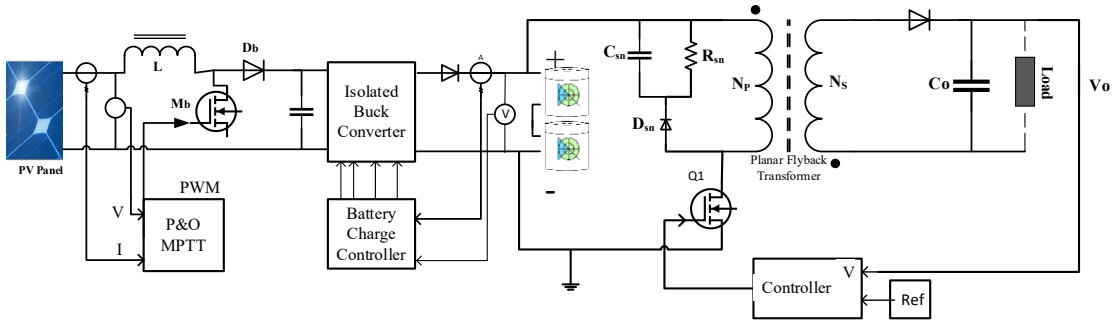


Рис. 2. Предлагаемыйпреобразователь постоянного тока в планарный трансформатор с обратной связью на основе фотоэлектрических устройств.

Как можно понять из технологической схемы, представленной на рисунке 3, метод P&O использовался для подсистемы зарядки солнечных панелей схемы, предложенной для самолетов [7-8].

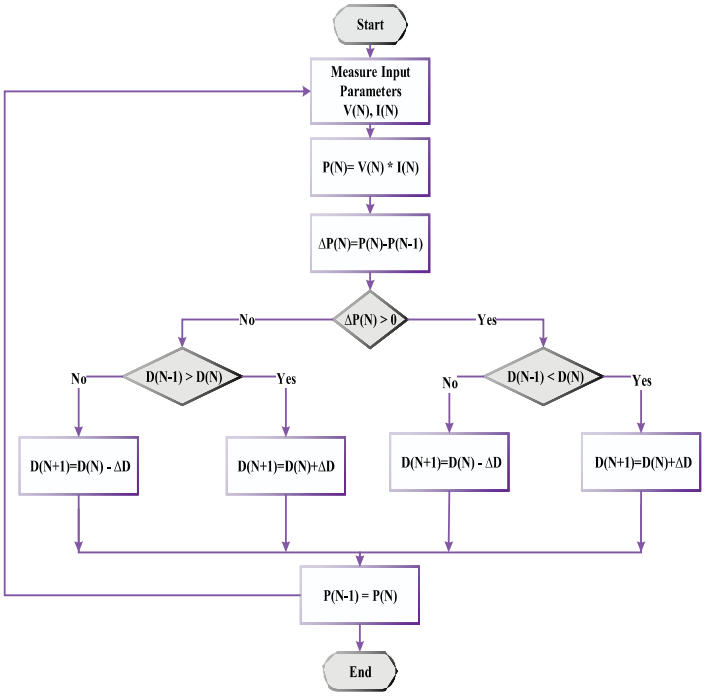


Рис. 3. Блок-схема метода P&O

Поскольку основное внимание в этом исследовании уделяется конструкции планарного обратного трансформатора, важно определить детали конструкции планарного обратного трансформатора, приведенные на рисунке 4. После определения деталей планарного трансформатора следует разработать схему обратной связи на основе планарного трансформатора.

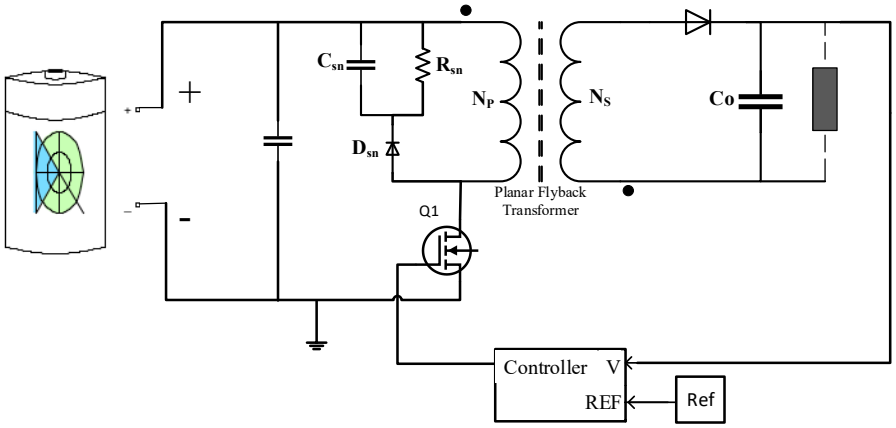


Рис. 4. Преобразователь на основе планарного обратного хода

Планарный обратный трансформатор спроектирован в соответствии с напряжением батареи (Vbat), напряжением нагрузки (Vo), максимальным рабочим циклом преобразователя (Dmax), частотой переключения (fs) и

номинальной выходной мощностью (Po). Приведенные ниже уравнения используются при проектировании планарного трансформатора с обратной связью. Используя эти уравнения, Lpri (первичная индуктивность), Np (количество витков первичной обмотки), Ns (количество витков вторичных обмоток), Ippeak (пиковое значение первичного тока) и Ispeak (пиковое значение вторичного тока) планарного трансформатора определяются [9-12].

$$N_p = \frac{Vin_{min} .D_{макс}}{f_c .B_{пик} .Ae} \quad (1)$$

$$n = \frac{Vin_{min}}{V_O} . \frac{D_{макс}}{(1- D_{макс})} \quad (2)$$

$$Ns = \frac{Np}{n} \quad (3)$$

$$I_{av} = \frac{P_o}{\eta . \text{Число}_{минут}} \quad (4)$$

$$I_{peak} = \frac{I_{av}}{D_{max} .(1-0,5* K_{RP})} = \frac{I_{av}}{0,5 . D_{макс}} \quad (5)$$

$$L_{pri} = \frac{2 .P_в}{f .Я_{останавливаюсь}{}^2} \quad (6)$$

$$G = \frac{{N_p}^2 .}{L} \quad (7)$$

$$I_{prms} = \sqrt{D_{max} . \frac{{I_r}^2}{3}} \quad (8)$$

$$Я_{говорю} = я_{говорю} . n \quad (9)$$

$$I_{srms} = я_{говорю} . \sqrt{\frac{D_s}{3}} \quad (10)$$

$$Я_{CAB} = \frac{P_0}{B_0} \quad (11)$$

где; $B_{пик}$ (пиковая плотность потока), A_e (Эффективная площадь поперечного сечения), n (коэффициент поворота), I_{av} (средний ток первичной обмотки), μ_o (проницаемость свободного пространства). KRP (отношение пульсаций к пиковому току), P_{in} (входная мощность), G (длина воздушного

зазора), I_{prms} (среднеквадратичный ток первичной обмотки), I_{srms} (выходной ток вторичной обмотки), D_c (рабочий цикл вторичной обмотки), I_{sav} (средний ток вторичной обмотки) и Ƞ (КПД трансформатора)

3. Результаты и обсуждение

После завершения проектных исследований схемы, предложенной для самолета, были проведены имитационные исследования с использованием программы Matlab/Simulink для номинального значения мощности 50 Вт. В имитационных исследованиях выходное напряжение фотоэлектрической панели принималось переменным в диапазоне 20-50 В, в то время как выходное напряжение преобразователя (напряжение нагрузки) было рассчитано на получение постоянного напряжения 12 В. Одним из наиболее важных условий в применяемой схеме является регулировка выходного напряжения на постоянном уровне 12 В, согласно исследованию моделирования, схемой управлял PI-контроллер, для управления схемой для управления переключателем должен генерироваться сигнал PWM, для этой цели использовался производитель PWM, частота переключения схемы обрабатывается в блоке PI путем сравнения выходного напряжения схемы с желаемым напряжением, частота переключения 50 кГц используется для нашей практической работы. Сигнал PWM генерируется системой, в которой вычисляются коэффициент заполнения и частота, и этот сгенерированный сигнал подается на конец вентиля переключателя. Когда переключатель находится в переходном состоянии, он начинает накапливать энергию в трансформаторе, и ток не протекает через выходной диод, поскольку выходной сигнал трансформатора поляризован в обратном направлении по отношению к его входу, тогда нагрузка питается через параллельный конденсатор. Когда переключатель переходит в режим отключения, ток во вторичной обмотке начинает увеличиваться, и диод становится смещенным вперед, затем он начинает передавать накопленную энергию на выход, график выходного напряжения показан на Fрисунке 5.

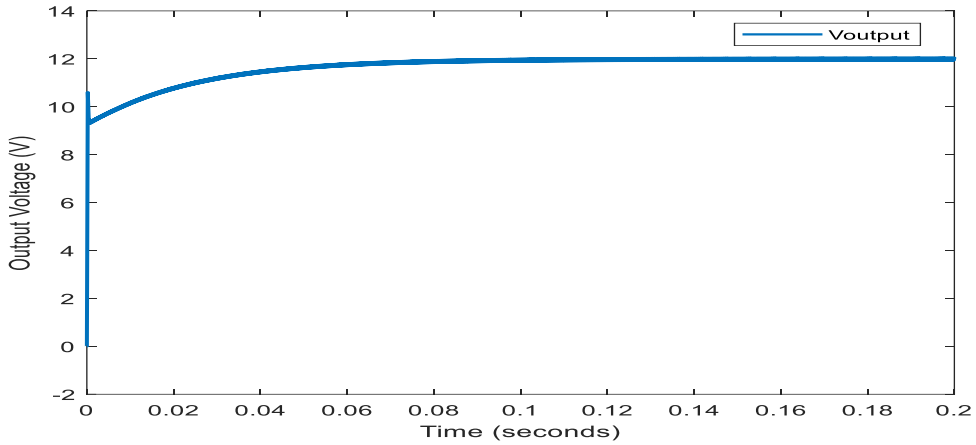


Рисунок 5. График выходного напряжения

С контроллером блока обратной связи он обеспечивает постоянное выходное напряжение 12 В блок контроллера корректирует выходное напряжение и регулирует напряжение, которое он получает с выхода, это было сделано путем сравнения принимаемого напряжения с выхода с желаемым напряжением, это важно для приложений, где широко используются обратные преобразователи, если на эти устройства не подается желаемое напряжение, происходит повреждение или неисправность, рабочая выходная мощность схемы приведена на рисунке 6.

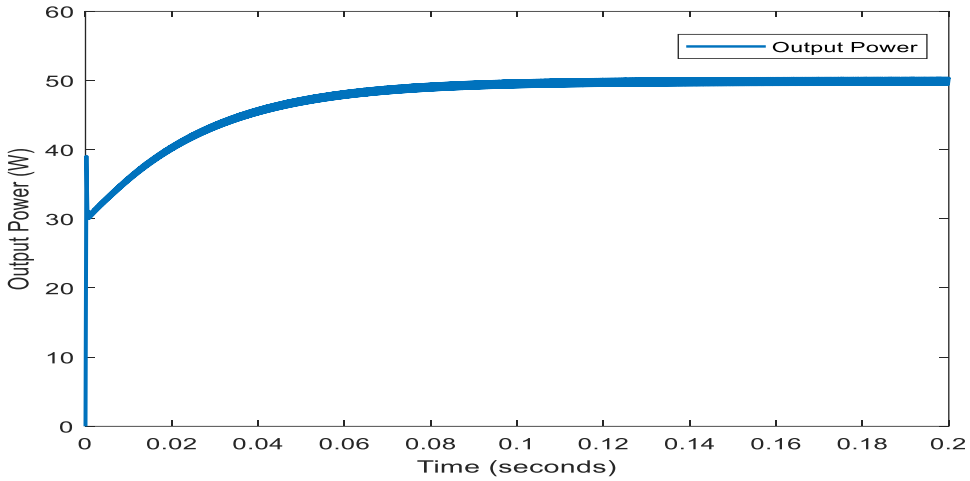


Рисунок 6. График выходной мощности

Измерены потери в планарном трансформаторе с обратной связью, и результаты приведены на рисунке 7.

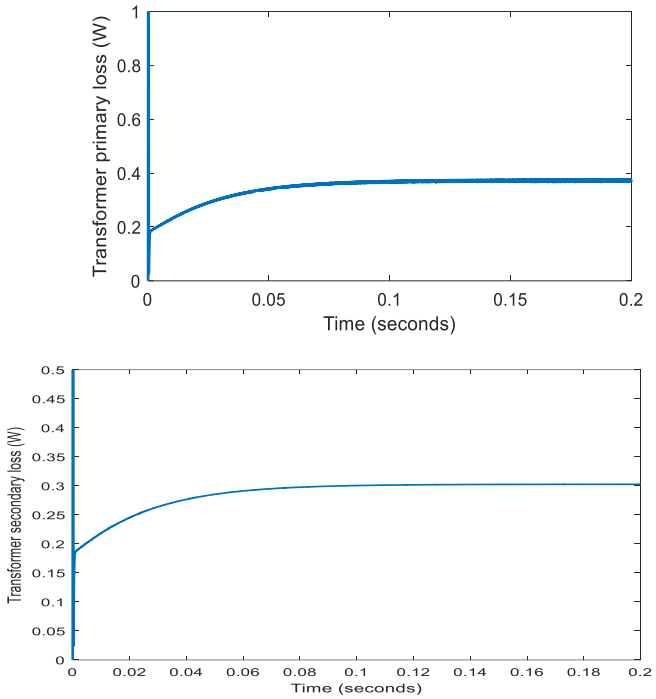


Рисунок 7. Графики первичных и вторичных потерь планарного трансформатора с обратной связью

4. Заключение

Интеграция фотоэлектрических систем с планарными трансформаторами предлагает многообещающее решение для эффективного, легкого и надежного управления энергопотреблением как в авиационной, так и в космической технике. Решая ключевые задачи, такие как компактность, эффективность и преобразование энергии в суровых условиях, эта комбинированная система может повысить производительность и устойчивость аэрокосмических и космических миссий. С развитием материалов и технологий планарные трансформаторы на основе фотоэлектрических технологий могут сыграть ключевую роль в будущем аэрокосмических энергетических систем.

Список литературы

[1] А. Венкатанараянан, "Высокочастотный планарный трансформатор на основе LTCC", M.Sc, Университет Арканзаса, 2019.

[2] Куинн К., Ринне К., О'Доннелл Т., Даффи М., Матуна К. О., 2001. Обзор планарных магнитных методов и технологий. IEEE Apec., 2: 1175-1183.

[3] Раскон М., Ара Дж., Мэдсен Р., Навас Дж., Перес М., Сан-Мигель Ф., 2001. Термический анализ и моделирование плоских магнитных компонентов. IEEE Apec., 1: 97-101.

[4] С. Сяо, "Конструкция плоских магнитов для низковольтных преобразователей постоянного тока", M.Sc, Пекинский технологический институт им. Б.С. Б.С., 2004.

[5] А. Белкаид, И. Колак, К. Кайисли, Р. Байиндир, “Проектирование и внедрение cuk преобразователя, управляемого с помощью прямого рабочего цикла INC-MPPT, в системе фотоэлектрических батарей”, Международный журнал Smart Grid, 3 (1), стр. 19-25, 2019.

[6] А. Белкаид, И. Колак, К. Кайисли, Р. Байиндир, “Проектирование и внедрение Cuk-преобразователя, управляемого с помощью прямого рабочего цикла INC-MPPT в системе фотоэлектрических батарей”, Международный журнал о Smart Grid, 3 (1), стр. 19-25, 2019.

[7] Х. Дилован, Н. Генк, “Контроллеры MPPT на основе Fuzzy и P & O в различных условиях”, 7-я Международная конференция IEEE по исследованиям и приложениям в области возобновляемых источников энергии (ICRERA), Париж, Франция, стр. 649-655, 14-17 октября 2018г.

[8] Э. Ирмак и Н. Гулер. "Гибридный метод MPPT на основе модельного прогнозирования для повышающих преобразователей", Международный журнал электроники, 107 (1), стр. 1-16, 2020.

[9] М. К. Танери, Н. Генч и А. Мамизаде. "Анализ и сравнение преобразователя постоянного тока с обратной связью переменной и постоянной частоты переключения", 4-я Международная конференция по силовой электронике и их приложениям 2019 года (ICPEA). IEEE, 2019.

[10] И. Искендер, СА Хашджин, А.. Мамизаде, “Проектирование и реализация преобразователя обратной связи с шестью изолированными выходами”, Международный журнал инженерии, технологий и естественных наук, том 1 (2), стр. 12-19, сентябрь 2016г.

[11] А. И. Масвуд, Л. К. Сонг, "Аспекты проектирования плоских и обычных трансформаторов SMPS: анализ затрат и выгод", IEEE Transactions on Industrial Electronics, 50 (3), стр. 571-577, 2003.

[12] О. Зивей, О. К. Томсен и М.А.Э. Андерсен, "Оптимальное проектирование и анализ компромиссов плоского трансформатора в мощных преобразователях постоянного тока", IEEE Transactions on Industrial Electronics, 59 (7), стр. 2800-2810, 2010.

FASADGA INTEGRATSIYALANGAN FOTOELEKTR TIZIMLARNING ENERGIYA SAMARADORLIGINI NAZARIY BAHOLASH (FARG‘ONA IQLIMI MISOLIDA)

Quchqarov Akmaljon Axmadaliyevich, Obidjonov Zafarjon Odiljon o‘g‘li
z.obidjonov@fstu.uz

Annotatsiya

Ushbu tadqiqotda Farg‘ona iqlimi sharoitida passiv binolarga fasadga integratsiyalangan fotoelektr (BIPV) tizimlarning energiya samaradorligi nazariy jihatdan baholandi. Taklif etilgan model Perez va Hay–Davies aniotrop transpozitsiya usullariga asoslanib, dinamik soyalanish funksiyasi $S_{sh}(t)$ va tabiiy shamollanish ta’sirini o‘z ichiga oladi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, janubiy fasad yillik 9.4 MWh, sharq va g‘arb fasadlarida 3.4 MWh energiya ishlab chiqadi. Modelning aniqligi ±5 % ni tashkil etib, Perez va HDKR modellariga nisbatan yuqori ekanligi tasdiqlandi.

Kalit so‘zlar: *BIPV, fasadli PV tizimlar, Perez modeli, Hay–Davies, Farg‘ona iqlimi, soyalanish, energiya samaradorligi.*

Kirish

Binolarda energiya sarfini kamaytirish va qayta tiklanuvchi manbalarni keng joriy etish maqsadida fasadga integratsiyalangan fotoelektr tizimlar (Building Integrated Photovoltaics — BIPV) so‘nggi yillarda eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri sifatida e’tirof etilmoqda [1], [2]. An’anaviy tomga o‘rnatilgan panellardan farqli ravishda, BIPV elementlari bino devori yoki oynasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri integratsiyalanadi [3].

Bunday tizimlarda fasadning azimut va qiyalik burchaklari, shuningdek, quyosh radiatsiyasining geometriyasi asosiy rol o‘ynaydi [4], [5]. Ammo Perez va Hay–Davies kabi modellarda dinamik soyalanish va tabiiy shamollanish omillari ko‘p hollarda e’tiborga olinmaydi [7], [8]. Shu sababli haqiqiy sharoitdagi BIPV tizim samaradorligini baholashda xatolik 7–10 % gacha yetadi [9].

Mazkur tadqiqotning maqsadi - Farg‘ona iqlimi sharoitida fasadga integratsiyalangan PV tizimlar uchun Perez–Hay–Davies aniotrop transpozitsiya usulini takomillashtirish, unga dinamik soyalanish funksiyasi $S_{sh}(t)$ va tabiiy shamollanish ta’sirini qo‘shgan holda integratsiyalangan hisoblash modelini ishlab chiqishdan iborat.

Metodika va model tavsifi

Modelda quyoshning yer yuzasiga nisbatan joylashuvi quyidagi burchaklar orqali aniqlanadi: geografik kenglik φ, quyosh og‘ish burchagi δ ва soat burchagi ω [10]. Quyosh balandlik burchagi quyidagicha aniqlanadi:

$$\sin\ h = \sin\ \varphi \sin\ \delta + \cos\ \varphi \cos\ \delta \cos\ \omega$$

Quyosh azimut burchagi γ_s esa:

$$\tan\ \gamma_s = \frac{\sin\ \omega}{\cos\ \omega \sin\ \varphi - \tan\ \delta \cos\ \varphi}$$

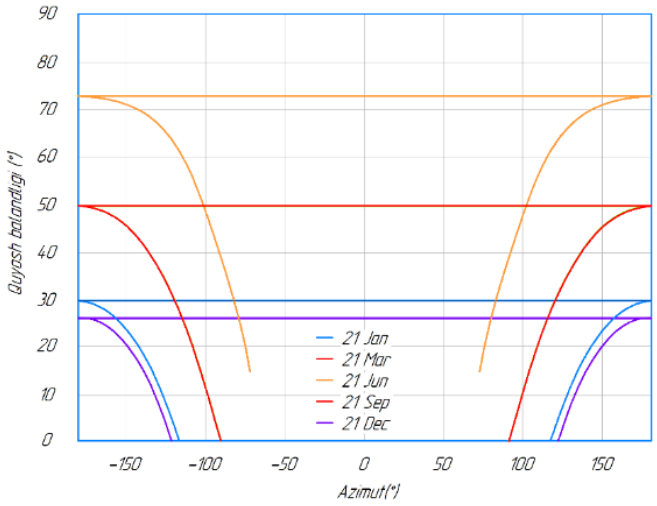
Shu orqali fasad yo‘nalishi bo‘yicha quyosh radiatsiyasi komponentlari (to‘g‘ridan-to‘g‘ri, diffuz va qaytgan) aniqlanadi. Fasad yuzasiga tushadigan umumiy radiatsiya quyidagicha ifodalanadi:

$$I_T = I_b R_b + I_d R_d + I_g R_g$$

bu yerda R_b, R_d, R_g — mos proeksiya koeffitsientlari. Fasadning issiqlik sharoiti NOCT modeli orqali baholanadi:

$$T_m = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} G$$

Bu yerda T_m — modul harorati, T_a — tashqi havo harorati, G — tushayotgan radiatsiya. Tabiiy shamollanish ta’sirida T_m 2–4 °C га пасаяди, бу эса PV samaradorligini 1.5–3 % га оширади [11].



1-rasm. Farg‘ona iqlimi uchun quyoshning azimut va balandlik yo‘li diagrammasi.

1-rasmda Farg‘ona iqlimi uchun quyoshning yil davomida azimut va balandlik burchaklari o‘zgarishi ko‘rsatilgan. Yozda (21-iyun) quyosh balandligi eng katta — $h_{max} \approx 80°$, qishda (21-dekabr) esa past — $h_{max} \approx 28°$. Bahor va kuzda (21-mart, 21-sentabr) balandlik $h_{max} \approx 50°$ атрофида бўлади.

Diagrammadan ko‘rinadiki, qish mavsumida vertikal fasadlar (ayniqsa janubiy yo‘nalish) eng katta yoritilish darajasiga ega, bu esa fasadli fotoelektr tizimlarni joylashtirishda optimal yo‘nalishni tanlash uchun muhim hisoblanadi.

Tabiiy shamollanish bilan birga, atrofdagi binolar soyasi $S_{sh}(t)$ orqali aniqlanadi:

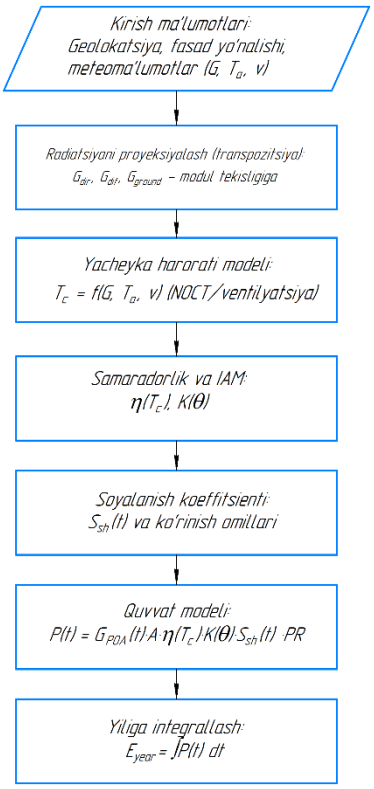
$$S_{sh}(t) = \frac{G_{eff}}{G_{tot}}$$

Bu koeffitsient fasadga tushayotgan foydali nurlanish ulushini ko‘rsatadi; qishda $S_{sh} \approx 0.84$, yozda esa $S_{sh} \approx 0.97$ бўлиши аниқланган.

Yillik energiya hosili integral ko‘rinishda hisoblanadi:

$$E_{year} = \int_0^{8760} \eta(T_m, S_{sh}), G_t, A_p, dt$$

bu yerda A_p — panel yuzasi, η — tizimning joriy samaradorligi.



Yuqoridagi modellar asosida fasadli PV tizimning energiya samaradorligini hisoblash algoritmi ishlab chiqildi.

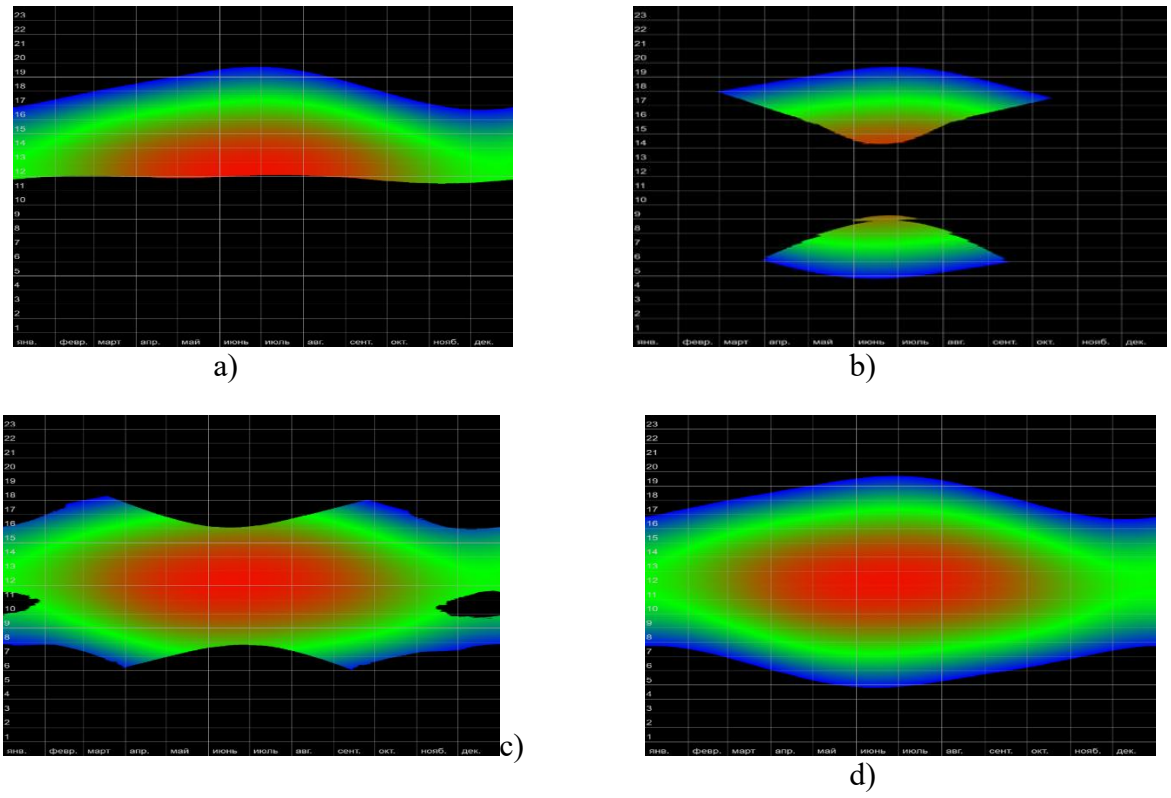
2-rasm. Fasadli fotoelektr tizimning energiya samaradorligini aniqlash uchun ishlab chiqilgan integratsiyalangan hisoblash algoritmi.

2-rasmda fasadga integratsiyalangan fotoelektr tizimning energiya samaradorligini aniqlash uchun ishlab chiqilgan integratsiyalangan hisoblash algoritmi tasvirlangan. Ushbu model quyosh radiatsiyasining geometriyasi, meteorologik parametrlar va tizimning fizik xususiyatlarini yagona jarayonga birlashtiradi. Hisoblash jarayoni geolokatsiya va fasad yo‘nalishiga asoslangan kirish ma’lumotlarini qabul qilishdan boshlanadi. Keyingi bosqichda quyosh radiatsiyasining to‘g‘ridan-to‘g‘ri, diffuz va yerdan qaytgan qismlari panel tekisligiga transpozitsiya qilinadi. Shundan so‘ng, yacheyka harorati NOCT modeli asosida aniqlanib, ventilyatsiya ta’siri hisobga olinadi. Haroratga bog‘liq samaradorlik $\eta(T_c)$ va nur tushish burchagi koeffitsienti $K(\theta)$ yordamida modullar quvvati aniqlanadi. Dinamik soyalanish koeffitsienti $S_{sh}(t)$ fasadning real yoritilish sharoitlarini ifodalaydi va quvvat hisobiga kiritiladi. Yakunda vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi quvvat qiymatlari integrallab, yillik energiya hosili E_{year} topiladi. Shu tarzda algoritm fasadli PV tizimning energiya samaradorligini real meteorologik va geometrik omillarni inobatga olgan holda baholash imkonini beradi.

Bino atrofidagi konstruksiyalar, daraxtlar va relyef sababli soyalanish mavsum va soat bo‘yicha o‘zgaradi. Bu holat dinamik soyalanish koeffitsienti orqali ifoda etiladi:

$$S_{sh}(t) = \frac{G_{\text{eff}}(t)}{G_{\text{tot}}(t)}.$$

Qishda $S_{sh}(t) \approx 0.84$, yozda $S_{sh}(t) \approx 0.97$.



a) b) c) d)

3-rasm.Tanlab olingan bino uchun quyoshli soatlar: a – binoning g‘arb fasadi; b – binoning shimol fasadi; c – sharq fasadi; d – binoning yuqori qismi.

3-rasmda Janubiy fasad uchun $S_{sh}(t)$ yillik “heatmap” ko‘rinishi soyalanishning vaqt va mavsum bo‘yicha o‘zgarishini ko‘rsatadi. Qizil zonalar fasadning quyosh nurlari bilan to‘liq yoritilgan holatini, ko‘k zonalar esa uzoq yoki kuchli soyalanish davrlarini anglatadi. Shu tarzda yil davomida soyaning tarqalishi va quyosh yoritish vaqtining nisbiy uzoqligi vizual tahlil qilinadi

Natijalar va muhokama

Model asosida Farg‘ona davlat texnika universiteti binosi uchun hisob-kitob bajarildi. Janubiy fasad uchun yillik energiya ishlab chiqarish 9.4 MWh, sharq va g‘arb fasadlarida 3.4 MWh ni tashkil etdi. Oylik ishlab chiqarish iyun–iyul oylarida 160–170 kWh/m² gacha yetdi, qishda esa 80–90 kWh/m² oralig‘ida bo‘ldi.

Perez va HDKR modellariga nisbatan taklif etilgan modelning aniqligi yuqori bo‘lib, RMSE = 4.8 %, MBE = +2.1 %, R^2 = 0.95 qiymatlariga erishildi. Bu natijalar modelning real ish sharoitidagi prognoz aniqligini tasdiqlaydi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda Farg‘ona iqlimi sharoitida fasadga integratsiyalangan fotoelektr tizimlarning energiya samaradorligini baholash uchun yangi integratsiyalashgan model ishlab chiqildi. Taklif etilgan model Perez–Hay–Davies aniotrop transpozitsiya yondashuviga asoslanib, soyalanishning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini ifodalovchi $S_{sh}(t)$ koeffitsienti va tabiiy shamollanish ta’sirini o‘z ichiga oladi. Shu tarzda, quyosh radiatsiyasi komponentlari (to‘g‘ridan-to‘g‘ri, diffuz va yerdan qaytgan) hamda yacheyka harorati real meteorologik sharoitlarga mos ravishda hisobga olindi.

Model yordamida o‘tkazilgan hisob-kitoblar natijasida janubiy fasad yo‘nalishi eng samarali deb topildi - yillik energiya hosili 9.4 MWh bo‘lib, bu umumiy ishlab chiqarilgan energiyaning 60 % ini tashkil etdi. Sharq va g‘arb fasadlarida bu ko‘rsatkichlar 3.4 MWh atrofida qayd etildi. Tabiiy shamollanish tufayli yacheyka harorati o‘rtacha 2–4 °C ga pasaygani aniqlanib, bu tizim samaradorligini 1.5–3 % ga oshirdi.

Modelning aniqlik ko‘rsatkichlari Perez va HDKR usullariga nisbatan yaxshilangan bo‘lib, RMSE = 4.8 % va $R^2 = 0.95$ qiymatlariga erishildi. Bu natijalar taklif etilgan yondashuvning prognoz ishonchliligi yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, ishlab chiqilgan integratsiyalashgan model Farg‘ona singari issiq va quyoshli iqlimlarda joylashgan passiv binolarning fasadlariga PV tizimlarni joylashtirishda ishonchli ilmiy asos yaratadi. Model yordamida fasad yo‘nalishini tanlash, soyalanish darajasini baholash va energiya ishlab chiqarishni optimallashtirish imkoniyati yaratiladi.

Adabiyotlar

1. Jelle, B. P. (2016). Building Integrated Photovoltaics: A concise description of current state of the art and possible future research pathways. Solar Energy Materials and Solar Cells, 152, 8–14. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.03.010
2. Saretta, E., Caputo, P., & Frontini, F. (2020). A review of BIPV performance modelling: Energy, daylighting and thermal simulations. Renewable and

Sustainable Energy Reviews, 131, 110009. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110009

3. Peng, J., Lu, L., & Yang, H. (2013). Review on life cycle assessment of BIPV systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19, 255–274. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.035
4. Hay, J. E., & Davies, J. A. (1980). Calculation of the solar radiation incident on an inclined surface. Energy Research, 4(4), 403–410. https://doi.org/10.1002/er.4440040406
5. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes (4th ed.). Wiley. ISBN: 978-1118671603
6. Skoplaki, E., & Palyvos, J. A. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. Solar Energy, 83(5), 614–624. https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.10.008
7. Perez, R., Stewart, R., Arbogast, C., Seals, R., & Scott, J. (1986). An anisotropic hourly diffuse radiation model for sloping surfaces. Solar Energy, 36(6), 481–497. https://doi.org/10.1016/0038-092X(86)90013-7
8. Huld, T., Müller, R., & Šúri, M. (2021). Global validation of models for tilted irradiance on vertical surfaces. Solar Energy, 227, 312–325. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.024
9. Faiman, D. (2008). Assessing the temperature dependence of photovoltaic module performance. Solar Energy Materials & Solar Cells, 92(4), 419–424. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2007.11.015
10. Reda, I., & Andreas, A. (2004). Solar position algorithm for solar radiation applications. Solar Energy, 76(5), 577–589. https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.12.003
11. International Energy Agency (IEA PVPS Task 15). (2022). BIPV Status Report 2022: Building Integrated Photovoltaics – Global Market and Technical Status. Paris: IEA Publications.

REMOTE MONITORING OF SOLAR PANEL ENERGY SOURCES

Ilkhomjon Siddikov[*], Ganisher Mustofoev

[*]Department of Power Supply and Renewable Energy Sources, National Research University TIIAME, 39, Kari Niyazov, Tashkent, 100000, Uzbekistan

Abstract

Relevance: Implementing modern monitoring systems is crucial for enhancing the efficiency and ensuring the sustainability of renewable energy sources, particularly solar panels. Environmental factors such as temperature, humidity, dust, and solar radiation complicate voltage monitoring, leading to additional energy losses. In Uzbekistan’s dusty regions, these issues are particularly significant, necessitating scientific solutions.

Objective: To identify challenges in measuring voltage output from solar panels and develop effective solutions based on Wireless Sensor Networks (WSN), IoT, and microcontroller technologies to address these challenges.

Methods: Microcontrollers based on the Arduino platform (Atmega328P, Atmega2560), ACS755 current sensor, DHT22 temperature-humidity sensor, SM-PWM-01C dust sensor, and FSR-406.2 radiation sensor were utilized. Data analysis was performed using MPPT algorithms (INC-PSO, FLC), AI, and DSP technologies.

Results: Integration of sensors and IoT improves voltage measurement accuracy by 3% and reduces losses due to dust accumulation by 5%. Hybrid MPPT algorithms enhance efficiency by 5-10% under partial shading conditions.

Conclusions: Wireless Sensor Networks, IoT, and microcontrollers ensure the stability of solar energy systems. Solutions tailored to Uzbekistan’s dust and temperature conditions improve energy efficiency; however, further research is needed to address cybersecurity and optimize economic costs.

Keywords: solar panels, voltage measurement, wireless sensor networks, IoT, microcontrollers, Arduino, MPPT algorithms, dust, environmental factors, grid integration.

Introduction

Renewable energy sources, particularly solar panels, are becoming increasingly significant in Uzbekistan’s energy sector as sustainable and environmentally friendly solutions. The monitoring of voltage and current generated by solar panels through sensor networks plays a crucial role in optimizing electricity production, reducing environmental impact, and enhancing the economic efficiency of energy resources. However, environmental factors in Uzbekistan, such as dusty climates, high temperatures, and shading, complicate the remote monitoring of voltage and current, negatively affecting the efficiency of energy production. These challenges necessitate the widespread use of wireless sensor networks (WSN), the Internet of Things (IoT), and microcontrollers for remote monitoring of solar panel voltage and current.

The objective of this study is to identify the challenges associated with remote monitoring of voltage and current generated by solar panels in Uzbekistan’s conditions and to develop an efficient monitoring system using Arduino-based microcontrollers (Atmega328P, Atmega2560), ACS755 current sensors, DHT22 temperature-humidity sensors, SM-PWM-01C dust sensors, and FSR-406.2 radiation sensors. The research focuses on developing solutions tailored to local conditions.

A literature review reflects research on remote monitoring of voltage and current from solar panels in Uzbekistan and internationally. For instance, Mirzayev A. and Yusupov Z. investigated the impact of dust accumulation on solar panel efficiency in Uzbekistan and developed automated cleaning systems [1]. Makhsumov I. and Rakhimov R. tested IoT-based monitoring systems in local climatic conditions [2]. Internationally, Jordan D. C. and Kurtz S. R. analyzed solar panel degradation and voltage stability [3]. Hamadani B. H. developed methods to improve measurement accuracy using calibrated reference cells [4]. Osmani K. et al. proposed infrared imaging techniques for fault detection [5]. Esram T. and Chapman P. L. compared Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithms and developed methods to optimize voltage [6]. Bai J. et al. developed IoT-based monitoring systems [7]. These

studies provide a foundation for advancing solar energy monitoring in Uzbekistan’s conditions.

In recent years, the importance of renewable energy sources in global energy systems has been steadily increasing. Sources such as solar, wind, hydropower, waste, and thermal energy play a significant role in ensuring sustainability and environmental cleanliness in energy supply. Efficient use of solar panels and their integration into electricity supply systems require modern measurement, control, and management technologies, particularly wireless sensor networks (WSN) and IoT technologies. The remote sensor-based monitoring of voltage and current from solar panels, as discussed in this study, enables real-time control and management of energy production, transmission, distribution, and consumption processes, as well as high-precision data collection, transmission, and processing [1].

While centralized energy supply systems offer high efficiency and economic benefits, their environmental impacts and high infrastructure costs pose significant challenges [5]. Consequently, autonomous and localized energy systems based on renewable energy sources, particularly solar panels, are being considered as alternative solutions. The use of microcontrollers such as AVR and Arduino, along with sensors for current, voltage, temperature, humidity, dust, and solar radiation, plays a vital role in remotely monitoring the condition of energy sources, improving their efficiency, and reducing the environmental impact of solar panels [8]. This article highlights remote monitoring and control technologies for electricity generation through solar panels, their advantages, and prospects for development.

This article was prepared based on the results of research conducted under the EU ERASMUS+ program project 101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE, titled “Development of the Targeted Educational Program for Bachelors in Solar Energy in Uzbekistan.”

Main Section

The Role of Remote Sensor Network Monitoring of Voltage and Current from Solar Panels

Renewable energy sources, particularly solar, wind, and other natural resources, play a critical role in ensuring the sustainability of energy systems. Remote sensor network monitoring of voltage and current from solar panels is based on the transmission and reception of signals representing the magnitude and parameters of energy supply sources, facilitated by communication between devices, modules, equipment located outside the energy source, and human operators. The sensor nodes for monitoring the output parameters of renewable energy systems based on solar panels are illustrated in Figure 1 [10].

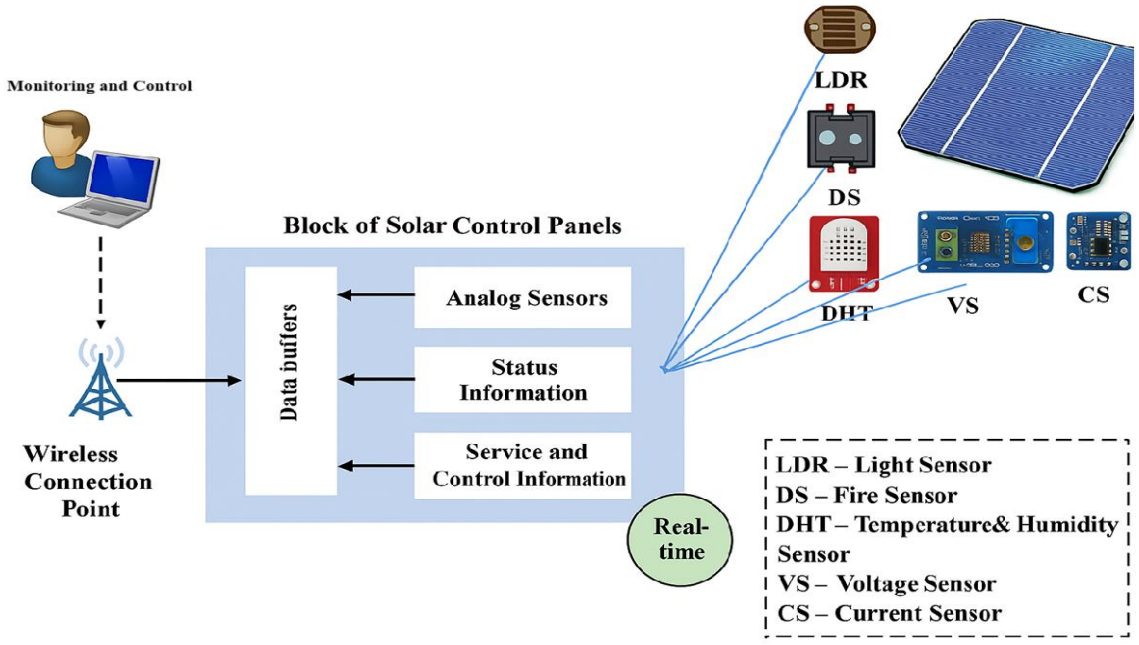


Figure 1: Sensor Nodes for Monitoring the Output Parameters of a Renewable Energy System Based on Solar Panels

Remote Monitoring in Energy Supply Systems Based on Solar, Wind, Hydropower, Waste, and Thermal Sources

The implementation of remote monitoring for energy supply systems utilizing sources such as solar, wind, hydropower, waste, and thermal energy relies heavily on modern technologies, particularly wireless sensor networks (WSN) and the Internet of Things (IoT) concept. These systems enhance the efficiency of energy supply from sources like solar, wind, hydropower, waste, and thermal energy by enabling real-time monitoring, data collection, and analysis of energy production processes [2-4]. For

example, solar panels, wind turbines, and other energy units operate in autonomous or centralized systems, with their performance continuously monitored through sensors. These processes not only improve energy efficiency but also reduce the negative environmental impact of solar panels.

Structure and Application of Wireless Sensor Networks

Wireless sensor networks (WSN) play a critical role in collecting and transmitting data related to the voltage and current of renewable energy sources, such as solar panels. A WSN consists of multiple sensor nodes that measure parameters such as voltage, current, and environmental changes (e.g., temperature, humidity, current strength, voltage, and solar radiation) and transmit this data to a central gateway via a wireless communication network (see Figure 2).

Each sensor node is equipped with its own gateway, which receives, aggregates, and forwards data from neighboring nodes or sensors to the main monitoring center [5-9]. These systems are characterized by high accuracy, low power consumption, and adaptability, forming the backbone of energy supply system monitoring.

Key Advantages of WSN Include:

- **High Accuracy and Speed**: Sensors collect data in real time, enabling rapid processing.

- **Adaptability**: They easily adapt to various environmental conditions and automate decision-making processes.

- **Low Power Consumption**: Wireless communication technologies are designed to operate with minimal energy consumption..

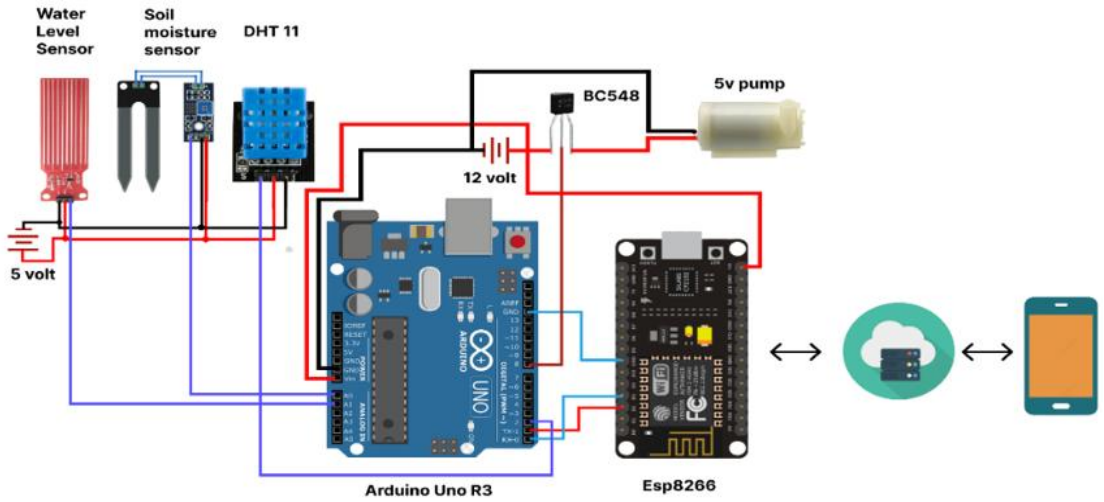


Figure 2: Structure of the Monitoring Device for Wireless Sensor

Development of WSN and Its Applications

Over the past decade, the advancement of wireless sensor networks (WSN) has opened new opportunities in scientific research and industrial applications. These networks are widely utilized in fields such as agriculture, healthcare, and environmental monitoring. In renewable energy systems, WSNs have been recognized as a critical tool for optimizing energy production and consumption processes.

Application of Microcontrollers: The Arduino Platform

Microcontrollers play a vital role in the monitoring processes of renewable energy systems based on solar panels. Among various microcontroller types, such as AVR, ARM, 8051, and PIC, the Arduino platform, particularly the Atmega328P and Atmega2560 microcontrollers, has been employed in this study due to its open-source architecture, flexibility, and cost-effectiveness. Platforms like Arduino Uno and Arduino MEGA have been used as central control units in the remote monitoring of solar energy systems.

The Arduino Uno, based on the Atmega328P microcontroller, is utilized to monitor the status of solar panels, batteries, and other energy sources. This platform receives signals from sensors, processes them, and transmits the data to a monitoring center via a wireless network.

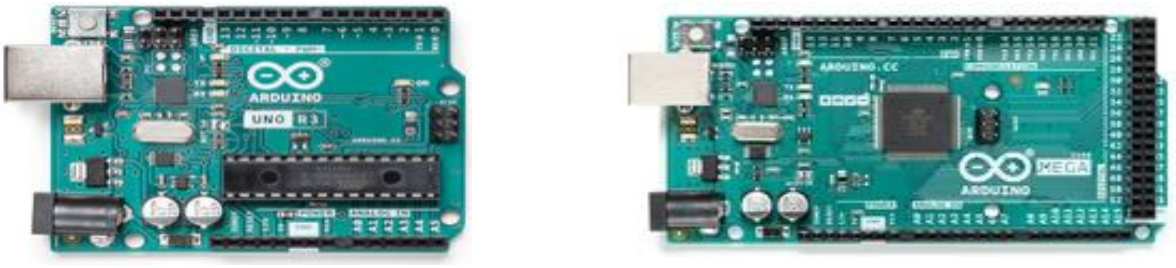
The Arduino MEGA, with its greater number of input-output ports and higher computational power, is employed in centralized control systems. These platforms can

be powered via USB, batteries, or DC adapters, enhancing their versatility. The components and capabilities of microcontroller-based control units are detailed in Table 1. The structures of the microcontroller-based control units, a) Arduino Uno and b) Arduino MEGA, are illustrated in Figure

1 Table

№	Name/Capabilities	**AVR**	**ARM**	**8051**	**PIC**
1	Standard Architecture	RISC	RISC	CLSC	Partial RISC
2	Speed	1 cycle/instruction	1 cycle/instruction	12 cycles/instruction	4 cycles/instruction
3	Communication Protocols	UART, USART, SPI, I2C, CAN, USB, Ethernet	UART, USART, LIN, I2C, SPI, CAN, USB, Ethernet, I2S, DSP, SAI, IrDA	UART, USART, SPI, I2C	UART, USART, LIN, CAN, Ethernet, SPI, I2S
4	Memory	Flash, SRAM, EEPROM	Flash, SDRAM, EEPROM	ROM, SRAM, FLASH	SRAM, FLASH
5	Bus Width	8/32-bit	32/64-bit	8-bit	8/16/32-bit
6	Power Consumption	Low	Low	Medium	Low
7	Cost	Moderate	Low	Very Low	Moderate
8	Memory Architecture	Modified Harvard Architecture	Modified Harvard Architecture	Von Neumann Architecture	Harvard Architecture
9	Families	ATiny, Atmega, Xmega	ARMv4, 5, 6, 7	8051 variantlari	PIC16, PIC17, PIC18, PIC24, PIC32

10	Popular Microcontrollers	Atmega 8, 16, 32, Arduino Community	LPC2148, ARM Cortex-M0 to ARM Cortex-M7	AT89C51, P89v51	PIC18fXX8, PIC16f88X, PIC32MXX



a) **b)**

Figure 3. Microcontroller control units: a) Arduino Uno, b) Arduino MEGA

Key Advantages of the Utilized Microcontrollers

The primary advantages of the microcontrollers used include:

- **Speed and Reliability**: Capable of high-speed signal processing.
- **Flexibility**: Integration with various sensors and communication protocols (UART, SPI, I2C).
- **Cost-Effectiveness**: The Arduino platform is economically viable and supported by open-source software.

Sensors and Their Functions

Various sensors are employed to monitor voltage and current parameters in renewable energy systems based on solar panels. The types of sensors and their functions are as follows:

1. **Current Sensors**: Sensors such as the ACS755XCB-050, which operate based on the Hall effect, are used to measure direct, alternating, and pulsed currents. These sensors are applied in monitoring currents flowing through solar panels, batteries, and inverters [9,11,12]. They offer high reliability and a wide frequency range, ensuring the efficiency of energy systems.

2. **Voltage Sensors**: Resistive voltage sensors (R1/R2 series configuration) are utilized to measure voltage in the network, providing signals compatible with

microcontrollers. These sensors are critical for monitoring voltage in batteries, loads, controllers, and solar panels.

3. **Temperature and Humidity Sensors**: The DHT22 sensor measures the temperature and humidity in the area where solar panels are installed. These measurements are used to assess the operational efficiency of the system’s hardware components.

4. **Dust Sensors**: Optical sensors like the SM-PWM-01C are employed to detect dust accumulation on the surface of solar panels, which reduces energy efficiency. These sensors are essential for determining the need for cleaning.

5. **Solar Radiation Sensors:** The FSR-406.2 sensor measures the intensity of solar radiation, serving as a key indicator for evaluating the energy production efficiency of solar panels [12-14].

Integration of IoT and Wireless Communication Technologies

IoT technologies simplify monitoring processes in renewable energy systems based on solar panels [14]. Data collected from sensors are transmitted remotely to servers via wireless networks and processed accordingly. This process relies on high-speed, low-power communication protocols. Protocols such as UART, SPI, and I2C ensure rapid data exchange between microcontrollers and sensors [15-17].

The architecture of the communication network for the remote monitoring of renewable energy sources based on solar panels is depicted in Figure 4..

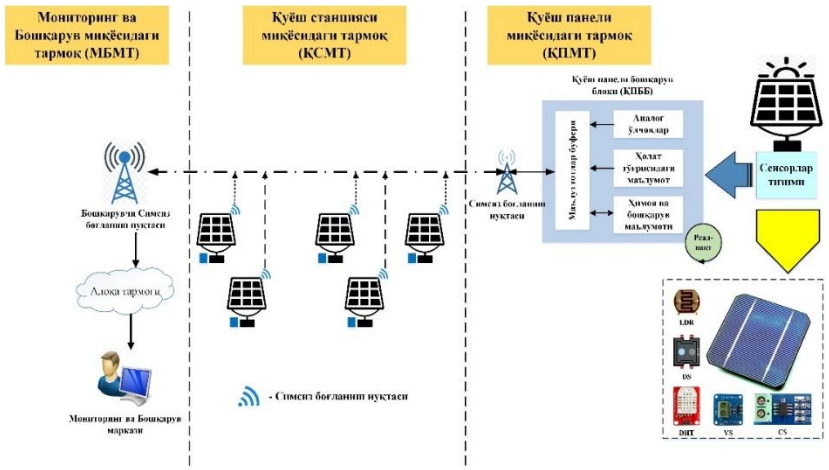


Figure 4. Architecture of a communication network for remote monitoring of renewable energy sources in a solar panel-based energy system.

Remote Monitoring Algorithm for Processes in Renewable Energy Systems Based on Solar Panels Using IoT Technologies

The algorithm for remote monitoring of processes in renewable energy systems based on solar panels using IoT technologies is presented in Figure 5.

The primary advantage of IoT is its adaptability as a platform applicable to various sectors (e.g., agriculture, industry, environmental monitoring). In renewable energy systems, IoT enables remote monitoring of the status of solar panels, batteries, and loads, facilitating rapid decision-making and resource optimization [18,19].

Practical Results of the Research

The use of wireless sensor networks and microcontrollers in renewable energy systems based on solar panels has enabled the optimization of energy production, cost reduction, and minimization of environmental impact. The integration of the Arduino platform with sensors has improved the efficiency of solar energy systems by up to 3%. Dust sensors have facilitated the identification of cleaning needs for solar panels, while current and voltage sensors have enhanced system stability by up to 5%. IoT technologies have enabled global-scale remote management and monitoring of energy systems. The web interface for monitoring renewable energy sources based on solar panels is shown in Figure 6.

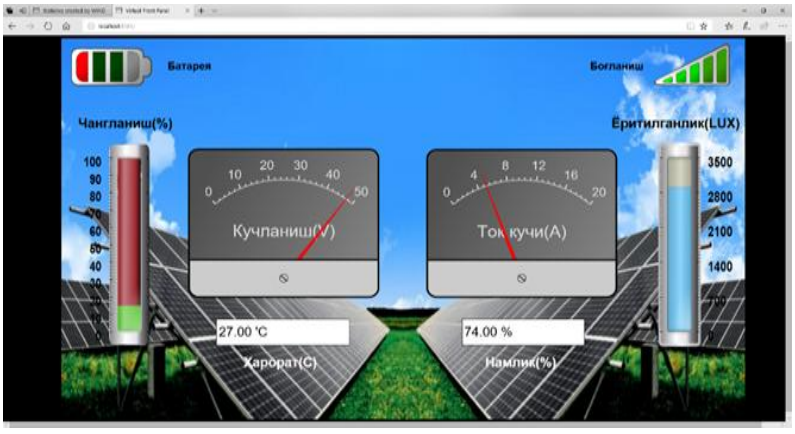


Figure 6. Web interface for monitoring solar panel energy sources

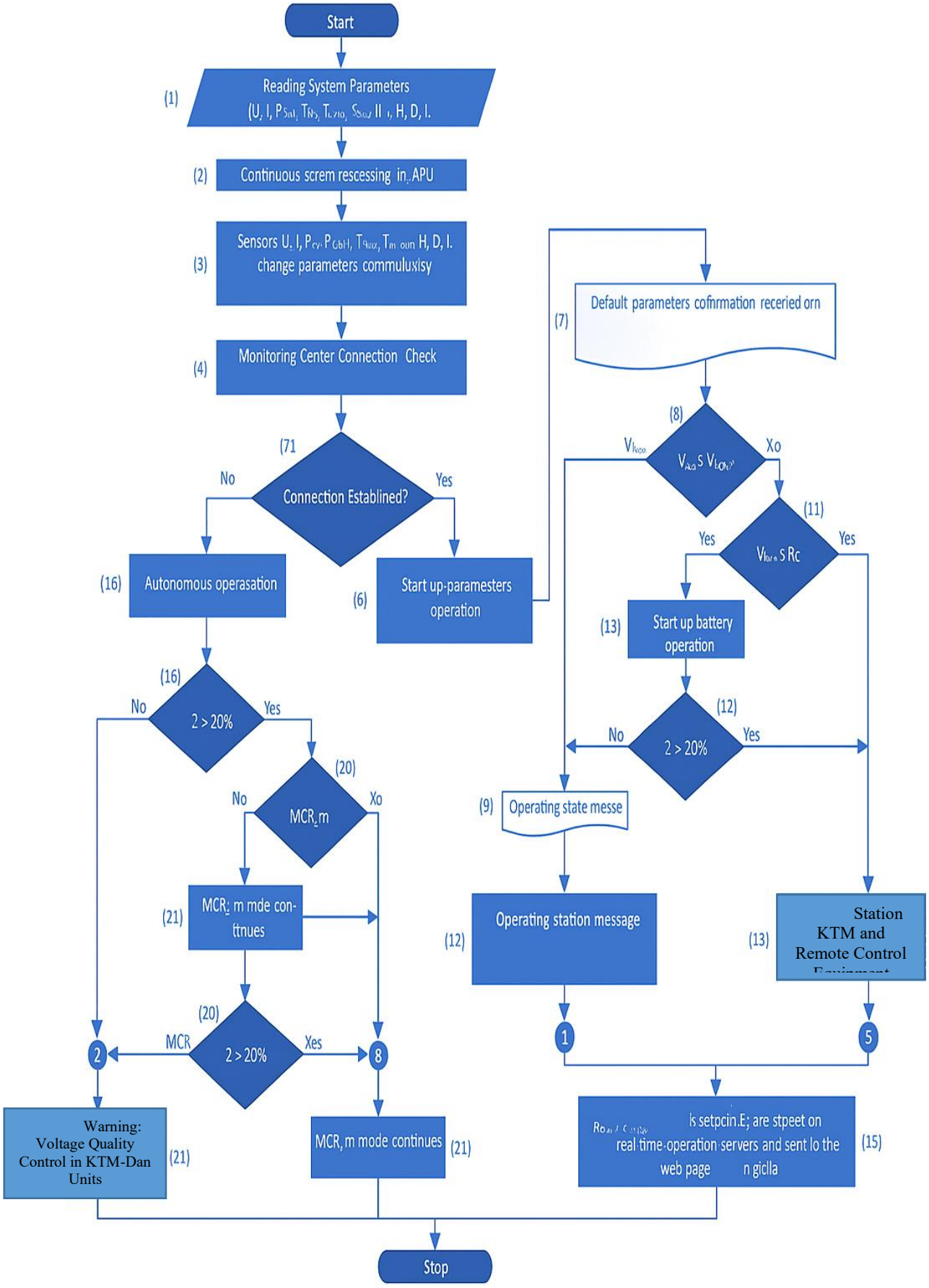

Start
(1)
Reading System Parameters
(2)
Continuous screm rescessing in. APU
(3)
Sensors U, I, H, D, I.
change parameters commuluxisy
(4)
Monitoring Center Connection Check
(71
Connection Estabilined?
No
Yes
(16)
Autonomous operasation
(6)
Start up-parameters operation
(7)
Default parameters cofnrmation receried orn
(8)
Xo
(11)
Yes
Yes
(13)
Start up battery operation
(12)
No
Yes
(9)
Operating state messe
(16)
No
2 > 20%
Yes
(20)
No
Xo
(21)
MCR; m mde con-ttnues
(20)
MCR
Xes
2
8
Warning: Voltage Quality Control in KTM-Dan Units
(21)
MCR, m mode continues
(21)
Operating station message
(12)
Station KTM and Remote Control
(13)
1
5
is setpcin.E; are stpeet on
real time-operation servers and sent lo the
web page
n gicila
(15)
Stop

Figure 5. Algorithm for remote monitoring of processes occurring in solar panel renewable energy sources based on IoT technologies

Significance of Research Results

The results of this research are particularly significant for enhancing the efficiency of solar panels in regions with high dust accumulation. The use of sensors and microcontrollers, tailored to local conditions, has ensured that energy systems are more stable and economically efficient.

Conclusion

The application of modern wireless sensor networks (WSN) and IoT technologies in the remote monitoring of voltage and current from renewable energy sources based on solar panels holds significant importance. The proposed monitoring technology enables real-time observation of energy production processes, precise data collection and analysis, and consequently increases the energy production efficiency of electricity supply systems by up to 5%. Arduino-based microcontrollers, specifically Atmega328P and Atmega2560, served as critical tools in monitoring parameters such as current, voltage, temperature, humidity, dust, and solar radiation in these studies. These platforms ensured research accuracy due to their open-source architecture, flexibility, and cost-effectiveness.

Data collected through sensors were transmitted rapidly and reliably over long distances using wireless communication protocols, further enhancing remote monitoring and operational decision-making capabilities. The use of dust sensors in areas with high dust levels enabled up to a 10% increase in solar panel efficiency. The integration of wireless sensor networks and IoT not only ensured the stability of energy systems but also played a vital role in reducing environmental impact and improving economic efficiency. The technology for remote sensor network monitoring of voltage and current from solar panels facilitates the global optimization of electricity production, transmission, distribution, and consumption systems.

References.

1. Mirzayev, A., & Yusupov, Z. (2021). Quyosh panellari samaradorligiga chang to‘planishining ta’siri. *O‘zbekiston Energetika Jurnali*, 3, 45–52.

2. Makhsumov, I., & Rakhimov, R. (2022). O‘zbekistonda quyosh energiyasi tizimlarining monitoringi va boshqaruvi. *Fan va Texnologiya Jurnali*, 4(2), 78–85.

3. Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). Photovoltaic degradation rates—an analytical review. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12–29. https://doi.org/10.1002/pip.1182

4. Hamadani, B. H., Roller, J., & Dougherty, B. (2019). Accurate photovoltaic measurements using calibrated reference cells. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 9(5), 1276–1283. https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2019.2924685

5. Osmani, K., Lemenand, T., Castanier, B., & Ramadan, M. (2023). Fault detection in photovoltaic systems using infrared imaging. *Renewable Energy*, 209, 123–134. https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.03.015

6. Esram, T., & Chapman, P. L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 22(2), 439–449. https://doi.org/10.1109/TEC.2006.874230

7. Bai, J., Cao, Y., & Hao, Y. (2020). IoT-based monitoring for photovoltaic systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(9), 8712–8721. https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2989376

8. Turdibekov K.X., Siddikov I.X., Siddikov O.I. Vnedrenie energosberegayuщix meropriyatiy v elektricheskix setyax elektrifitsirovannoy jeleznoy dorogi // Opыt vnedreniya energosberegayuщix texnologii. Resp. konf. s uchastiem zarubejnыx predstaviteley TashDTU. 8 aprelya 2010. -Tashkent, 2010. - S.91.

9. I.X. Siddikov., X.E. Xujamatov., D.S. Sherjanova. Tarmoqlangan telekommunikatsiya obyektlarining energiya ta’minotida gibrid manbalarni ishlatish va boshqarish jarayonlari tahlili // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. №2(2) - son 2017 yil, 35-41 betlar.

10.Borodenko V.A. Resursosberejenie kak glavnыy prinsip sozdaniya ustroystv avtomatiki energosistem // Vestnik NIA RK. M., - 2006. -№2. 12 s.

11. V.V. Telegin. Povыshenie effektivnosti funksionirovaniya sistem energosnabjeniya apedpriyatiy ogranichennoy moщnosti s ispolzovaniem alternativnыx istochnikov energii: Dis. kan.tex.nauk. - Lipesk - 2014. S.178.

12. Gurtovsev A.L., Bordaev V.V., Chijonok V.I. Izmeritelnыe transformatorы toka na 0,4 kV: ispытaniya, vыbor, primenenie // Novosti Elektrotexniki. - 2004. - № 1(25), № 2(26). - S. 66-71, 91-94

13. D.A. Filatov. Issledovanie ekspluatatsionnogo-texnologicheskix parametrov energoustonovok na vozobnovlyaemыx istochnikax energii // Indenernыy vestnik Dona, 2015. №2 ch.2.

14. Zaripov M.F., Petrova I.Yu. Predmetno-orientirovannaya sreda dlya poiska novыx texnicheskix resheniy «Intellekt»// IV Sankt-Peterburgskaya mejdunarodnaya konf. «RI-95»: Tez. dokl. - Spb., 1995. - S. 60

15. Azimov R.K. Siddikov I.X. Shipulin Yu.G. Analiz osnovnыx xarakteristik elektromagnitnыx preobrazovateley s ploskimi obmotkami na osnove grafovыx modeley // Izvestiya VUZov «Elektromexanika». - Moskva, 1991. - №.5 - S. 58-60

16. Siddikov I.X., Anarbaev M.A., Abdumalikov A.A. Monitoringi va boshqaruv datchigining ishonchliligi va ish holati ko‘rsatkichlarini tadqiq etish // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari“ ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. ISBN:978-9943-11-665-8.№ 2(12)/2020. Toshkent-2020. - B.125-129

17. Druz N., Borisova N., Asankulova A., Radjabov I., Zaxidov R., Tadjiev U. Polojenie del po ispolzovaniyu vozobnovlyaemыx istochnikov energii v sentralnoy Azii. Prespektivы ix ispolzovaniya i potrebnosti v podgotovke kadrov. Almatы, 2010. S.140.

18. D.A. Filatov. Primenenie vozobnovlyaemыx istochnikov energii dlya povыsheniya effektivnosti energosnabjeniya selskoxozyaystvennыx predpriyatiy: Diss. kan.tex.nauk. - Nijniy Novgorod - 2015. S.154.

9.QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKADA MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR VA USLUBLAR (ERASMUS + DASTURI “101128871-DEBSEUZ-ERASMUS-EDU-2023-CBHE” LOYIHASI DOIRASIDA);

9. MODERN TECHNOLOGIES AND METHODS IN TRAINING SPECIALISTS IN RENEWABLE ENERGY (WITHIN THE FRAMEWORK OF THE ERASMUS+ PROJECT “101128871-DEBSEUZ-ERASMUS-EDU-2025-CBHE”).

DEBSEUz

Co-funded by the European Union

- **Moderator: S.F. Ergashev, B. Boynazarov**
- **Moderators: S.F. Ergashev, B. Boynazarov**

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Имамов Э.З.[1], Аскаров М.А.[2,3], Муминов Р.А.[4], Каримов Х.Н.[1], Имамов А.Э.[5]

[1]Ташкентский университет информационных технологий - ТУИТ

[2]Ташкентский химико-технологический институт – ТХТИ

[3]Каракалпакский государственный университет - КГУ

[4]НПО «Физика-Солнце», ФТИ АН РУз

[5]Академия МВД РУз

Мировая энергетика сегодня сталкивается с комплексом острых проблем, которые затрагивают как экономику, так и экологию, социальную сферу и международную безопасность. Главный вызов заключается в зависимости от ископаемых источников энергии — нефти, газа и угля, — ресурсы которых ограничены, а добыча всё более затратна. При этом их использование остаётся главным источником выбросов парниковых газов, ускоряющих глобальное изменение климата. Одновременно, энергетические ресурсы распределены по планете крайне неравномерно, что приводит к экономической зависимости одних стран от других и провоцирует политические конфликты, усиливая нестабильность на глобальной арене.

Таблица 1

Оценка в мировом масштабе времени практического исчерпания запасов органического топлива по основным компонентам		
Нефть	**Газ**	**Уголь**
Через 30÷50 лет	**Через 50÷100 лет**	**Через 500÷1000 лет**

В связи с постепенным исчерпанием традиционных углеводородных источников энергии (см. табл. 1) в энергетических отраслях науки ведутся интенсивные исследования, направленные на решение чрезвычайно актуальной задачи современности: разработка новых альтернативных возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Проблема энергетики – глобальная проблема, связанная с научно-техническим, научно-технологическим и социальным развитием человечества в 20-21 веках. По статистике Германского фонда мирового населения (DSW) численность населения планеты увеличилась на 82 млн человек, достигнув 8,156 млрд к концу 2024 года. По сравнению с началом 2024 года, когда этот показатель составлял 8,083 млрд, прирост остается значительным. Глобальность проблемы следует хотя бы из следующей статистики: за последние десятилетия средний прирост населения в мире составил 1% в год, а ежегодный рост потребления энергии человечеством возрастал на 4%. Это в среднем в мире, а по отдельным регионам контраст еще сильнее. Энерго-насыщенность производства и энерговооруженность проглядывается не только в производственной сфере, но и в быту [1].

Выявлена закономерность о прямой зависимости между совокупным удельным потреблением энергии и валовым внутренним продуктом на душу населения страны. Это говорит о глобальности проблемы энергетики наравне с экологическими и экономическими проблемами. Решать их нужно в мировом масштабе в тесной координации со всеми государствами и с учетом новейших достижений науки, техники и технологий.

Сейчас энергетика основана на органическом топливе. Однако, на долго ли оно хватит? Если разделить все разведанные и пригодные к разработке запасы органического топлива в мире на нынешний средний уровень потребления энергии, то получим оценку времени практического исчерпания запасов органического топлива. Видно, что запасов много, но они ограничены и труднодоступны [2].

В 2024 году структура мировой генерации электроэнергии вновь продемонстрировала сильную зависимость от ископаемых источников (см. табл. 2) — угля, газа и нефти, на долю которых пришлось почти 60% выработки. Тем не менее, наблюдается устойчивый рост доли возобновляемых источников энергии (32,1%) и умеренное укрепление позиций ядерной энергетики (9,1%).

Этот дисбаланс отражает сложную динамику глобального энергетического перехода: декарбонизация происходит, но крайне неравномерно по регионам[1].

Таблица 2

Структура мирового энергопотребления (в %) в 2024 г.			**%**
Уголь			34,5
ВИЭ	Ветряная энергия	12,7	32,1
	Солнечная энергия	9,0	
	Гидроэнергия	7,0	
	Энергия биомассы	2,6	
	Приливная и геотермальная энергия	0,8	
Газ			23,5
Ядерная энергия			9,1
Нефть			0,7

Ускорение энергетического перехода требует системных инвестиций в ВИЭ и сетевую модернизацию. Ядерная энергетика — ключевой инструмент для надёжной декарбонизации. Газ может играть роль переходного ресурса, но не заменит необходимость в нулевых выбросах. Развитие водородной энергетики и интеграция с ВИЭ создают перспективную модель устойчивой генерации.

Мировая энергетика в 2024 году балансирует между прежними моделями и новым зелёным курсом. Уголь и газ пока доминируют, но потенциал ВИЭ и атомной энергии даёт основания для оптимизма. Главный вызов — обеспечить справедливый и технологически устойчивый энергетический переход в глобальном масштабе. ВИЭ демонстрируют уверенный рост, но остаются ограниченными из-за нестабильности генерации и недостатка инфраструктуры накопления. Ядерная энергетика остаётся стабильным источником низкоуглеродной энергии, востребованным в странах с высокими амбициями.

[1] https://www.iais.uz/ru/outputnew/mirovaya-generatsiya-elektroenergii-v-2024-godu-balans-mezhdu-uglerodnoy-inertsiey-i-zelyonym-povorotom

Газ играет роль временного компромисса, особенно в США, однако его долгосрочная экологическая приемлемость — под вопросом.

В интересах будущего человечества надо искать другую топливную основу энергетики или развивать другую альтернативную энергетику. Альтернативная энергетика по многим техногенным, экологическим и экономическим параметрам превосходит органическое энергопотребление. Но главное преимущество альтернативной энергии – она возобновляемая и имеет практически неисчерпаемый источник. В первую очередь это касается солнечной энергетики и поиска путей повышения её эффективности.

Суммарная доля альтернативных ВИЭ к 2010 году в общем объеме потребляемой энергии составляет 8–10%, а к 2025 году она существенно возрастет [3].

Основная причина неконкурентоспособности ВИЭ — экономическая — дороговизна вырабатываемой энергии. Все ВИЭ имеют ограничения, связанные, например, с расположением объекта, наличием определенных климатических условий, характеризуются либо ограниченным потенциалом, либо значительными трудностями широкого использования.

Эффективное развитие любых видов энергетики сталкивается с необходимостью разработки и постоянного совершенствования трех соответствующих технологий: технологии добычи энергоресурсов, технологии их хранения и технологии транспортировки.

Переход к возобновляемым источникам энергии воспринимается как стратегически необходимое решение, но сопровождается множеством трудностей. ВИЭ пока не могут полноценно заменить традиционные источники: они требуют дорогой инфраструктуры, стабильных климатических условий и развитых систем хранения энергии. Кроме того, около 700 миллионов человек в мире по-прежнему не имеют доступа к электроэнергии, и задача обеспечения справедливого и устойчивого энергоснабжения остаётся нерешённой. Таким образом, мировая энергетика стоит на перепутье: необходима координация

международных усилий, технологические инновации и масштабные инвестиции, чтобы обеспечить устойчивое энергетическое будущее для всех.

Литературы

1. Э.З.Имамов, Т.А.Джалалов. Принципы наногелиоэнергетики или «Актуальные проблемы сочетания и развития двух технологий: функциональные нано материалы и повышение эффективности солнечных элементов» – Ташкент. Изд-во «Фан ва технология», 2015. – 112 с.
2. Стейлер Р. Нефть. Кто диктует правила миру, сидящему на сырьевой игле // Москва, 2011. 252 -с.
3. Мировая энергетика: основные тенденции, динамика, перспективы / Под ред. С.В. Жукова. – М.: ИМЭМО РАН, 2018. – 200 с.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ДВУСТОРОННЕ-ОСВЕЩАЕМЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Р. Алиев

e-mail: alievuz@yahoo.com

Андижанский государственный университет

Будущее расширение внедрения кремниевых солнечных элементов (СЭ) в качестве перспективного способа покрытия энергоснабжения и оздоровления окружающей среды зависит от дальнейшего повышения их эффективности фотоэлектрического преобразования энергии снижения себестоимости. Важным решением такой проблемы является использование двусторонне-освещаемых (ДО) СЭ, которые могут дополнительно преобразовывать диффузионно-рассеянного или перенаправленного на тыльную сторону солнечного излучения. Согласно прогнозам ученых [1] вклад ДО СЭ будет возрасти существенно в ближайшем будущем и может достигать до 60% в общей глобальной фотоэлектрической системе в 2029 году. Но для этого целесообразно выполнять

актуальные целевые фундаментальные и прикладные научные исследования, способствующие реализации эффективных процессов фотогенерации неравновесных носителей заряда в тонком базовом слое, стимулирования их разделения *p*-*n*-переходом, уменьшения рекомбинационных и оптических потерь на фронтальных и тыльных поверхностях при условии двустороннего освещения [2, 3]. Другим важным фактором использования ДО СЭ является отличительные от обычных СЭ спектров поглощения, отражения и пропускания, которые могут вызвать необходимость определения особенностей поверхностных оптических свойств и температурных коэффициентов их основных фотоэлектрических параметров [4, 5]. Данная исследовательская работа посвящена на решении вышеупомянутых актуальных научных и прикладных задач.

В качестве исследовательского метода использована система приборно-технологического моделирования “Sentaurus TCAD” и частично экспериментальные возможности лаборатории “Возобновляемых источников энергии” при АГУ, а именно современные измерительные оборудования: “Sinton Instrument Suns-V_{oc}” и “Zolix”. Смоделирована геометрическая форма ДО СЭ со структурой p^+-n-n^+ и n^+-p-p^+на основе кремния *n*- и *p*- типа проводимости (Рис. 1).

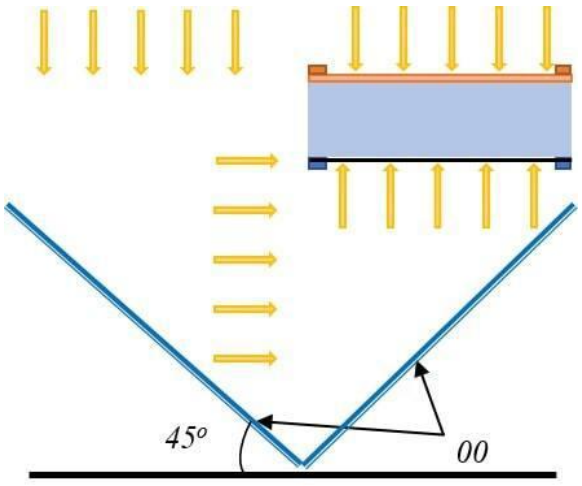


Рис. 1. Геометрическая модель ДО СЭ при условии двустороннего освещения.

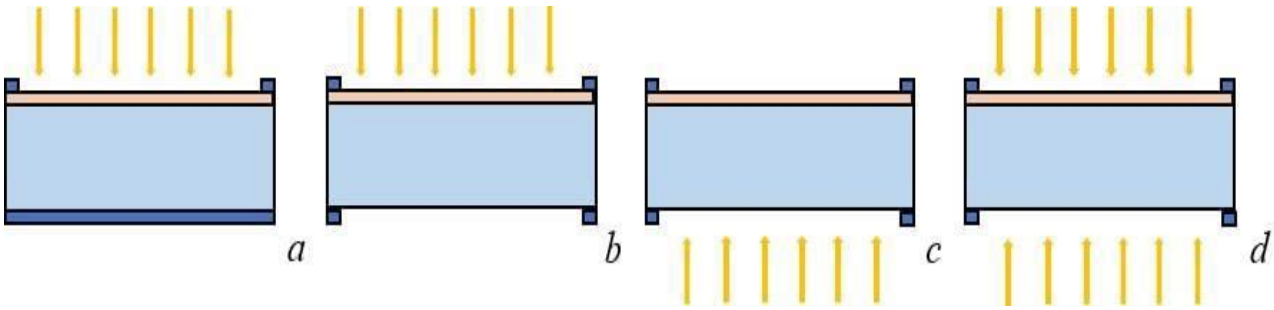
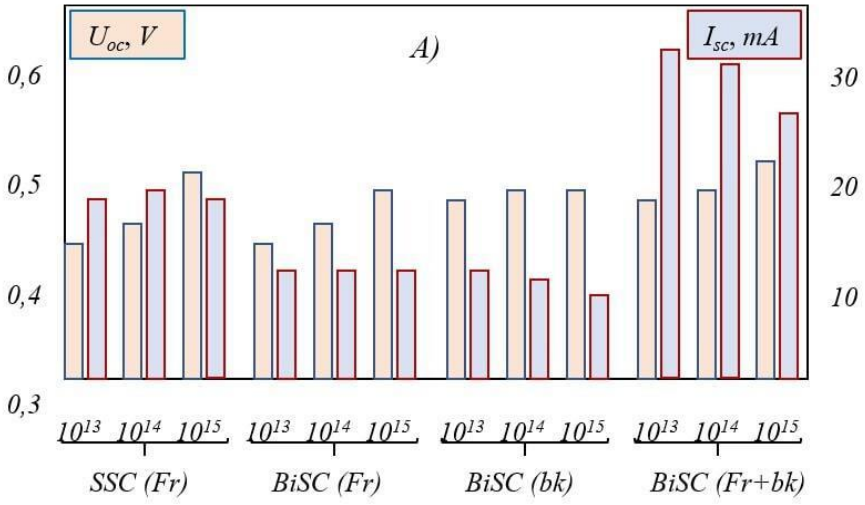


Рис. 2. Различные условии освещения планарного (a) и ДО СЭ (b, c, d).

На каждые конструкционные элементы (эмиттер, база, изотипный слой и электродные контакты) заданы необходимые геометрические (ширина и толщина) и физические (концентрация легирования параметры, соответствующие современным кремниевым СЭ. С целью определения оптимальных условий переноса носителей заряда в освещенном ДО СЭ варьировалась концентрации легирования соответствующими примесями в слоях эмиттера, базы и тыльного изотипного слоя в общем диапазоне от 10^{14} $см^{-3}$ до 10^{19} $см^{-3}$.



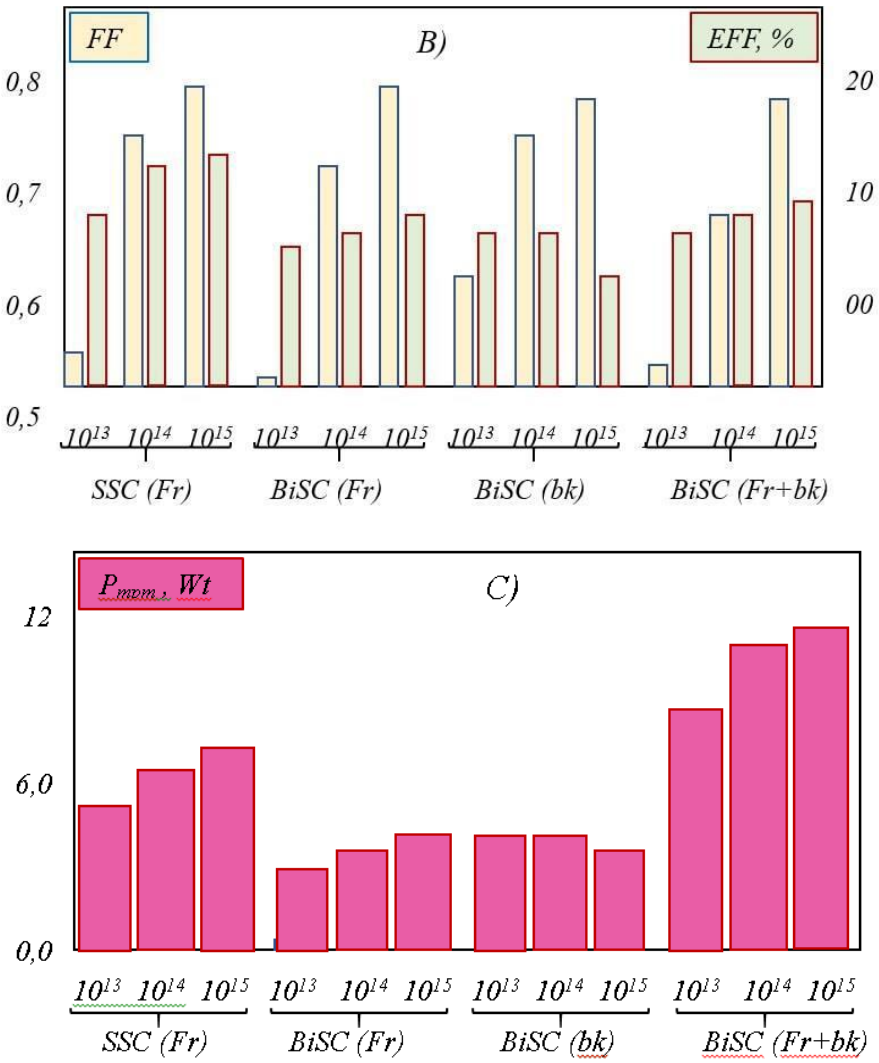


Рис. 3. Диаграммы зависимости тока к.з. и напряжения х.х. (A), филл фактора и эффективности (B), максимальной выходной мощности (C) от уровня легирования базы планарного (SSr) и ДО СЭ (BiSC) при различных условиях освещения: с фронтальной (Fr), тыльной (bk) и двусторонней (Fr+bk).

Геометрическим моделированием предусмотрено различные условии освещения СЭ (с фронтальной, тыльной и одновременно-двусторонней) с различной плотностью солнечного излучения в диапазоне от 200 до 1200 мВт/см^2 (Рис. 2). Также в расчетах учитывалось процессы тепловыделения за счет Оже рекомбинации в базе СЭ с определением температуры. Таким образом, установлено, что ДО СЭ при выборе оптимального пирамидального текстурирования и антиотражающего покрытия может показать высокие значения эффективности (до 23,9 %) фотоэлектрического преобразования. Также определены расчетные температурные коэффициенты основных фотоэлектрических параметров ДО СЭ. Относительно низкие значения

температурных коэффициентов основных фотоэлектрических параметров ДО СЭ свидетельствуют о высокой их стабильности в условиях жаркого климата.

Литература

1. Chris Deline, Silvana Ayala Peláez, Bill Marion, Bill Sekulic, Michael Woodhouse, and Josh Stein Bifacial PV System Performance: Separating Fact from Fiction. // (Sandia National Labs) PVSC-46, Chicago, IL 2019.

2. Aliev R., Komilov M., Gulomova I., Mirzaalimov A., Mirzaalimov N., Aliev S., Gulomov J. Effect of temperature on the properties of a bifacial textured solar cell. // Відновлювана енергетика. №2/2025 | Сонячна енергетика. PP. 97-105. https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.2(81)97-105

3. R. Aliyev, O. Bozarov, D. Kodirov, J. Kaxxorov, D. Xonbutayeva Study on photovoltaic characteristics of bifacial solar panels. // 01016 (2024). E3S Web of Conferences. 497. ICECAE 2024, pp. 1-7. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449701016

4. R. Aliev, M. Komilov, N. Mirzaalimov, A. Mirzaalimov, S. Alive, I. Gulomova, J. Gulomov2 Textured Bifacial Silicon Solar Cells Under Various Illumination Conditions. // J. Nano- Electron. Phys. 16 No 5, 05025 (2024) https://doi.org/10.21272/jnep.16(5).05025

5. Aliev, R., Komilov, M., Aliev, S., & Gulomova, I. (2025). Comparative analysis of conventional and bifacial solar cells under various illumination conditions. // Physics and Chemistry of Solid State, 25(4), 844–852. https://doi.org/10.15330/pcss.25.4.844-852

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Имамов Э.З.[1], Аскаров М.А.[2,3], Муминов Р.А.[4], Каримов Х.Н.[1], Имамов А.Э.[5]

[1]Ташкентский университет информационных технологий - ТУИТ

[2]Ташкентский химико-технологический институт – ТХТИ

[3]Каракалпакский государственный университет - КГУ

[4]НПО «Физика-Солнце», ФТИ АН РУз

[5]Академия МВД РУз

Солнечная энергетика — направление альтернативной энергетики, основанное на использовании энергии солнечного излучения. Солнечная энергетика активно развивается во всем мире, предлагая экологически чистую альтернативу традиционным источникам энергии. Однако, несмотря на явные преимущества, данное направление сталкивается с рядом проблем, которые тормозят его повсеместное распространение.

Во многих исследованиях поиск путей совершенствования процесса преобразования солнечного излучения, повышения её эффективности, основан на использовании специфических особенностей наноразмерных материалов и характера проявления в них различных физических свойств.

В наше время по всем технологиям трудно представить (или скорее всего, невозможно себе представить) эффективное их решение без привлечения колоссальных и неограниченных возможностей, средств нано-технологии и нано-науки. В качестве подтверждения сказанному проводится анализ спектральной характеристики солнечного излучения (см. таб. 1) [1].

Таблица 1

Спектральные характеристики солнечного излучения											
Спектральный диапазон (эВ)	0-0,5	0,5-1	1,0-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4.5	4,5-5	>5
Число фотонов (10^{20} фот/с·м^2)	1	5	7	7	5	3	2	0,5	-	-	-
Интенсивность (Вт/м^2)	10	80	190	250	250	210	140	100	80	60	30
	6,43		64,29				27,14				2,14

В процентах (%)	6,43		31,43		32,86		17,14		10,0		2,14
	0,72	5,71	13,57	17,86	17,86	15,0	10,0	7,14	5,71	4,29	2,14

Как известно, подавляющее большинство солнечных панелей в мире производят на кремниевой подложке. При всех своих преимуществ перед другими материалами в качестве подложки, кремний, тем не менее, обладает одним существенным недостатком. У него – узкий спектр эффективного поглощения солнечного излучения (см. табл. 1): спектральный диапазон эффективного поглощения от 1,1 до 2 эВ. В этом диапазоне интенсивность солнечного излучения (Вт/м^2 = Дж/с·м^2) составляет не более 30% от падающей. Этим и определяется максимальный теоретический предел (30%) возможностей солнечного элемента (СЭ) на кремниевой основе. Все остальное излучение идет только на разогрев устройств [1].

Однако, привлечение нано технологии и нано науки, а также переход на производство СЭ на основе новых контактных структур в состоянии расширить спектр эффективного поглощения от области далекого инфракрасного (0,1-0,5 эВ) до близкого ультрафиолета (3-3,5 эВ).

В этом диапазоне суммарная интенсивность солнечного излучения составляет более 70% от падающей энергии. Почти настолько же подымается и теоретический предел возможностей СЭ на кремневой основе. Другими словами, главной проблемой совершенствования процесса преобразования солнечной энергии в электричество является проблема расширения эффективного спектра поглощения.

Расширение эффективного спектра поглощения света можно достигнуть путем применения в солнечной энергетике тандемных (многослойных) устройств. Эта методика интенсивно исследуется, но пока больше в лабораторных условиях. Однако, из-за дороговизны и недолговечности в массовом производстве их применения тоже весьма ограничены.

Рассмотрим основные проблемы солнечной энергетики [2-4].

Зависимость от погодных условий. Одна из ключевых проблем солнечной энергетики — нестабильность выработки энергии. Количество солнечного света зависит от времени суток, облачности, сезона и географического положения. В пасмурные или дождливые дни эффективность солнечных панелей значительно снижается. Это делает солнечную энергию менее предсказуемой по сравнению с традиционными источниками.

Проблема хранения энергии. Солнечные панели производят энергию только днем, а основное потребление часто приходится на вечерние часы. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения необходимы системы хранения, такие как аккумуляторные батареи. Однако современные технологии хранения все еще далеки от идеала — батареи дороги, занимают много места, имеют ограниченный срок службы и представляют экологическую проблему после утилизации.

Высокая стоимость внедрения. Хотя стоимость солнечных панелей за последние годы значительно снизилась, начальные затраты на установку солнечных электростанций остаются высокими. Это особенно актуально для частных домохозяйств и развивающихся стран, где доступ к инвестициям ограничен. Кроме того, установка требует квалифицированного персонала и специализированного оборудования.

Ограниченный срок службы и эффективность оборудования. Солнечные панели со временем теряют эффективность. В среднем, за 25–30 лет их производительность может снизиться на 15–20%. Также солнечные инверторы и другие компоненты системы нуждаются в регулярной замене и обслуживании, что увеличивает совокупную стоимость владения.

Влияние на окружающую среду. Хотя солнечная энергия считается «зеленой», процесс производства панелей связан с использованием токсичных веществ и редкоземельных металлов. Неправильная утилизация отработавших панелей может нанести вред экосистемам. Кроме того, крупные солнечные фермы требуют значительных площадей, что может приводить к нарушению местных экосистем.

Инфраструктурные и сетевые ограничения. Массовое подключение солнечных электростанций к энергосетям требует модернизации существующей инфраструктуры. В некоторых регионах электросети не приспособлены к децентрализованной генерации, что приводит к проблемам с управлением нагрузкой и риску перегрузок.

Зависимость от субсидий и господдержки. Во многих странах развитие солнечной энергетики поддерживается за счет государственных субсидий и налоговых льгот. При их сокращении или отмене темпы внедрения солнечных технологий могут резко снизиться. Это говорит о нестабильности отрасли без внешней поддержки.

Солнечная энергетика имеет огромный потенциал, но для её широкомасштабного внедрения необходимо преодолеть ряд технологических, экономических и экологических препятствий. Развитие систем хранения энергии, снижение стоимости технологий, эффективная утилизация оборудования и модернизация инфраструктуры — ключевые направления, над которыми работают ученые, инженеры и государственные органы по всему миру. Перспективы солнечной энергетики обозначают не только путь к энергетической независимости и устойчивому развитию, но и значительное увеличение инвестиционных и исследовательских возможностей, способствующих укреплению экологической безопасности и созданию более комфортной планеты.

Еще одной важной проблемой солнечной энергетики является нехватка высококвалифицированных кадров, работающих в этой сфере. Солнечная энергия, среди всех массовых видов энергии, является источником постоянного тока. Вся инфраструктура потребления, транспортировки и производства энергии человеком основана на переменном токе, в то время как солнечная электроэнергия – это постоянный ток, и её потребление требует иных эксплуатационных навыков и других электротехнических устройств. Поэтому заранее ставится задача принятия соответствующих мер для оперативной подготовки инженеров-электриков в области солнечной энергетики, способных

обеспечить квалифицированное потребление, транспортировку и производство постоянной солнечной электроэнергии. Весь процесс высшего образования должен быть направлен на такую модернизацию всего образовательного процесса, его учебно-методического обеспечения, грамотного обновления всего цикла аналитического и практического содержания образовательного контента [5].

Заключение. Отметим, что солнечная энергетика представляет собой динамично развивающийся сектор, который способствует не только экологической устойчивости, но и экономическому росту. Каждое новое достижение в этой области открывает дополнительные возможности для стран, городов и домохозяйств, поддерживая их стремление к энергетической независимости и снижению влияния углеродного следа. Значение солнечной энергии выходит за рамки простой альтернативы — она становится неотъемлемой частью существования нашей планеты на пути к более экологичному и устойчивому будущему.

С увеличением инвестиций и укреплением систем поддержки солнечная энергетика будет продолжать расти и развиваться, преодолевая существующие барьеры. Этот процесс не только поддерживает укрепление экологической безопасности, но и создаёт новые горизонты для научных исследований и технологических инноваций. В конечном итоге, солнечная энергетика имеет потенциал быть катализатором позитивных изменений в мировом энергетическом ландшафте, укрепляя как экономическое, так и социальное благополучие.

Литературы

1. Э.З. Имамов, Т.А. Джалалов. Принципы наногелиоэнергетики или «Актуальные проблемы сочетания и развития двух технологий: функциональные нано материалы и повышение эффективности солнечных элементов», монография – Ташкент. Изд-во «Фан ва технология», 2015. – 112с.

2. Нурудинов С.М., Якупов З.Я. Проблемы и перспективы развития солнечной энергетики в текущей экологической ситуации. Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 12 (81) Том 2. 2024 г. – С. 1967-1975
3. Кенжаев З.Т. Состояние и перспективы развития солнечной энергетики // Молодой ученый. — 2017. — № 37 (171). — С. 6-7.
4. Горбенко О.Н., Рожкова А.А. Проблемы использования солнечной энергии // Современные наукоемкие технологии - 2014. № 5-2. С. 38-39
5. Imamov A.E., Imamov E.Z., Kholmedov Kh.M., Karimov Kh.N., Khujamatov H., Askarov M.A. Solving the problem of training specialists in the operation of solar energy devices // *Science and innovation*, Vol. 2, Iss. 10, 2023, -pp.165-169

PARABOLOCYLINDRICAL SOLAR DEVICE FOR THERMAL ENERGY PRODUCTION

A.A.Kuchkarov, Kh.Mirzabaeva, S.Kamolboev.
Fergana State Technical University, 150107, Fergana street, 86
e-mail: ims-79@mail.ru

Annotation: *This paper examines the calculation of the geometric parameters of parabolic trough solar collectors, assessing their efficiency and potential for use in both industry and the private sector. Based on experimental tests conducted in the Fergana region, the impact of rapid fluctuations in water flow and temperature was analyzed. The results demonstrated that these solar collectors are capable of heating water to high temperatures and efficiently accumulating heat, as well as serving as effective heaters for industrial and process applications. The results of the study contribute to the development of solar thermal systems and their widespread use.*

Keywords*: Solar energy, parabolic trough collector, thermal efficiency, optical parameters, water flow, temperature analysis, industrial application, renewable energy, thermal energy storage.*

Introduction

Energy is one of the most important means of human life and economic development. Energy can be obtained from both fossil and renewable sources. Today, the world’s need for energy is growing rapidly. At the same time, oil has gained political and strategic importance and has taken its place in social life. In recent years, natural gas has become one of the most important factors determining the economy, politics and development of a country [1].

The world’s energy consumption is mainly derived from oil (39%), coal (27%), natural gas (21%), and hydroelectricity and other renewable energy sources (13%) [2]. It is also expected that 87% of the world's energy consumption will come from fossil fuels. According to energy experts, fossil fuels are expected to last for 40 years, while natural gas is expected to last for 62 years [3].

The use of fossil fuels has a negative impact on global warming, environmental pollution and human health. The reasons for this are carbon, hydrogen, sulfur and other elements contained in fossil fuels. An analysis of the current political and economic map of the world shows that energy, resource and environmental problems are going beyond the boundaries of local character and are becoming global in nature. Maintaining the current level of development of human society and its further development requires the intellectual consciousness of the advanced masses of society to develop new approaches to solving this problem [4]. Therefore, it is necessary to create modern technologies that are so integrated that, through their implementation, the above-mentioned problems will find their solutions to some extent.

In recent years, a number of works have been carried out in our Republic to improve the energy sector, including increasing production based on renewable energy sources (which can reduce dependence on fossil fuels and improve the environmental situation), increasing the efficiency of energy systems, reducing energy consumption, and forming a culture of energy saving among the population [5-6].

Currently, solar energy is one of the most promising renewable energy sources. Flat-plate and focusing solar collectors are used to convert solar energy into other types of energy [7-8].

Today, parabolic trough solar collectors are widely used to obtain thermal energy. This is a type of solar heat collector, which heats the heat carrier to a high temperature by concentrated solar radiation passing through focused light-receiving tubes. In addition, thermal energy can be used to obtain process water in industrial enterprises and private sectors. Also, this type of device can be described by the classifier in Figure 1 according to its application areas [9-10].

Materials and methods.

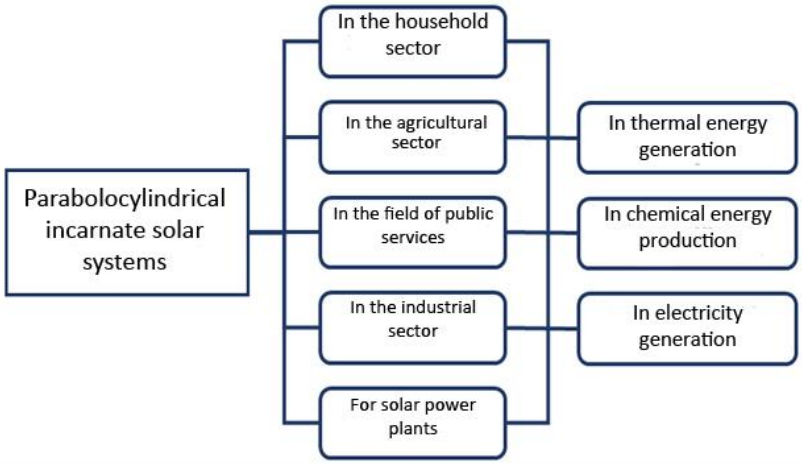


Figure-1. Description of parabolic trough solar systems by application.

Parabolic trough systems for solar radiation are equipped with a single light-collecting optical surface and separate flat collector elements, as well as a tubular heat sink arranged and installed in the focal zone. Such a module can be used to obtain thermal, mechanical or electrical energy from autonomous solar installations of a specific purpose. On the basis of such modules, it is possible to create energy systems with a capacity of hundreds of MW. The module under consideration is a modification of previously developed experimental solar parabolic trough installations [11]. A general view of the developed parabolic trough module is shown in Figure 2.1.

The calculation of the geometric parameters of a parabolic cylindrical solar collector is carried out as follows. The main working surface of the collector is calculated as follows:

$$S_{mid}=B\times L=1{,}4m\times 3{,}0m = 4{,}2m^2$$

A typical parabolic trough solar collector has a focal-line receiver (a tubular receiver). If its effective diameter is d, then its effective area A_{receiv} is given by the length L:

$$A_{receiv}=d\times L=0{,}44\times 3{,}0m=0{,}12m^2$$

Based on the above, the average solar radiation flux integration level of the device is the ratio of the total light area falling on the parabolic cylindrical collector to the light-receiving surface:

$$C=\frac{A_{mid}}{A_{receiv}}=\frac{4{,}2m^2}{0{,}12m^2}\approx 35.$$

Under standard conditions, the energy falling on a parabolic cylindrical solar collector is:

$$Q_{in}=1000\ W/m^2\times 4{,}2\ m^2=4200\ W.$$

The collector system has the following main optical parameters:

-reflectance coefficient R_z - this is the ability of mirrors or flat elements used in a solar collector to reflect sunlight. This coefficient is usually from 0.85 to 0.95. For example, if the reflection coefficient $R_z = 0.9$, this means that 90% of the light falling on the surface of a parabolic-cylindrical solar collector is reflected.

- the light absorption capacity of the light receiver (A_s) - this indicator indicates how effectively the sunlight directed to the focal line is captured by the receiver. This value is usually around 0.95, which means that 95% of the incident light is absorbed by the receiver.

-cosine loss (cos θ) – expresses the angle at which the sun's rays fall on the parabolic-cylindrical solar collector. If the sun's rays fall on the collector directly, that is, at an angle of 90°, cos θ = 1 and losses are minimal. If the rays fall obliquely, this indicator decreases, and as a result, the efficiency of using solar energy decreases.

The product of the above three parameters determines the overall optical efficiency of the collector:

$$\eta_{opt}=R_z\cdot A_s\cdot\cos\theta$$

For example, if $R_z = 0.9$, $A_s = 0.95$ and $\cos\theta = 1$:

$$\eta_{\text{opt}} = 0{,}9 \times 0{,}95 \times 1 \approx 0{,}855$$

Therefore, the optical efficiency of the system is 85.5%.

Assuming the collector input power Q_{in} = 4200 W, the useful energy reaching the light receiver is determined as follows:

$$Q_s = Q_{in} \cdot \eta_{\text{opt}} = 4200 \times 0{,}855 \approx 3591 \text{ W}$$

This result shows that the collector provides high efficiency even when taking into account optical losses under real operating conditions.

A heat accumulator is used to temporarily store the heat generated after optical losses and use it later. In this system, a tank with dimensions of 40 × 40 × 60 cm is used. Its total volume is determined as follows:

$$V = 0{,}4 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}6 = 0{,}096 \text{ m}^3$$

This volume is selected according to the power ratings of the collector module, taking into account the heat exchange rate, insulation qualities, and external heat losses.

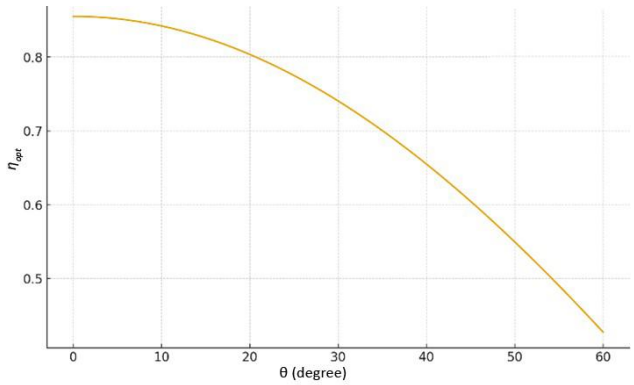


Figure 2. Optical efficiency η_{opt} divided by the angle of incidence cosθ.

Figure 2 shows that the optical efficiency η_{opt} decreases with increasing angle of incidence of sunlight on the collector surface. At θ = 0° (perpendicular incidence), η_{opt}≈0.855 is the maximum value. When θ = 60° is reached, the efficiency decreases by about 40% and reaches η_{opt}≈0.43. Thus, the installation angle and tracking systems play an important role in maintaining the collector efficiency at a high level.

A hydraulic system based on a parabolic-cylindrical solar collector was assembled as an experimental object in the study. The experimental complex consists of the following main elements:

- parabolic trough solar collector;
- heat storage tank;
- water pump;
- connecting hoses and control fittings.

The geometric dimensions of the parabolic trough solar collector are 1.4 × 3.0 m, which generates thermal energy by focusing sunlight onto the focal line. A water tank measuring 40 × 40 × 60 cm was used as a heat accumulator, which temporarily stores the thermal energy transferred through the collector. A centrifugal water pump with a power of 0.375 kW was selected as a pumping unit. Its nominal flow rate was 10 l/min, and the flow rate of the transferred liquid was adjusted using a special valve. The pump continuously supplied water to the collector from the storage tank.

During the experimental studies, water was heated in a solar collector and returned to the heat storage chambers. The system was configured to operate in a continuous flow mode, which allowed for stable monitoring and measurement of heat exchange processes.

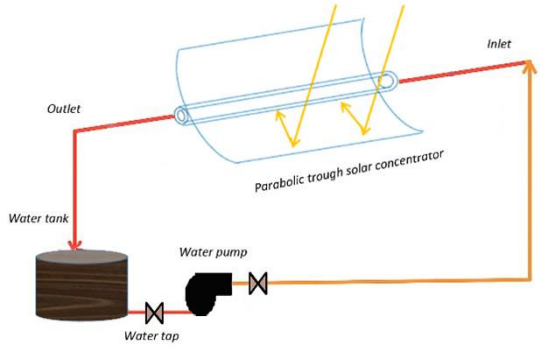


Figure 2.1. Schematic diagram of a parabolic trough solar collector system.

Figure 2.2. General view of the experimental parabolic trough solar collector.

Figure 2.2 shows the parabolic trough solar collector system in the experimental study.

Results and discussion

The sunlight falling on the reflecting surface of the parabolic trough solar collectors is directed to the heat transfer fluid passing through the light receiving tube. For the experimental data, the tube inlet ($T_{h,i}$) and tube outlet ($T_{h,o}$) temperatures are

measured simultaneously to estimate the energy transferred to the water. In addition, the water temperature in the storage tank (T_{bak}) is also measured to model the heat transfer.

Table-1.

Experimental data obtained in Fergana on June 10

Time	T_{inlet}(°C)	T_{outlet}(°C)	T_{bak}(°C)	Flow(l/min)	ΔT(°C)
11:00	35,5	42,5	25,6	0,4	7
11:10	37,4	51,2	27	0,4	13,8
11:20	37,5	54	30	0,4	16,5
11:30	38,7	57	32	0,4	18,3
11:40	38,7	57	32	0,4	18,3
11:50	40	58	35	0,4	18
12:10	45,7	63,5	35	0,4	17,8
12:20	46,7	65	37	0,4	18,3
12:30	47,5	68	38	0,4	20,5
12:45	48,3	71,2	39	0,4	22,9
13:15	50	70,6	40	0,4	20,6
13:30	54,2	74,6	42	0,4	20,4
13:40	56,5	75	43	0,4	18,5
13:50	58	75,2	44	0,4	17,2

As can be seen from Table 1, the outlet temperature ($T_{h,o}$) was around 42.5 °C at 11:00 at the beginning of the experiment, and gradually increased over time, approaching 75 °C at 13:50. This indicates that the parabolo-cylindrical concentrator is highly optically and thermally efficient. The inlet temperature ($T_{h,i}$) was initially 35.5 °C, and had a slight tendency to increase over time (up to 58 °C). This is a result of the water entering the collector after being additionally heated in the heat storage tank during circulation. The tank temperature (T_{bak}) increased steadily during the study and increased from 25.6 °C to 44 °C. This indicator confirms that the thermal energy transferred through the system is successfully accumulated in the water.

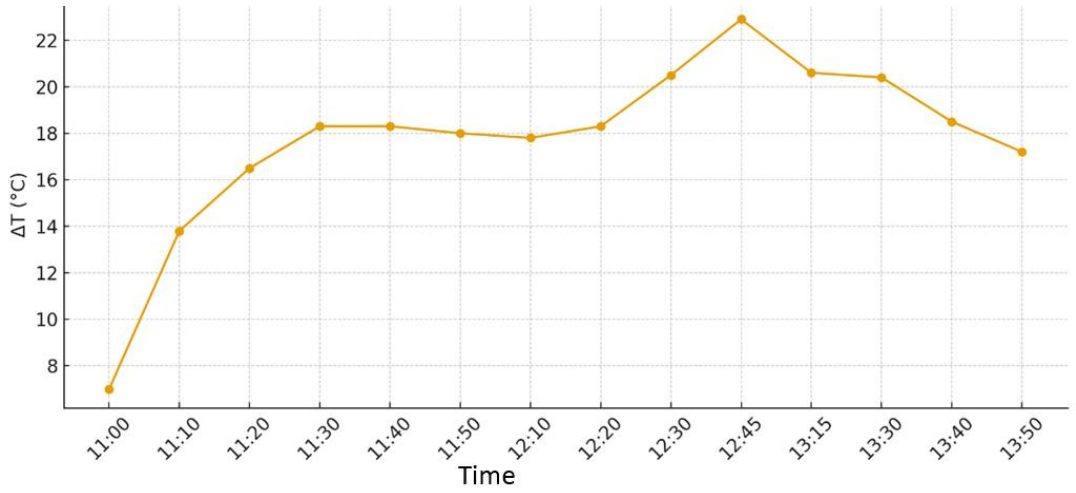


Figure 3. Variation of ΔT (difference between outlet and inlet temperatures) over time.

The graph shows the change in ΔT (the difference between the outlet and inlet temperatures) over time. Initially, ΔT at 11:00 was only 7 °C, but it rose sharply with the increase in solar radiation for a short time and stabilized at around 18 °C at 11:30. Between 11:40 and 12:10, ΔT was maintained at around 18 °C, indicating that the collector had reached a balance between heat output and heat loss. Starting from 12:20, ΔT increased again as the solar intensity increased, reaching its highest value of approximately 23 °C at 12:45. In the next stage, ΔT gradually decreased and stabilized at around 17 °C by 13:50.

These changes show that the efficiency of the collector is directly dependent on the intensity of solar radiation over time: during the maximum solar period, ΔT is also the highest, while when radiation decreases, ΔT decreases. At the same time, as the heat accumulation in the system increases, the temperature difference decreases, which is a natural consequence of the heat balance.

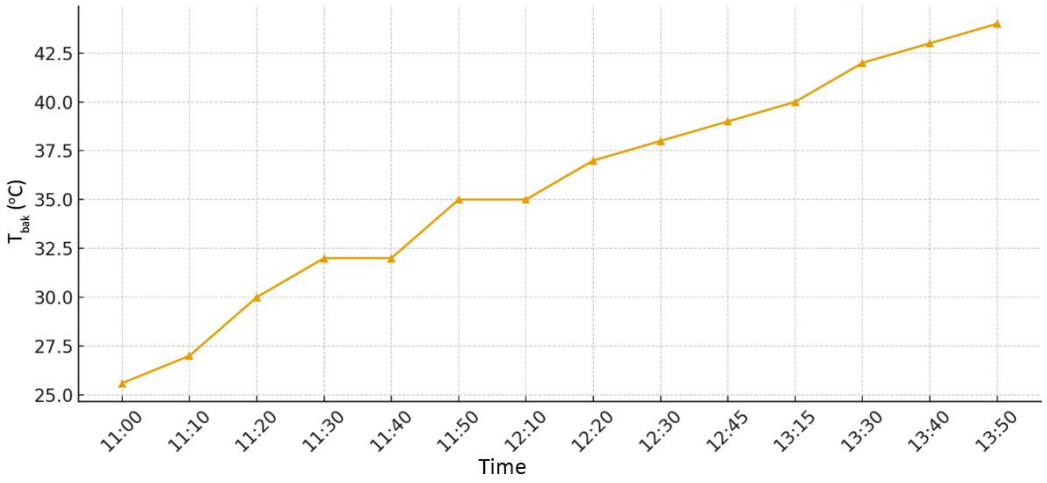


Figure 4. Temperature variation of the storage compartment (T_{bak}) over time.

Figure 4 clearly shows the time-dependent change in the temperature of the storage compartment in the experiment. Initially, at 11:00, the initial water temperature was 25.6 °C, and the temperature in the tank increased steadily due to the increase in solar radiation and the increase in collector outlet temperature. By 11:20, it reached 30 °C, and the heating was rapid due to the high heat input during this period. In the following period, between 11:30 and 12:10, the temperature was around 32–35 °C, and the heat input and loss in the system were balanced, and the growth rate slowed down slightly. From 12:20, coinciding with the maximum period of solar radiation, the temperature rose again rapidly and reached 38–40 °C. In the final stage, between 1:15 PM and 1:50 PM, the temperature of the water in the tank continued to increase steadily, reaching a peak of 44 °C. The results show that the temperature of the water in the tank increased by about 18 °C during the experiment, indicating the efficient operation of the collector and the high energy storage capacity of the heat accumulator.

Table-2

Solar radiation values obtained in Fergana on June 1 [12].

Time	Total hours	Direct radiation (W/m^2)	Total hourly global radiation	Total global radiation average (W/m^2)	Direct rad/total rad.
7	21912,4	365,21	12740,2	212,34	1,73
8	38103,5	635,06	22930,9	382,18	1,66
9	42862,1	714,37	34290,5	571,51	1,25
10	47643,2	794,05	44917,5	748,62	1,06

11	47876,5	797,94	51923	865,38	0,92
12	45194,9	753,25	53000,5	883,34	0,85
13	47150,1	785,84	59046,4	984,11	0,80
14	38666,1	644,44	54621,9	910,36	0,72
15	44314,3	738,57	43199,2	719,99	1,025
16	33630,7	560,51	33788,8	563,15	0,99
17	31220,3	520,34	29778,8	496,31	1,05
18	8234,8	137,25	19108,2	318,47	0,

As shown in Figure 4, the ratio of direct solar radiation to total radiation varies from 0.7 to 1. In June, the ratio of direct radiation to total radiation in Fergana region is 0.6.

Conclusion

The results of the study showed that the use of parabolic trough solar collectors is one of the effective methods for heating water. According to the results of the experiments, the difference between the inlet and outlet water temperatures reached a maximum of 22.9°C, which confirms the high efficiency of the system. Also, the study found that the change in sunlight during the day is an important factor affecting the efficiency of the collector.

The advantages of parabolic trough solar collectors include their high focusing ability, low optical losses, and the ability to obtain high-temperature heat carriers. At the same time, measures should be taken to reduce optical and thermal losses to increase the efficiency of the system. The results of the study show that the production and implementation of parabolic trough solar collectors can be economically viable for industrial enterprises and private households. Such systems can be widely used in agriculture, the food industry, and other industries that require thermal energy.

Literature

1. International Energy Agency (IEA). World Energy Consumption Statistics – 2023.
2. BP Energy Outlook 2023 – World energy resources and prospects.
3. International Union for Conservation of Nature (IUCN). Climate Change and Energy Resources Report – 2022.
4. Europe Renewable Energy Report – Solar Thermal Applications, 2023.

5. Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan. National Program on Renewable Energy Sources – 2023.
6. Uzbekhydroenergo State Enterprise – Annual Report on Renewable Energy, 2022.
7. Sayfutdinov, N., & Yusupov, B. “Solar collectors and their practical applications”. Fergana, 2019.
8. Ghasemi, A., & Pahlavani, M. (2021). “Solar Thermal Systems: Design, Performance, and Applications”. Springer.
9. Kalogirou, S. A. (2014). “Solar Energy Engineering: Processes and Systems”. Academic Press.
10. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). “Solar Engineering of Thermal Processes”. John Wiley & Sons.
11. SolarPACES Annual Report – Parabolic Trough Collector Technology. 2023.
12. Avezova N.R., Rakhimov E.Y., Frid S.E. et al. Assessment of the Technical Potential of Photovoltaic Convertors: The Case of the Fergana Valley Part I: Dynamics of Climate Data Changes in the Region. Appl. Sol. Energy 58, 697–707 (2022).

ENERGETIKA MUHANDISLIGIDA SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA QAROR QABUL QILISH JARAYONINI O‘QITISH METODIKASI

Ablaqulov Kamoliddin Bahriddinovich, Oripova Shahlo Karimovna
e-mail: kamoliddin1987@umail.uz
Qarshi davlat texnika universiteti
e-mail: oripovashahlo1991@umail.uz
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya: *Ushbu maqolada energetika muhandisligida sohasida qaror qabul qilish jarayonlarini sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida o‘qitish metodikasi ishlab chiqildi va amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazildi. O‘zbekiston energetika tizimidagi raqamlashtirish jarayonlari, qayta tiklanadigan energiya manbalari ulushining o‘sishi hamda texnik yo‘nalishlar talabalari uchun o‘quv modellarining samaradorligi tahlil qilindi.*

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, qaror qabul qilish, energetika, texnik ta’lim, raqamli transformatsiya, ma’lumotlarni tahlil qilish, sun’iy intellekt metodikasi.*

Bugungi kunda energetika tarmoqlari raqamli transformatsiyaning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Dunyo bo‘yicha qayta tiklanadigan energiya ulushi 2024-yilda 31,5% ga yetdi, bu esa raqamli boshqaruv tizimlariga talabni oshirdi [1]. Energetik muhandislik sohasida qaror qabul qilish ko‘p parametrli, murakkab tizimlarni tahlil qilishni talab qiladi. Shuning uchun sun’iy intellekt algoritmlarini o‘qitish talabalarda texnik tafakkur, bashoratlash va optimallashtirish kompetensiyalarini shakllantiradi [2].

Bugungi kunda energetika sohasi jadal raqamlashtirilmoqda. O‘zbekiston Respublikasining “2030-yilgacha energetika strategiyasi”ga muvofiq, energiya ishlab chiqarishda qayta tiklanadigan manbalar ulushi 40% ga yetkazilishi, aqlli boshqaruv tizimlari (Smart Grid) joriy etilishi hamda energiya samaradorligini 20% oshirish maqsad qilingan [3].

Shu bilan birga, sun’iy intellekt texnologiyalari energetika tizimlarida muhim qarorlarni qabul qilishda inson omilini kamaytiradi, jarayonlarni avtomatlashtiradi va ishonchlilikni oshiradi. Shu sababli, energetika muhandisligi yo‘nalishida ta’lim olayotgan talabalarni qaror qabul qilishda sun’iy intellekt metodlariga tayyorlash dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Dunyo tajribasida, masalan, Xitoy, AQSh va Janubiy Koreyada “AI Energy Optimization” dasturlari orqali muhandislik talabalari energetika tizimlarida algoritmik qarorlarni modellashtirishni o‘rganmoqda [4]. O‘zbekistonda esa bu yo‘nalish endigina shakllanmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligining ma’lumotlariga ko‘ra, energetika tizimining raqamli rivojlanish holati 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Energetika tizimining raqamli rivojlanish holati

Ko‘rsatkichlar	2020-yil	2022-yil	2024-yil
Elektr energiyasi ishlab chiqarish (mlrd kVt-soat)	64,5	71,8	74,2

Qayta tiklanadigan energiya ulushi (%)	9,7	12,1	16,3
Raqamlashtirilgan tarmoqlar soni (Smart Grid loyihalari)	5	16	27
Energetika sohasida sun’iy intellekt asosidagi tizimlar (%)	2	5	12

Bu raqamlar shuni ko‘rsatadiki, 2024-yil holatiga ko‘ra, O‘zbekiston energetika tizimining raqamlashtirish darajasi 12% gacha oshgan, bu esa qaror qabul qilish jarayonlarida sun’iy intellekt modellarini joriy etish uchun mustahkam asos yaratadi [5].

Sun’iy intellekt asosida qaror qabul qilishni o‘qitish to‘rt bosqichli model asosida tashkil etiladi:

1. Nazariy tayyorgarlik: Talabalar sun’iy intellekt va mashinli o‘qitish algoritmlarining (Decision Trees, Neural Networks, Random Forest) nazariy asoslarini o‘rganadi;
2. Simulyatsiya bosqichi: Energetik tizimlarda qaror qabul qilish misollarini MATLAB va TensorFlow orqali modellashtirish;
3. Tahliliy bosqich: Olingan natijalarni Power BI yordamida vizual tahlil qilish;
4. Loyiha bosqichi: Talabalar “AI for Smart Grid Management” nomli amaliy loyiha ishlab chiqadilar.

Sun’iy intellekt asosida o‘qitilgan guruhda qaror qabul qilish aniqligi va amaliy ko‘nikmalar an’anaviy usullarga nisbatan yuqori bo‘ladi. Energetika muhandisligida sun’iy intellekt asosida qaror qabul qilishni o‘qitish talabalarda raqamli kompetensiyalarni shakllantiradi, analitik fikrlashni kuchaytiradi, ma’lumotlarga asoslangan muhandislik qarorlarini qabul qilishga o‘rgatadi.

“AI Energy Optimizer” loyihasi asosida talabalar guruhi quyosh va shamol energiyasi ma’lumotlari asosida energiya taqsimoti optimallashtirish modellarini ishlab chiqish, bu yondashuv nafaqat o‘quv jarayonini jonlantiradi, balki talabalarda

muhandislik qarorlarini sun’iy intellekt yordamida qabul qilish madaniyatini shakllantiradi.

Energetika muhandisligida sun’iy intellekt yordamida qaror qabul qilishni o‘qitish metodikasi talabalar energetika tizimlarini tahlil qilishda mustaqillik va aniqlikni oshiradi, raqamli va tahliliy kompetensiyalarni shakllantiradi, Smart Grid va Renewable Energy Management tizimlariga sun’iy intellekt yechimlarini joriy etish imkonini beradi. Mazkur metodikani magistratura fanlarida “Energiya tizimlarida sun’iy intellekt modellashtirish”, “Raqamli qarorlarni tahlil qilish” kabi majburiy modul sifatida kiritish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024. – Paris: IEA. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024
2. Karimov A., & Raximov Sh. (2023). Sun’iy intellekt asoslari. – Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti.
3. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. (2024). *O‘zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha energetika strategiyasi*. – Toshkent: Energetika nashriyoti. https://minenergy.uz.
4. IEA – International Energy Agency. (2024). *Renewable Energy Market Update: Global Outlook 2024*. – Paris: IEA Publications.
5. Davlat statistika qo‘mitasi. (2024). *Energetika va qayta tiklanadigan manbalar bo‘yicha rasmiy hisobot*. – Toshkent: Stat.uz. https://stat.uz/uz/rasmiy-statistika/energy

QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKADA MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH METODIKASI

Jo‘rayev Nurmaxamad Mamatovich

n-juraev@gmail.com

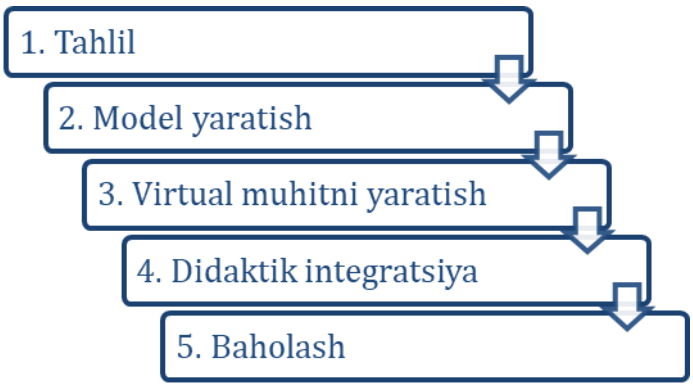
Farg‘ona davlat texnika universiteti Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. *Mazkur maqolada qayta tiklanuvchi energetika yo‘nalishida mutaxassislar tayyorlash jarayoniga zamonaviy virtual reallik (VR) texnologiyalarini joriy etish metodikasi yoritilgan. VR texnologiyalari yordamida talabalarning amaliy ko‘nikmalarini shakllantirish, murakkab jarayonlarni xavfsiz muhitda modellashtirish hamda o‘qitish samaradorligini oshirish yo‘llari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari VR muhitlaridan foydalanish energetika ta’limining innovatsion rivojlanishiga xizmat qilishini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *qayta tiklanuvchi energetika, VR texnologiya, virtual laboratoriya, amaliy ko‘nikma, energetika ta’limi, interaktiv o‘qitish.*

Bugungi kunda dunyo miqyosida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik toza manbalarga o‘tish masalasi dolzarbdir. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari — quyosh, shamol, biomassa, geotermal energiya va boshqalar — barqaror rivojlanishning muhim omillaridan biridir. Shu sababli ushbu sohada yuqori malakali, innovatsion fikrlaydigan mutaxassislarni tayyorlash har qachongidan ham muhimdir. Ta’lim jarayoniga VR texnologiyalarini joriy etish esa energetika sohasidagi nazariy bilimlarni amaliyot bilan bog‘lash, xavfli jarayonlarni xavfsiz sharoitda o‘rganish va o‘quvchilarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish imkonini beradi.

Energetika sohasida mutaxassislar nafaqat nazariy bilimga, balki amaliy tajribaga ham ega bo‘lishlari lozim. Shu maqsadda zamonaviy o‘quv laboratoriyalari, simulyatsion dasturlar va VR texnologiyalaridan foydalanish ta’lim sifatini tubdan o‘zgartirmoqda. VR texnologiyalari yordamida talabalar quyosh panellarining tuzilishini virtual tarzda o‘rganishadi, shamol turbinalarining ishlash mexanizmini 3D modelda kuzatishadi, va energetik tizimlarning uzilishsiz ishlash jarayonlarini interaktiv tarzda tahlil qilishadi.



1-rasm. Qayta tiklanuvchi energetika yo‘nalishidagi o‘quv kurslariga VRni tatbiq etish bosqichlari.

Qayta tiklanuvchi energetika yo‘nalishidagi o‘quv kurslariga VRni tatbiq etish quyidagi metodik bosqichlarda amalga oshiriladi: 1. Tahlil bosqichi – o‘quv dasturlaridagi mavzular VR texnologiyalar yordamida ifodalanadigan qismlarga ajratiladi. 2. Model yaratish – har bir mavzuga mos 3D modellar ishlab chiqiladi. 3. Virtual muhitni yaratish – “Unity”, “Unreal Engine” yoki “Blender” platformalarida interaktiv muhitlar tashkil qilinadi. 4. Didaktik integratsiya – VR ssenariylari o‘qituvchi tomonidan nazoratli va mustaqil o‘quv faoliyati sifatida kiritiladi. 5. Baholash bosqichi – VR mashg‘ulotlar orqali o‘quvchilarning nazariy bilimlari va amaliy ko‘nikmalari baholanadi.

2-rasm. Loyixalash jarayonini VR yordamida o‘qitish.

VR texnologiyalarini qo‘llash natijasida talabalarning mavzuni o‘zlashtirish darajasi 30–40% ga oshadi. Murakkab energetik tizimlar vizual va dinamik shaklda

o‘rganiladi. O‘qituvchining nazorat va tahlil jarayoni avtomatlashtiriladi. Virtual laboratoriyalar orqali xavfsiz muhitda tajribalar o‘tkazish imkoniyati yaratiladi.

Qayta tiklanuvchi energetika sohasida VR texnologiyalarini qo‘llash — bu ta’lim jarayonini interaktiv, xavfsiz va samarali qilishning muhim yo‘nalishidir. Ushbu metodika orqali talabalarda nafaqat nazariy bilimlar, balki amaliy muhandislik ko‘nikmalari ham shakllanadi. Kelajakda VR asosida yaratilgan o‘quv modullarini sun’iy intellekt, AR (augmented reality) va IoT texnologiyalari bilan integratsiya qilish ta’limni yanada yangi bosqichga olib chiqadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Бекназарова С. С., Ганиева Ш. Н. ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ // ReFocus. 2022. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii-1 (дата обращения: 03.10.2025).

2. Бекназарова, С., & Ганиева, Ш. (2022). Class vr как современный важный фактор качественного образования. Значение цифровых технологий в изучении истории Узбекистана, 1(01), 331–335. https://doi.org/10.47689/.v1i01.13577

3. Нурмахамадовна, Г.С. Перспективы модернизации образовательных процессов с использованием интерактивных методов смешанного обучения. JournalNX , 9 (11), 57-62.

4. Nurmakhamadovna, G. S. (2024). Prospects For Modernizing Educational Processes Using Interactive Methods Of Blended Learning. European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences, 12(1).

5. Жураев, Н. М., & Абдуллажонова, Н. Н. (2016). The importance of telecommunication technologies in the preparation of future teachers of computer science at the university. In Технические науки в России и за рубежом (pp. 71-72).

TEXNIKA FANLARINI O‘QITISHDA IJODIY QOBILYATNING AHAMIYATI

Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi
abdullayevamuxtasarxon91@gmail.com,
FDTU, Energetika muhandisligi kafedrasi

Respublikamizda ta’lim tizimini jahon andozalari va ta’lim standartlaridan kelib chiqib tizimlashtirish masalalari yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, ta’limning zamonaviy usullari amaliyotga joriy etilmoqda. Texnika oliy ta’lim muassasalarida muhandislik fanlarini o‘qitishning metodik-uslubiy ta’minoti, pedagoglarning mehnat faoliyatida pedagogik mahorat va ta’limda o‘qitishni talabalarga yo‘naltirilgan shakllari bo‘yicha muhim vazifalar amalga oshirilib, natijada bo‘lajak muhandislarda texnika bilan muloqot qila olish ko‘nikmasini shakllantirish, texnika fanlarini o‘qitishda aynan texnik bilimlarni tushuntirishda samarali pedagogik usullarni talab qilmoqda. Boisi, ertangi kun uchun innovatsion yutuqlarni o‘zlashtirishga qodir, texnik ixtirolarni muallifi bo‘la oladigan axloqli yoshlarni tarbiyalash ertangi kunning dolzarb masalasidir. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, texnika oliy o‘quv yurtlarida o‘qitishning pedagogik yondoshuvlaridan maqsadli foydalanish, qo‘llashga mos yangi interfaol metodlar ishlab chiqish va joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Oliy ta’lim muassasalarida, aniq rejaga muvofiq ravishda ertangi kun uchun, kerakli kadrlarni yetishtirib chiqarish bo‘yicha yo‘nalishlar mavjud. Har bir yo‘nalish o‘ziga tegishli ravishda mutaxassislik bilimlarini talabalarga singdirish vazifasini qamrab oladi. Mutaxassislik fanlari bir qator turli xil yo‘nalishlarda bo‘lib, har biri o‘qitishda o‘ziga hos pedagogik texnologiya va mahoratni talab qiladi. Ayniqsa, texnika fanlari formula, sxema kabi murakkablikdan tashkil topganligi tufayli, ularni talabalarga tushuntirishda pedagogik texnologiya va interfaol metodlarning o‘rni sezilarlidir. Qaysi yo‘nalish bo‘lishidan qatiiy nazar, har bir fanga, pedagogik jihatdan to‘g‘ri yondoshuv talab etiladi. Ta’limda samarali natijaga ham pedagogik talabchanlik bilan erishiladi. Bularning oddiygina dalili sifatida qanchalik bilim-ko‘nikmaga ega bo‘lmasin, xattoki yaratuvchi olim ko‘rgan bilganlarini, amalga oshirganlarini

boshqalarga o‘rgata bilmasa-bu bilim o‘smaydi. O‘qitish va o‘rgatish esa, pedagogik jarayon sanaladi. Faqat qanday o‘qitish va o‘rgatishda pedagogik texnika va texnologiyalaridan foydalanishni ahamiyati o‘rinlidir.

Har qanday yo‘nalishda ta’lim bo‘lmasin, pedagogik ahamiyati muhimligi doimiy boshlang‘ich o‘rinni egallaydi. Chunki, pedagogika - innovotsionlikka egadir [1; 10-b].

Ta’lim jarayonlarida har bir yo‘nalish o‘qituvchisi, ijtimoiy tamoyil asosida ish yuritishi, lozimdir. Boisi yaxshi pedagog dars jarayonlarida boshqaruvchanlik qobilyatiga ega bo‘lishi, baholashda odillik va adolatlilikni yo‘lga qo‘ygandagina talaba va o‘qituvchi o‘rtasida samarali muloqot paydo bo‘ladi. Pedagogik faoliyat o`qituvchidan kompleks yondashuvni talab qiladi. U o‘z sohasi bo‘yicha nafaqat chuqur bilimga ega bo‘lishi, balki o‘qituvchilik mahorati ham rivojlangan bo‘lishi, har bir o‘quvchiga yondashuv topa bilishi, ularga o‘rnak bo‘la olishi kerak.

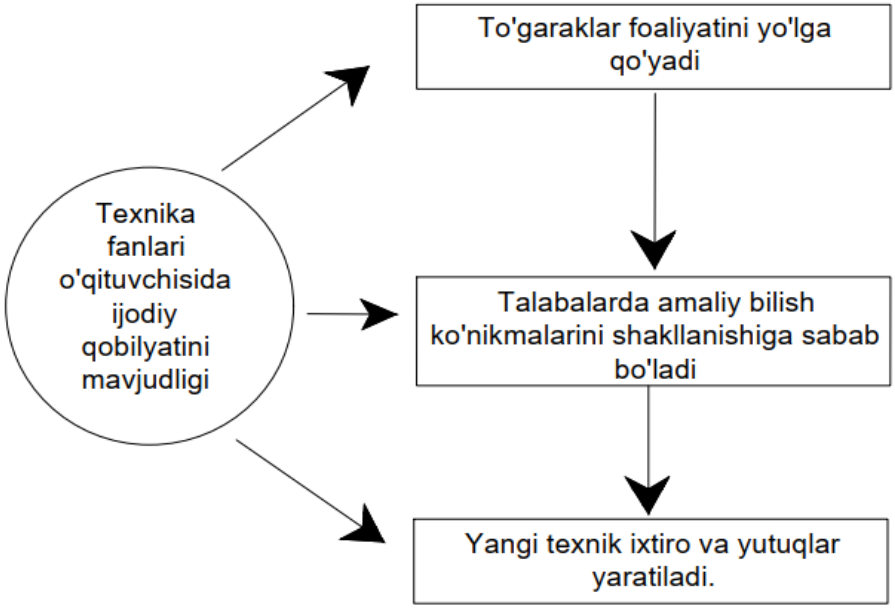
Zamonaviy sharoitda texnika oliy o‘quv yurtlari o‘qituvchilari o‘rtasida ilmiy-tadqiqot qobiliyatlarini rivojlantirish masalasi alohida dolzarbdir. O‘qituvchilar talabaga mavzu yuzasidangina bilim berib qolmay, ularni mustaqil fikrlashga, erkin ijod qilishga o‘rgatishlari kerak.

Zamonaviy muhandislarni faoliyatini faqat texnik jihatlarni o‘zi bilan yaratib bo‘lmaydi. Texnika sohalariga oid bilimlarni pedagogik texnologiya va usullar bilan tadbiq etish joizdir. Ta’lim jarayonlarida fanning mazmuni, usul va mavzulari, o‘qitish texnologiyalarini texnika fanlariga moslashtirish uchun pedagogikaning innovatsion jihatlariga yondoshish kerak bo‘ladi[2;215-b].

Texnika fanlarini o‘qitishda pedagogik qobilyatlarni ahamiyati yuqoridir. Chunki, pedagogik qobilyatlar ta’lim beruvchilar samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [3; 848-b]. (1.4-rasm)

Pedagogik qobilyatdan oqilona foydalanish, ta’lim sifatini oshirishda birinchi asoslardan bo‘lishi to‘g‘risida yozilgan maqolada, pedagogik qobilyat turlari alohidadan ochib berilgan[4]. Shaxsda qobilyatlarning doimiy takomillashib borishi, yangi g‘oya, ixtiro, texnik yangiliklarning yaralishiga zamin bo‘la oladi. Boisi, qobilyat so‘zi aslida jarayondek ta’sirga ega bo‘lib, ish, faoliyat, soha yuzasidan yaxshi

bilishlik bilan birga ko‘nikmaga ega, amalda qo‘llay olish imkoniyati mavjudligi kabi xususiyatlar bilan bog’liqdir. Bu masalada, texnika oliy o‘quv yurtlarida ijodkorlik bilan, loyixa va innovatsion yutuqlarga mutaxassilikdan chuqur qobilyatli kadrlar erishadi.



1-rasm. Texnika fanlari o‘qituvchisida ijodiy qobilyatning natijasi

Texnika fanlari bo‘yicha bilim olayotgan talaba o‘rganganlari yuzasidan amaliy ko‘nikmaga ega bo‘lishliligi va ularni mehnat faoliyatida namoyon eta olishliligi talab etiladi. Buning uchun yuqorida qayd etilgan talabalarni mutaxassislik fanlaridan to‘garaklarga jalb qilish uchun, albatta fan o‘qituvchisi ijodiy qobilyatga ega bo’lishi lozimdir. Berilgan bilimlarni nazariy qismi amaliyotga daxldor ravishda bog‘liqligini ochib bera olish har bir pedagogning vazifasidir. Bugun talaba-bo‘lajak muhandis ekanligini inobatga oladigan bo‘lsak, demak sifatli kadr ish faoliyatida o‘zini ko‘rsata olishi joiz. Talaba-yoshlarni yangi innovatsiyalar, g‘oyalar yaratishliklari uchun bir qator imkoniyatlar yaratilayotgan sharoitda ta’lim beruvchilarda ijodiy qobilyat yaxshi shakllanganligi talaba-yoshlarni yuksak marralarga chiqishliklarini kafolatlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Yo‘ldoshev O‘tkir. Pedagogika sxema va jadvallarda . O‘quv qo‘llanma // Toshkent -2015. 10 bet

2. Jumayeva Mukarrama Bekzodovna. Oliy ta’limda innovatsion usul va vositalar. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, (2022), 2 (Special Issue 20), 214-226. doi: 10.24412/2181-1784-2022-20-214-226
3. Shodiyeva Nigora Soliyevna. Ta’lim sifatini oshirishda pedagogik qobiliyatning o‘rni, uning turlari va mohiyati // "Science and Education" Scientific Journal / ISSN 2181-0842. February 2022 / Volume 3 Issue 2. 846-853 b
4. Shodmonov Khusniddin. Features of the development of mathematical competence of students of higher educational institutions // European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences Vol. 8 No. 4, 2020 ISSN 2056-5852

YARIMO‘TKAZGICHLI VA MIKROELEKTRON QURILMALAR ASOSIDA O’QITILADIGAN FANLARNING SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA YANGI INTERFAOL METODLAR

Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi
abdullayevamuxtasarxon91@gmail.com,
FDTU, Energetika muhandisligi kafedrasi

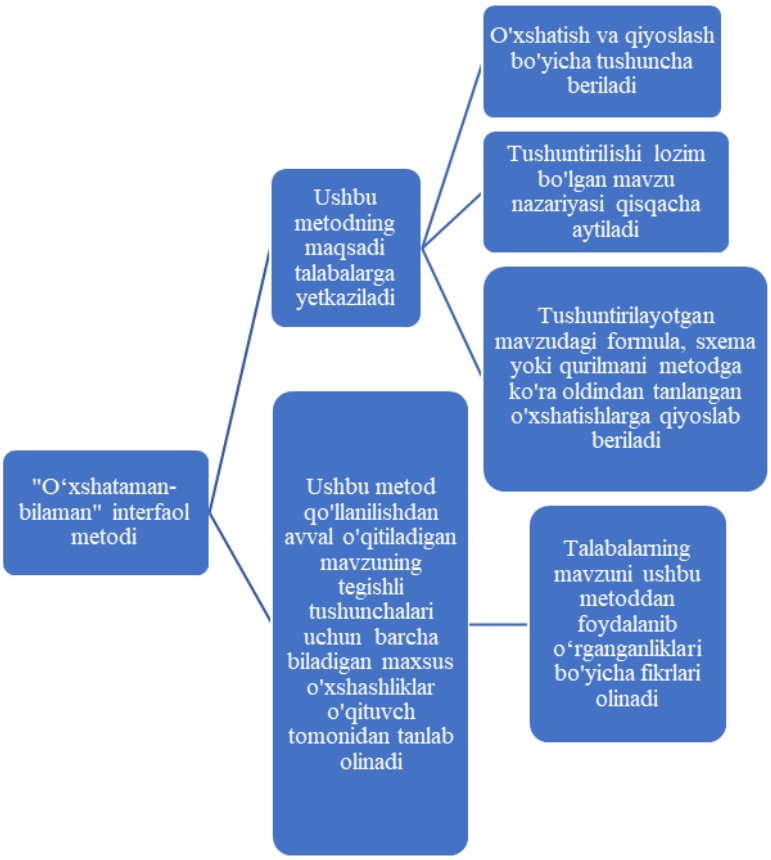
Texnika oliy o‘quv yurtlarida kasbiy fanlarni o‘qitishda pedagogik tamoyillarni muvaffaqiyatli qo‘llash texnologik innovatsiyalarni yaratish va iqtisodiy taraqqiyotni rag‘batlantirishda asosiy o‘rin tutadi. Texnik fanlarni o‘rganish jarayonida talabalar formulalar va diagrammalarni tushunishda qiyinchiliklarga duch kelishlari mumkin. Ayniqsa, bilim saviyasi o‘rta hol yoki, yo‘nalishga qiziqmaydigan talabalar fan mavzusiga doir formulalarni, o‘qitishning eski, an’anaviy usulida hattoki tushunmasligi ham mumkin. Talabani onggi dars jarayonlarida tushunmovchilik yoki anglab olishda murakkablikka uchrashi bilanoq ma’lumot qabul qilishni to‘xtatadi. Agar, shunday jarayonda talaba qotib qolsa, mavzuni mutlaqo tushunmaslik holatigacha yetadi. Shuning uchun ham dars jarayonlarini boshqarishda pedagog mavzuni tushuntirish usullarini tanlashda, barcha talabalarni ma’lumot qabul qilish xususiyatlarini hisobga olishi kerak. Hech bo‘lmaganda, ta’lim oluvchilar orasida tegishli bilimni qabul qilishda qoldiq bilimi kam, sohaga qiziqmaydigan talabalar borligini inobatga olishi darkor. Texnika fanlarini o‘qitish samaradorligiga erishish

uchun, mutaxassislik fanlarida murakkab texnik bilimlarni barcha talabalarga o‘qitilishiga mos yangi, zamonaviy interfaol metodlar ishlab chiqish joizdir.

Oliy ta’lim muassasalarida texnika fanlarini o‘qitish uchun **“O‘xshataman-bilaman”** nomli qiyosiy interfaol metodini taklifini kiritaman. Bu metod qo‘llanilish davomida, o‘qituvchi va talabalarning ikki tomonlama faolligini talab qilganligi uchun ham, interfaol sanaladi. “O‘xshataman-bilaman” interfaol metodiga bunday nom berilishiga sabab, talaba tushuntirilishi lozim bo‘lgan mavzuni, yoki mavzuga tegishli qismni u bilgan, kundalik hayotda doimiy uchratadigan biror narsaga qiyoslab, o‘xshatish bilan tushuntirib berilishidir. Shuning uchun ham ushbu metod qiyosiy metod deyildi [21].

“O‘xshataman-bilaman” interfaol metodining maqsadi shundan iboratki, talabalarga tegishli mavzu bo‘yicha tushuncha, formula, qurilmalarning ishlash prinsiplarini sodda usulda o‘xshatish va qiyoslash orqali yetkazib berishdir.(1-rasm)

Taklif etilayotgan “O‘xshataman-bilaman” metodining texnika fanlarida qo‘llanilishi bo‘yicha misol keltiradigan bo‘lsak, unga ko‘ra texnika oliy o‘quv yurtlarida energetika yo‘nalishlari bo‘yicha o‘qitiladigan asosiy mutaxassislik fanlari texnika fanlari sanalib, ularni o‘qitish jarayonlarida interfaol metodni qo‘llanilishiga e’tibor qaratamiz. Elektr energetikasi yo‘nalishiga tegishli mutaxassislik fanlarida, energetika tizimlarida eng ko‘p uchraydigan avariya rejimlari bu – qisqa tutashuv toklaridir.

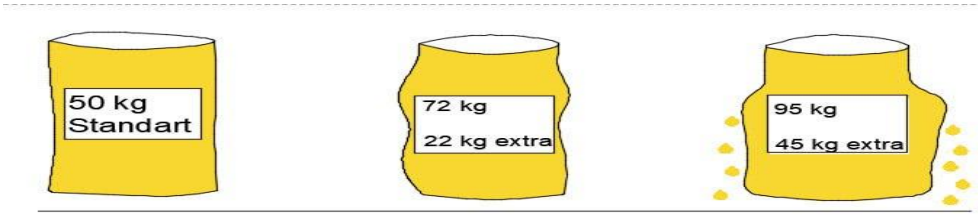


1-rasm. “O‘xshataman-bilaman” interfaol metodining qo‘llanilish tartibi.

Bu mavzu hattoki Rele himoyasi va avtomatikasi fanida ham alohida o‘rganiladi. Agar shu mavzu o‘rganilishini nazarda tutadigan bo‘lsak, masalan, elektr zanjirida tok miqdorining ortib ketishi va natijasi bo‘yicha tegishli nazariya tushuntiriladi. Unga ko‘ra, elektr zanjirlarida tegishli standartlarga binoan, aniq kuchlanishlar mavjud bo‘lib, Om qonuni asosida tok mavjud. Elektr zanjirida tok nominal yoki, ruxsat etilgan qiymatdan o‘zgarishi, elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichining buzilishiga olib keladi. Bunday holatlar elektr zanjirlarida nominal rejimlarni buzilib nonormal holatlar, avariyalar sodir bo‘lishiga olib keladi. Elektr zanjirlarida qisqa tutashuv sodir bo‘lgan vaqtda tok qiymati bir necha barobarga oshib ketadi. Mavzuning yuqorida keltirilgan qismini talabalarga soddaroq qilib tushuntirish uchun, “O‘xshataman-bilaman” metodiga ko‘ra barcha talaba tasavvur qila oladigan o‘xshashliklarni tanlab olamiz. Bu o‘xshashliklarni, oldindan tayyorlangan rasm yoki videolar orqali, axborot texnologiyalari vositalari orqali yoki, dars honasi doskasidan foydalanib ko‘rsatish mumkin. Tok qiymatining normal va o‘zgarishdagi natijalarini 50 killogrammlik qopga o‘xshatamiz. Talabalar qopni bemalol tasavvur qila olishadi. Qopga o‘zi uchun

belgilangan miqdorda mahsulot, ya’ni 50 killogram solinganda mahsulotning joylashuvi yaxshi, qopning ko‘rinishi sifatli va uzoq muddat xizmat qilishi mumkinligini ko‘ramiz. Agar 50 killogramlik qopga 72 kilogramm mahsulot solinsachi, qopni taranglashganini, qop materiali yupqalashishi mumkinligini kuzatsa bo‘ladi. Agar mahsulot 90 killogram solinadigan bo‘lsa, qop teshilishi, avvaliga mahsulot isrof bo‘lishini va qop yaroqsiz holatga kelishini ko‘rishimiz mumkin. Agar qop yoki, boshqa turdagi maxsus mahsulot soladigan idishimiz ichidagi mahsulot yonishga yoki to‘kilganda xavfli vaziyat keltirib chiqarishga sabab bo‘ladigan bo‘lsa nonormal holatlar yanada jiddiylashishi mumkin. Mavzuga ko‘ra elektr zanjirida, tok miqdorining belgilangan qiymatdan ortib ketishi,qisqa tutashuv toklarining hosil bo‘lishi avariya holatlarini yuzaga kelishiga, elektr zanjiri shikastlanishi, elektr jihozlari bo‘ladigan bo‘lsa, ularni ishdan chiqishi va elektr energiyasi isrof bo‘lishi mumkinligini tushuntirishga, yuqoridagi o‘xshatish mos keladi.

Shunday o‘xshatishlar bilan tushuntirishni boshlashdanoq talabalarni e’tiborini jalb qiladi, qiziqishlarini uyg‘otadi va esda qolish imkonini yaratadi.

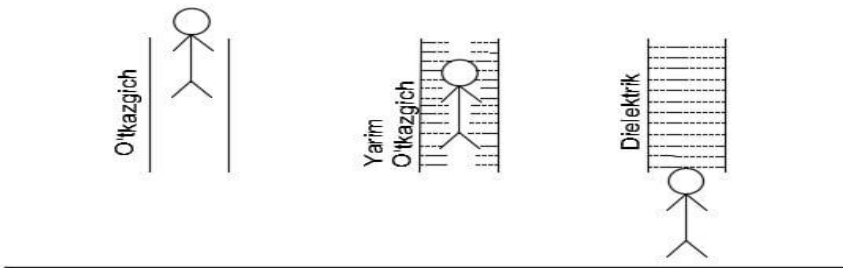


2-rasm. 50 kilogramli qopda turli xil miqdordagi mahsulotlarning joylashuvu.

Bizga ma’lumki, elektr tarmoqlarida doimo normal holatlar sodir bo‘lmasligi kafolatlanmaydi. Shuning uchun ham elektr tarmoqlari va elektr jihozlarida avariya holatlarini oldini olish, iste’molchilarni doimiy sifatli va uzluksiz elektr toki bilan ta’minlashda Rele himoyasi qurilmalarining o‘rni sezilarli bo‘lganligi uchun, bu jihozlar energetika yo‘nalishlarida alohida fan sifatida o‘qitiladi. Raqamli qurilmalar, fan va texnikaning barcha jabhalarini egallayotganidek, Rele himoyasi va avtomatikasining raqamli jihozlari ham ishlab chiqarilib, amaliyotga joriy qilinmoqda. Shularni inobatga olib, ushbu fan o‘qitilayotganda, aynan Rele himoyasining mikroprotsessorli qurilmalarini o‘qitishni yanada takomillashtirishimiz lozim.

Yuqorida taklif etayotgan interfaol metodimizni aynan shu fanni o‘qitish mavzulariga qaratib ko‘ramiz.

Rele himoyasining mikroprosessorli jihozlari yaralishiga avvalo yarimo‘tkazgich materiallar sabab bo‘lgan. Shunday ekan avval yarimo‘tkazgich material nima ekanligini talabalarga tushuntirish yoki eslatib o‘tishdan boshlaymiz. Elektrik hususiyatlariga ko‘ra, elektro texnik materiallar 3ga bo‘linadi. Bu bo‘yicha nazariy tushunchani berib, bu tushunchalarni “O‘xshataman-bilaman” metodiga ko‘ra qiyoslashga o‘tamiz. Elektr o‘tkazuvchanligi bo‘yicha materiallar o‘tkazgich, dielektrik va yarim o‘tkazgichlarga bo‘linib, elektrofizik xususiyatlariga ko‘ra bir-biridan farqlanishini 3 xil turbo yo‘lakdan har bir talabani tasavvuriy o‘tishini so‘raymiz. Demak, o‘xshatish uchun har hil to‘siqli yo‘lak tanlandi. O‘tkazgichli yo‘lakda qarshilik juda ozligi uchun talaba undan bemalol o‘tadi. Qarshiligi o‘tkazgichnikidan sal kattaroq, lekin dielektriknikidan kichik bo‘lgan yarim o‘tkazgichli yo‘lakdan talaba urilib-urilib o‘tadi. Qarshiligi katta bo‘lgan dielektrik yo‘lakda o‘tadigan joy ham kam, o‘ta olmaslik ham mumkin bo‘ladi. Talaba qarshilik sifatida yo‘lakda to‘siqlarni tasavvur qiladi, yoki o‘quv binosidagi karidorni o‘ylab qarshilik sifatida stullar terilgan bo‘lsa undan o‘tish jarayonini o‘zida fikrlab ko‘radi.



3-rasm. Yarim o‘tkazgich materialni tushuntirish uchun tasvir

Tasavvurda talaba elektr toki vazifasini bajargan bo‘ladi. Har bir elektr texnik materialdagi fizik jarayonlarni fikran tushunib, tasavvur bilan anglashga harakat qilish mavzu bo‘yicha talabalarni eslab qolish imkoniyatini yanada oshishiga xizmat qiladi. Yarim o‘tkazgich materiallarni barcha fizik parametrlarini tassavvur etish bilan tushuntirish uchun ushbu taklif etilayotgan metod bilan amaliy bilishga sharoit yaratiladi.

Talaba o‘zi qiziqib mavzuda ishtirok etsa, uni tezda anglashga erishadi. Dars jarayonida aqlga kelgan savollari bilan faol ishtirok etishga urinadi. Bunday qiyosiy metoddan foydalanish barcha talabani mavzuni hohish bilan anglashga undaydi. Xatto talabada, dielektrik material elektr tokini o‘tkazmaydi degan xulosa paydo bo‘ladi. “O‘xshataman-bilaman” interfaol metodi orqali mikroprotsessorli relelarning ishlash prinsiplari tushuntirish, talaba uchun, ma’lumot qabul qilishda murakkablikni yechadi.

Texnika fanlarida mavzularni o‘qitish uchun mavjud pedagogik texnologiyalarni to‘g‘ri tanlash yoki, aynan texnika fanlarini o‘qitishga mos interfaol metodlardan foydalanish katta samara beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Аникин И.Ю.,(va boshq). Внедрение инновационных технологий в преподавании технических дисциплин // Педагогические наука №4, 2017- 21-25 c.

2. Aripdjanova A.R. Развития креативного потенциала педагоговвысших образовательных учреждений в условиях информатизации образования// diss. 2017. 50-66 b.

3. Арсеньева Е.С. Опыт применения интерактивных форм обучения в процессе преподавания технических дисциплин // Концепт. – 2016. – №. 2.

4. Atajonova S.B. Texnika oliygoxlarida mutaxassislik fanlarni o‘qitishni fizik xodisalar asosida modernizatsiya qilish: diss. Andijon-2023 48-66 bet

QAYTA TIKLANUVCHI ENERGETIKADA MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA ZAMONAVIY PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALARNI O‘RNI

Tojiboyev Bobur Tolibjonovich

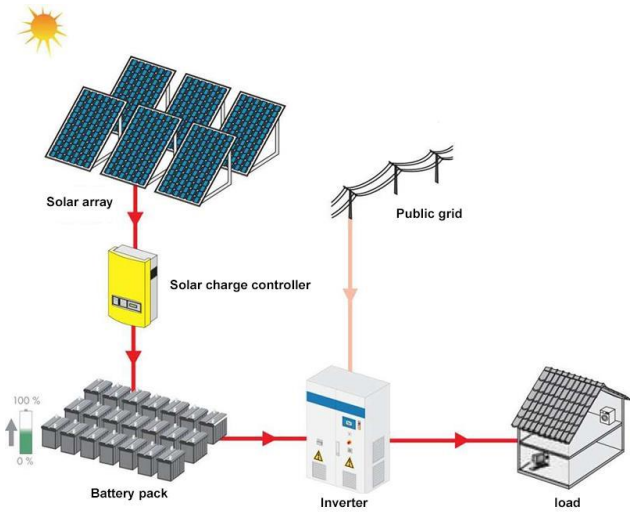
Farg‘ona davlat texnika universiteti, bobirjon1988@mail.ru

Annotatsiya: *Ushbu maqolada qayta tiklanuvchi energiya manbalari sohasida mutaxassislar tayyorlashning zamonaviy yondashuvlari, innovatsion o‘qitish texnologiyalari va ta’lim jarayonida raqamli vositalardan foydalanishning*

samaradorligi yoritilgan. Shuningdek, energetika sohasida xalqaro tajribalarni o‘rganish va ularni milliy ta’lim tizimiga tatbiq etish bo‘yicha takliflar berilgan.

Kalit so‘zlar: *qayta tiklanuvchi energetika, raqamli ta’lim, innovatsion texnologiyalar, mutaxassis tayyorlash, o‘quv laboratoriyasi, virtual simulyatsiya.*

Kirish. So‘nggi yillarda butun dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Quyosh, shamol, bioyoqilg‘i va geotermal energiya kabi manbalar atrof-muhitni asrash va barqaror iqtisodiy rivojlanishni ta’minlashda muhim rol o‘ynamoqda. Shu sababli, qayta tiklanuvchi energetika yo‘nalishida yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlash ta’lim tizimining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bularga:



1-rasm. Quyosh panellarining ishlash tamoyilini o‘rgatishda virtual laboratoriyadan foydalanish.

1. Zamonaviy texnologiyalarni ta’lim jarayoniga joriy etish ya’ni energetika sohasidagi bilimlar texnik va amaliy tajribani talab qiladi. Bugungi kunda o‘quv jarayonida raqamli laboratoriyalar, virtual simulyatsiya dasturlari, sun’iy intellekt asosidagi o‘qitish tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Masalan, MATLAB/Simulink, PVsyst, Homer Energy, RETScreen dasturlari orqali talabalar quyosh va shamol tizimlarini modellashtirishni o‘rganishadi.

2. Amaliy ko‘nikmalarni shakllantirishda laboratoriyalar roli. Ta’lim muassasalarida energetik laboratoriyalarni modernizatsiya qilish muhim ahamiyatga ega. Laboratoriyalarda quyosh panellari, shamol generatorlari, energiya saqlovchi akkumulyatorlar va invertorlar bilan ishlash tajribasi beriladi. Bu jarayonda o‘qish orqali bilish tamoyili o‘rniga amaliyot orqali bilish yondashuvi ustunlik qiladi. Bundan tashqari zamonaviy energetika korxonalari mutaxassislari bilan muntazam talabalar o‘rtasidagi uchrashuvlar xam o‘ samarasini beradi.

3. Uslubiy yondashuvlar. O‘qitish jarayonida kompetensiyaga asoslangan yondashuv, projektli ta’lim, dual ta’lim tizimi, hamda STEAM-metodika (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) keng qo‘llanilmoqda. Bu yondashuvlar orqali talabalar nazariy bilimlarni amaliy loyihalar bilan bog‘lab, real muammolarni hal etish ko‘nikmalariga ega bo‘lishadi.

4. Xalqaro tajriba va hamkorlik. Dunyo miqyosida Germaniya, Janubiy Koreya, Yaponiya va Turkiya kabi davlatlarda qayta tiklanuvchi energetika sohasida o‘quv dasturlar juda rivojlangan. O‘zbekiston oliy ta’lim muassasalari ham xalqaro grant loyihalar, Erasmus+ dasturlari orqali ilg‘or tajribalarni joriy etmoqda.

Xulosa

Qayta tiklanuvchi energetika sohasida mutaxassislarni tayyorlashda zamonaviy texnologiyalar va innovatsion yondashuvlarni qo‘llash o‘quv jarayonining samaradorligini oshiradi. Virtual laboratoriyalar, raqamli platformalar va xalqaro hamkorliklar asosida tayyorlangan kadrlar kelajakda energiya mustaqilligini ta’minlashda muhim o‘rin egallaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov I. “Innovatsion texnologiyalarni energetika sohasiga tatbiq etish masalalari”, Toshkent, 2023.

2. Mirzaev A., “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asoslari”, O‘zbekiston Milliy universiteti, 2022.
3. International Renewable Energy Agency (IRENA) Reports, 2024.
4. “Renewable Energy Education and Training Guide”, UNESCO, 2023.

ENERGETIKA MUTAXASISLARINI O‘QITISHDA CHET TILINING AHAMIYATI

Teshebayeva Lolaxon Ravshanovna
O‘zbek tili va tillarni o‘rgatish kafedrasi o‘qituvchisi, f.f.f.d(Phd)

Annotatsiya:*Ushbu maqolada energetika yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalarga chet tilini, ayniqsa ingliz tilini o‘rgatishning dolzarbligi, mavjud muammolar, o‘qitish uslublari va ilg‘or tajribalar o‘rganiladi.*

Annotation:*This article examines the relevance of teaching foreign languages, especially English, to students studying in the field of energy. It explores existing challenges, teaching methods, and advanced practices.*

Аннотация: *В данной статье изучается актуальность преподавания иностранного языка, особенно английского, студентам, обучающимся по направлению энергетики. Рассматриваются существующие проблемы, методы обучения и передовой опыт.*

Kalit so‘zlar: *energetika, texnik mutaxassisliklar, kasbiy til, texnik ingliz tili, fanlararo yondashuv, o‘qitish metodikasi, tarjima, zamonaviy ta’lim*

Keywords: *energy, technical specialties, professional language, technical English, interdisciplinary approach, teaching methodology, translation, modern education*

Ключевые слова: *энергетика, технические специальности, профессиональный язык, технический английский язык, междисциплинарный подход, методика преподавания, перевод, современное образование.*

Zamonaviy energetika sohasi jadal rivojlanmoqda. Yadro energetikasi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, muqobil energiya texnologiyalari, “yashil” energiya va energiya samaradorligi bo‘yicha eng muhim ilmiy yutuqlar xorijiy tillarda

yoritilmoqda. Bu esa energetika sohasidagi talabalarning xorijiy tillarni, xususan, ingliz tilini puxta egallashini taqozo etadi.Ko‘pgina texnik universitetlarda “Kasbiy yo‘naltirilgan chet tili” fanining joriy etilishi ushbu ehtiyojdan kelib chiqqan. Ammo mazkur yo‘nalishda ta’lim sifatini oshirish uchun tizimli yondashuv talab etiladiю

Energetika sohasi bugungi kunda eng tez rivojlanayotgan va xalqaro miqyosda eng ko‘p hamkorlikni talab qiladigan sohalardan biridir. Neft, gaz, elektr energiyasi, yadro energetikasi hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalari bo‘yicha olib borilayotgan yirik xalqaro loyihalar, ilmiy-tadqiqot ishlari, investitsion dasturlar, konferensiyalar va texnik shartnomalar asosan ingliz tilida olib boriladi. Bu holat nafaqat ingliz tilini bilishni, balki sohaga oid professional terminologiyani chuqur egallashni ham taqazzo qiladi.

Energetika sohasi xususiyati shundan iboratki, u global tarmoqlarga bog‘liq bo‘lib, xalqaro tashkilotlar (IEA, OPEC, IRENA, UNIDO), transmilliy korporatsiyalar (BP, Shell, Total, General Electric) va davlatlararo bitimlar orqali faoliyat yuritadi. Shu sababli, energetika sohasi mutaxassislari quyidagi yo‘nalishlarda ingliz tilidagi terminologiyani mukammal bilishga muhtoj:Xalqaro texnik hujjatlar bilan ishlash (standartlar, reglamentlar, spetsifikatsiyalar); Global konferensiyalarda ishtirok etish va ilmiy ma’ruza qilish; Zamonaviy texnologiyalarni o‘zlashtirish va ularning ishlash printsipini tushunish; Xalqaro patentlar va innovatsion ishlanmalardan xabardor bo‘lish.

Energetika sohasi texnik, iqtisodiy va ekologik tushunchalarni o‘zida mujassam etgan kompleks tizim hisoblanadi. Ushbu tizimda qo‘llaniladigan atamalar (terminlar) ham texnik jihatdan murakkab va ko‘p qatlamli ma’noga ega bo‘lib, ular ingliz tilida xalqaro me’yorga aylangan. Quyida energetikadagi eng muhim va tez-tez uchraydigan inglizcha terminlarning qisqacha sharhi beriladi:

- Renewable Energy – qayta tiklanuvchi energiya: quyosh, shamol, geotermal va biomassadan olinadigan energiya.
- Fossil Fuels – qazilma yoqilg‘ilar: neft, ko‘mir va tabiiy gaz kabi yer ostidan olinadigan energiya manbalari.

- Smart Grid – “aqlli elektr tarmog‘i”: raqamli texnologiyalar yordamida elektr ta’minotini avtomatik boshqarish va nazorat qilish tizimi.
- Energy Efficiency – energiya samaradorligi: kamroq resurs bilan ko‘proq energiya ishlab chiqarish yoki foydalanish.
- Carbon Footprint – karbon izlari: inson yoki korxona faoliyati natijasida atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid miqdori.
- Power Generation – energiya ishlab chiqarish: elektr stansiyalarida energiya manbalarini elektr energiyasiga aylantirish jarayoni.
- Grid Integration – tarmoqqa ulash: qayta tiklanuvchi energiya manbalarini elektr tarmog‘iga muvaffaqiyatli ulash va boshqarish.

Ushbu terminlar energetika sohasida ishlovchi mutaxassislar uchun kundalik faoliyatning ajralmas qismidir. Ularni to‘g‘ri tushunish va qo‘llay bilish professional muloqot, texnik hujjatlar bilan ishlash va xalqaro hamkorlikda muhim ahamiyatga ega.

Energetika sohasiga oid inglizcha terminlarni o‘qitishda an’anaviy grammatika-o‘qish asosidagi yondashuv yetarli samara bermaydi. Chunki bu terminlar aniq texnik kontekstda ishlatiladi va ularni o‘rgatishda zamonaviy yondashuvlar talab etiladi. Bugungi kunda quyidagi metodlar samarali deb topilmoqda:

Bulardan biri ESP – muayyan soha uchun moslashtirilgan ingliz tili kurslaridir. Energetika yo‘nalishidagi ESP darslarida o‘quvchilar maxsus atamalar, texnik matnlar, grafik va jadvallar bilan ishlashni o‘rganadilar. Bu metod talabalarni bevosita ish muhitiga tayyorlaydi.

CLIL – mazmun va tilni integratsiyalangan holda o‘qitish metodidir. Energetika fanlarining o‘zi ingliz tilida o‘tiladi, shu bilan birga til ko‘nikmalari ham rivojlanadi. Bu metod tilni tabiiy kontekstda o‘zlashtirish imkonini beradi.

Case-study (muammoli vaziyatlar) metodi: real hayotdan olingan yoki simulyatsiya qilingan energetik muammolar muhokama qilinadi. Talabalar muammo yechimi ustida ishlash jarayonida sohaga oid terminlarni faol qo‘llaydilar.

Tarjima asosida o‘qitish:texnik matnlar (maqolalar, yo‘riqnomalar, hujjatlar) tarjima qilinadi. Bu metod orqali nafaqat lug‘at boyligi kengayadi, balki soha atamalarining mazmuni chuqur tushuniladi.

Bu metodlarning har biri alohida ahamiyatga ega bo‘lib, ularni kombinatsiyalab qo‘llash terminologiyani o‘zlashtirishda yanada yuqori samaradorlikni ta’minlaydi.

Energetika sohasida ingliz tilidagi terminlarni o‘qitish jarayoni ko‘plab qiyinchiliklar va to‘siqlarga duch keladi. Ushbu muammolar til o‘rgatish metodikasi, o‘quvchilarning tayyorgarligi, o‘quv-uslubiy materiallar hamda tashkiliy jihatlarga bog‘liq bo‘lib, quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Talabalarning ingliz tilidagi umumiy va texnik ko‘nikmalari yetarli emasligi murakkab texnik va kasbiy terminlarni o‘rganish yanada qiyinlashadi. Matnlarni tushunishda, og‘zaki nutqda terminlarni to‘g‘ri qo‘llashda, va texnik so‘zlashuvda yetarli bilimga ega bo‘lmaslik, o‘quvchilarning motivatsiyasini pasaytiradi va o‘rganish jarayonini sekinlashtiradi.

Metodik va o‘quv-uslubiy materiallarning yetishmaslig energetika yo‘nalishiga ixtisoslashgan ingliz tili uchun maxsus darsliklar, o‘quv qo‘llanmalari, lug‘atlar va multimedia materiallari yetarli emas. Ko‘p hollarda talabalar umumiy texnik ingliz tili resurslaridan foydalanishga majbur bo‘ladilar, bu esa soha maxsus terminlarini to‘liq va aniq o‘rganish imkoniyatini kamaytiradi.

Energetika sohasida ingliz tilidagi terminlarni o‘qitishning samarali bo‘lishi uchun yuqoridagi muammolarni yengib o‘tish zarur. Bu esa nafaqat ta’lim jarayonining sifatini oshirish, balki xalqaro hamkorlik va innovatsiyalar sohasida raqobatbardosh kadrlar tayyorlashga xizmat qiladi. Shu sababli, sohada maxsus tayyorlangan metodik materiallar, malakali o‘qituvchilar, zamonaviy texnologiyalar va o‘zbek tilidagi terminologik bazani yaratish dolzarb masalalardan biridir.

Adabiyotlar

1. Vilkhovchenko, N. (2024). Using Project Work in Teaching English for Specific Purposes for Energy Sector. Bulletin of Alfred Nobel University Series Pedagogy and Psychology. ouci.dntb.gov.ua

2. Sobirova, M. (2025). The Importance of ESP in Teaching English to Students of the Agricultural Sector. International Journal of Science and Technology. science-technology.uz

3. Khamdamova, G., Narziyev, I., Bozorova, V., Sharipova, D., & Khatamova, G. (2024). Integrating Information Technology Terminology Into English for Specific Purposes (ESP) Classes. Journal of Higher Education Theory and Practice. articlegateway.com

4. Akhmedova, D. A. (2024). Developing Effective Strategies for Learning Specialized Terminology in English Language Teaching. Pedagogik Islohotlar va Ularning Yechimlari. wosjournals.com

5. Mansurjon o‘g‘li, T., Baxtiyor o‘g‘li, E., & Nigmatovna, U. F. (2024). The Role of Teaching English Vocabulary in Hydrotechnical and Geotechnical Engineering Sphere. SHOKH Library. wosjournals.com

INTEGRATION OF ENGLISH LANGUAGE LEARNING AND MODERN TECHNOLOGIES IN TRAINING RENEWABLE ENERGY SPECIALISTS

Galiakberova Albina Rinatovna,
Ferghana State Technical University
Email: galiacberova.albina @yandex.ru

***Abstract**. This paper explores the use of modern technologies and innovative teaching methods in training specialists in the field of renewable energy, with a particular focus on integrating English language learning into professional education. The Erasmus+ program project '101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE' provides a framework for advancing digital and pedagogical approaches in renewable energy education. By combining technical knowledge with English language competence, the project aims to prepare globally competitive specialists capable of communicating effectively in international professional contexts.*

***Keywords**: renewable energy, education, modern technologies, English language, Erasmus+, digital learning, innovation.*

In today’s rapidly changing world, renewable energy has become one of the most important areas of technological and scientific development. Training qualified specialists in this field requires not only technical skills but also linguistic competence, especially in English, which serves as the global language of science and technology. The Erasmus+ project '101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE' focuses on the modernization of renewable energy education by introducing innovative digital tools and methods that integrate English language training into the curriculum. Digital technologies play a central role in the process of teaching and learning renewable energy. Virtual laboratories, online simulations, and interactive platforms allow students to visualize and analyze energy systems in real-time. Learning management systems (LMS) such as Moodle and Microsoft Teams enable collaborative learning, while virtual reality (VR) environments provide immersive experiences that replicate real-world energy installations. These tools help future specialists gain both practical and theoretical knowledge more efficiently.

The integration of English language learning into technical education has become an essential part of preparing globally competent professionals. English for Specific Purposes (ESP) courses focused on renewable energy terminology help students understand technical documents, research papers, and international standards. Project-based learning, where students work on renewable energy case studies in English, enhances communication and presentation skills. By using digital tools such as online glossaries, AI-based translation assistants, and virtual exchanges with foreign universities, learners can improve both their linguistic and professional abilities simultaneously.

Modern pedagogical methods such as blended learning, flipped classrooms, and problem-based learning (PBL) are successfully applied in renewable energy education. These methods encourage students to become active participants in their own learning process. For instance, in a flipped classroom, theoretical materials are studied online before class, while in-class sessions focus on discussions, practical tasks, and problem-solving activities. When combined with English communication exercises, these methods enhance both cognitive and linguistic skills.

Modern pedagogical methods, including blended learning, flipped classrooms, and problem-based learning (PBL), have proven to be highly effective in training specialists in renewable energy fields. These innovative teaching strategies not only improve students’ professional knowledge but also enhance their English language proficiency, which is essential for global communication and collaboration in the energy sector. In blended learning, traditional face-to-face instruction is integrated with digital learning environments such as online simulations, interactive modules, and virtual laboratories. This approach enables students to explore complex renewable energy concepts—such as solar panel efficiency, wind turbine dynamics, and smart grid technologies—through multimedia resources, while simultaneously practicing technical English vocabulary and academic writing.

The flipped classroom model encourages students to study theoretical materials—videos, readings, or recorded lectures—independently before attending in-person sessions. Class time is then used for collaborative activities, discussions, and real-world case studies related to renewable energy systems. This interactive structure allows students to apply theoretical knowledge in English through presentations, debates, and project-based teamwork, thereby strengthening both their subject competence and communicative confidence. Meanwhile, problem-based learning (PBL) places students in realistic professional contexts, where they must identify, analyze, and solve issues such as optimizing solar energy storage or designing sustainable urban energy models. All communication, including project documentation and peer collaboration, is conducted in English, promoting the integration of linguistic and technical competencies. These methods create a dynamic and student-centered educational environment. By combining renewable energy training with English language learning, universities can prepare future engineers and researchers who are not only technically proficient but also capable of communicating effectively in the international scientific and industrial community.

Experience from the Erasmus+ project demonstrates that the use of digital tools and bilingual teaching significantly improves student motivation and academic performance. Students trained under this model show higher levels of confidence in

communicating professional concepts in English and demonstrate a better understanding of renewable energy systems. Teachers also report greater engagement and creativity among learners when interactive and multilingual approaches are used. The combination of modern technologies, innovative teaching methods, and English language integration provides a holistic approach to training renewable energy specialists. Such an approach not only enhances technical competence but also develops communication, collaboration, and critical thinking skills. Through the Erasmus+ framework, universities can continue to strengthen international cooperation and promote sustainable education models for future generations.

References

4. Erasmus+ Project (2023). 101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE Documentation.
5. European Commission (2022). Modern Approaches in Higher Education for Sustainable Development.
6. UNESCO (2023). Integrating Language Learning into STEM Education. UNESCO Education Reports.
7. Smith, J. & Brown, L. (2021). Digital Tools in Renewable Energy Education. Journal of Modern Education Studies, 18(2), 55–72.

Williams, T. (2022). Teaching English for Specific Purposes in Technical Fields. ELT Journal, 76(1), 34–49.

TEXNIKA OLIY TA’LIM MUASSASALARIDA ZAMONAVIY MUHANDISLARNI TAYYORLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Nasretdinova Feruza Nabiyevna

E-mail: nasretdinovaferuza3@gmail.com

Farg‘ona davlat texnika universiteti, “Energetika muxandisligi” kafedrasi, katta o‘qituvchisi

Dunyoda oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish, malakali mutaxassislar tayyorlashning zamonaviy va innovatsion usullarini ta’lim jarayoniga joriy etish borasida keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Raqamli iqtisodiyot, sun’iy

intellekt, avtomatlashtirish, energetika va ishlab chiqarish texnologiyalarining jadal rivojlanishi mehnat bozorida yangicha fikrlaydigan, zamonaviy texnik bilim va kasbiy kompetensiyalarga ega muhandis kadrlarni tayyorlash zaruratini keskin oshirmoqda. Shu bois, oliy texnika ta’limi tizimini modernizatsiya qilish, uning samaradorligini oshirish va xalqaro standartlarga moslashtirish bugungi kunning eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, texnika yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun nazariy bilimlar bilan bir qatorda amaliy muhandislik ko‘nikmalarini shakllantirish, texnik fikrlash madaniyatini rivojlantirish va texnologik jarayonlarni chuqur anglay olish qobiliyatini oshirish muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki texnika fanlarida o‘qitiladigan formulalar, qurilmalar, asbob-uskunalar, texnologik tizimlar va jarayonlar mavjudligi dars jarayonlariga aniq texnik yondashuvni, muhandislik fikrlash asosida o‘qitishni talab etadi.

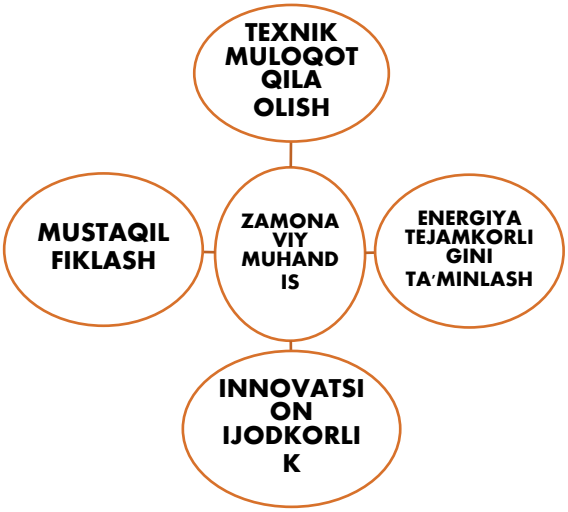
Bugungi kunda texnika oliy ta’lim muassasalari oldida turgan asosiy vazifalardan biri — o‘quv jarayonini zamonaviy ta’lim texnologiyalari, raqamli vositalar, simulyatorlar, virtual laboratoriyalar va muhandislik dasturlari yordamida tashkil etishdir. Bu esa nafaqat bo‘lajak muhandislarning amaliy tayyorgarligini oshiradi, balki ularning muammolarni tahlil qilish, yechim topish, innovatsion g‘oya ishlab chiqish kabi kompetensiyalarini ham shakllantiradi. Shuningdek, ta’lim jarayonining ishlab chiqarish korxonalari bilan uzviy integratsiyasi, dual ta’lim tizimi, loyiha va startap asosida o‘qitish metodlarini joriy etish orqali muhandislik ta’limining sifatini sezilarli darajada oshirish mumkin. Natijada, texnika oliy ta’lim muassasalari nafaqat bilim beruvchi, balki innovatsion fikrlovchi va amaliyotga tayyor mutaxassislarni tayyorlovchi markazga aylanishi lozim. Jarayon bilan birga keljakka muhandis kadr qilib yetishtirayongan talabalarning bilim-ko’nikmasiga zamonga mos talablar qo‘yilmoqda.

Ta’lim jarayonlarida o‘qitishning innovatsion usullari-bu an’anaviy ta’limdan farqli tarzda, dars mashg‘ulotlarida zamonaviy texnologiyalar, interfaol metodlar va ilg‘or pedagogik yondashuvlardan foydalanish orqali o‘quvchilarda mustaqil fikrlash, tahliliy yondashuv va amaliy qo‘llay olish ko‘nikmalarini shakllantiruvchi metodologik jarayonlar majmuidir. Hozirgi davrda innovatsion o‘qitishning bosh

maqsadi faqat bilim berish bilan cheklanmay, balki talabalarga bilim yaratish, uni tahlil qilish va amalda tatbiq eta olishni o‘rgatishdan iboratdir.

Bunday o‘qitish natijasida talabalar ijodkorlik, texnik tafakkur, tanqidiy fikrlash, muammoli vaziyatlarda mustaqil yechim topish kabi kompetensiyalarni egallaydilar. Innovatsion ta’lim muhiti esa talabalardan nafaqat nazariy bilim, balki zamonaviy ishlab chiqarish talablari darajasidagi amaliy ko‘nikmalarni ham talab qiladi. Chunki bugungi jamiyatda ishlab chiqarish, energetika va qishloq xo‘jaligi tarmoqlari tobora ilg‘or texnologiyalar bilan jihozlanib borar ekan, ular bilan ishlaydigan mutaxassislar oliy ta’lim jarayonidayoq zamonaviy texnika vositalarini puxta o‘zlashtirib chiqishlari zarurdir.

Zamonaviy jihozlar bilan ishlay oladigan talaba ishlab chiqarish jarayoniga tezda moslashadi, texnik muammolarni mustaqil hal etadi va o‘z kasbiy faoliyatida yuqori natijalarga erishadi. Aksincha, agar talaba texnika fanlarida faqat an’anaviy yondashuv doirasida o‘qitilsa, u amaliy faoliyatga kirishganda zamonaviy qurilmalar bilan ishlashni qayta o‘rganishga majbur bo‘ladi, bu esa vaqt yo‘qotish, kasbiy moslashuvning kechikishi va mehnat unumdorligining pasayishiga olib keladi. Shu sababli innovatsion ta’lim muhitida bo‘lajak muhandislarning bilim, ko‘nikma va malakalariga quyidagi talablar qo‘yiladi (1-rasm).



1-rasm. Bo’lajak muhandislar malaka-ko’nikmalariga qo’yiladigan talablar.

Bugungi texnika asrida muhandis kadrlarni shakllantirish masalasi o‘z dolzarbligini saqlab qolmoqda. Bunda talabaning mustaqil fiklash qobilyati shu

darajadi ahamiyatliki, ularning kelajakdagi ish samaradorligini asosiy omili hisoblanadi. Talaba – bu texnika yo’nalishlarida bo’lajak muhandis ekanligini inobatga oladigan bo’lsak texnika qurilmlari, texnologik jarayonlar bilan ishlashda mustaqil o’zlashtira olishi, ekspluatatsiya va montaj jarayonlariga mustaqil bilimlari bilan yondoshishliklari talab etiladi.

Texnika oliy o’quv yurtlarida texnika yo’nalishi talabasimi, demak ularga texnik muloqot qila olish talabi alohida qo’yiladi. Texnik muloqot qila olish qobiliyatini shakllantirish ham o‘qitish jarayonining muhim tarkibiy qismidir. Bu borada ma’ruza, amaliy va tajriba mashg‘ulotlari o‘zaro uzviy bog‘lanishda tashkil etilishi zarur. Texnik muloqot deganda – qurilmalar bilan to‘g‘ri ishlay olish, ularning ichki jarayonlarini anglash, to‘g‘ri ekspluatatsiya qilish va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini samarali amalga oshira olish tushuniladi. Shu sababli, texnika fanlarida amaliy dars soatlarini ko‘paytirish, modulli ta’lim tizimida kreditlarning asosiy qismini laboratoriya va tajriba mashg‘ulotlariga ajratish maqsadga muvofiqdir.

Unga ko’ra talaba qurilma va jihozlar bilan ishlay olishi, ularning ichki va tashqi jarayonlarini tushungan holda muloqot qila olishi zarur hisoblanadi. Chunki, talaba ta’lim jarayonidagina talaba sanaladi, oliy ta’limdan so’ng muhandis kadr, ya’ni qaysidur mutaxxasislik egasidir. Demak, mutaxassis endi ish faoliyatiga yangi innovatsiyalarni olib kiradi, o’zlashtiradi lekin, ta’limda olgan bilimlarini texnika bilan ishlash jarayonida qo’llaydi.

Talabalarning energiya tejamkorligi bo‘yicha bilim darajasi nafaqat texnik jihatdan to‘g‘ri qarorlar qabul qilish, balki ishlab chiqarishda iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash, atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishga hissa qo‘shish imkonini beradi. Shuning uchun ham, zamonaviy muhandislik ta’limi jarayonida energiya tejamkorlik konsepsiyasini har bir texnik fan mazmuniga integratsiya qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

Zamonga hamnafaslikni ijodkorlik bilan olib borish samarasi yuqori ekanligini inobatga oladigan bo’lsak, talabalarda ham innovatsion ijodkorlikni shakllantirish lozim sanaladi. Ijodkor talaba avvalo o’rganadi, keyin o’zlashtirishga harakat qiladi, shulardan kelib chiqib avvalo mahalliylashtirish hosil bo’lsa, undan so’ng asosiy yangi

g‘oya va innovatsiyalar yaraladi. Shuning uchun ham texnika yo’nalishida talabalarga nafaqat o’rganiuvchi, bilim oluvchi balki yaratuvchi sifatida shakllanishiga sharoit yaratish kerak.

Xulosa o‘rnida shunday deyish mumkinki, zero muhandis talabalarning bilimiga zamonga mos ravishda talablar qo’yib, shu talablarni bajarishliklariga mos ravishda ta’lim jarayonlariga yondoshish sifatli kadrlar shakllanishin kafolatlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Shaxlo Mamaniyozovna, X. . (2024). Zamonaviy pedagogik yondashuvlar asosida ta’lim berish metodologiyasi . *fan, ta’lim va amaliyot integratsiyasi*, *5*(3), 40-46.

2. Осадчук О.Л., Галянская Е.Г. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3-3. С. 463-467.

3. Ishmuhamedov R.J., M.Mirsoliyeva. O‘quv jarayonida innovatsion ta‘lim texnologiyalari. – T.: «Fan va texnologiya», 2014. 60-b.

4. Xalilova F.A. Oliy ta‟lim muassasalarida elektr texnik materiallar fanini o„qitish metodini takomillashtirish. Toshkent davlat pedagogika universiteti ilmiy axborotlari 2021/ 3-son.

FROM THEORY TO PRACTICE: MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES FOR TRAINING SPECIALISTS IN RENEWABLE ENERGY

Nigmatullina Almira Shamsunovna
Ferghana State Technical University
email:almira-nigmatullina@mail.ru

Abstract. *The given article considers the pivotal role of training specialists in renewable energy sources (RES) as a foundation for sustainable development and environmental security. It focuses on innovative educational approaches - digital simulators, virtual laboratories, project-based learning, and digitalization-that integrate theory with practice while fostering critical thinking, engineering skills, and*

interdisciplinary competencies essential for addressing the challenges of the global energy transition.

Keywords: knowledge, implementation, highly qualified specialists, *renewable energy sources, sustainable development, educational technologies, digitalization, project-based learning, interdisciplinary competencies, green economy, energy transition.*

To begin with, within the framework of the global shift towards sustainable development, the preparation of highly skilled professionals in the field of renewable energy sources (RES) has gained growing importance. Modern educational strategies are aimed not only at providing fundamental knowledge but also at developing practical competencies necessary for effective performance in the rapidly evolving energy sector. In addition, we can observe that the implementation of innovative teaching technologies, including digital simulators, virtual laboratories, project-based methods, and interdisciplinary educational programs, contributes to the integration of theoretical training with practical activities. This approach enables students to acquire skills in the design, operation, and optimization of RES systems, while also fostering critical thinking and the ability to make engineering decisions under real-world production conditions.

Table-1

Preparation of a new generation of engineers		
theoretical training	digital technologies	leadership qualities
practical skills	innovation and creativity	adaptability to new technologies
project management	teamwork and collaboration	problem-solving abilities

Overall, it can be said that, an important direction involves the development of collaboration between universities, research centers, and industrial enterprises, which creates favorable conditions for practice-oriented learning and the integration of

innovative solutions into the educational process. Such development of science, education, and industry ensures a higher level of specialist training, enabling graduates not only to adapt to contemporary challenges in the energy sector but also to actively contribute to shaping new trends in the field of renewable energy sources. Particular attention is given to the digitalization of educational processes, which includes the use of online platforms, interactive courses, and remote monitoring systems. These tools make learning more flexible and personalized, which is especially important in the context of the growing demand for specialists equipped with interdisciplinary knowledge and advanced digital competencies. So, the combination of theoretical training, practical skills, digital technologies, and close interaction with industry forms the foundation for preparing a new generation of engineers who are ready to address the strategic tasks of the transition to sustainable energy. Moving on, special importance is attached to international educational initiatives such as the Erasmus+ program within the framework of the project “101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE”, which is aimed at developing digital competencies, innovative teaching methods, and strengthening cooperation between universities in Europe and Uzbekistan.

Participation in such projects contributes to the introduction of advanced international experience, expands opportunities for academic mobility of students and faculty, and reinforces the integration of the national education system into the international scientific and educational space.

Similarly, the significance of the given article lies in the fact that the transition to renewable energy sources is one of the key factors of sustainable development and environmental security. For the successful implementation of this strategy, highly qualified specialists are required who are capable not only of mastering fundamental theoretical foundations but also of applying them in real engineering practice. The training of professionals with relevant competencies becomes a crucial task of the educational system, since they ensure the effective implementation of RES technologies in industry, the energy sector, and infrastructure. To illustrate this point, we can say that the novelty of the study is determined by the use of modern educational

technologies (digital simulators, virtual laboratories, project-based methods, and the digitalization of the learning process), which provide a higher level of integration between theory and practice. Unlike traditional approaches, the emphasis is placed not only on the transmission of knowledge but also on the development of critical thinking, engineering skills, and interdisciplinary competencies, which is particularly important in the context of rapid technological progress in the field of renewable energy.

Specifically speaking, the relevance and novelty of the study lie in a comprehensive approach to the training of specialists in the field of renewable energy sources, where modern educational technologies, digitalization, and close interaction between science, education, and industry are integrated. This approach not only increases the efficiency of the educational process but also ensures the preparation of professionals capable of responding to the challenges of the global energy transition. The prospects of this topic are associated with the need for further development of interdisciplinary educational programs, the expansion of international cooperation in training specialists for the “green” economy, as well as the implementation of new digital tools, including artificial intelligence and big data technologies, into the learning process. This opens up opportunities for shaping a new generation of engineers and researchers who will play a key role in ensuring a sustainable energy future.

The conducted study allows us to conclude that the effective training of specialists in the field of renewable energy sources requires a comprehensive approach that combines fundamental theoretical knowledge, practice-oriented skills, and modern digital learning technologies. Particular importance is attached to the integration of educational institutions, research centers, and industrial enterprises, which ensures the formation of specialists capable of solving real engineering problems and developing innovative solutions in the field of green energy. The significance lies in the emphasis on the use of digital simulators, virtual laboratories, project-based methods, and interdisciplinary programs, which contribute to the integration of theory and practice at a new level. This approach not only improves the quality of training but also responds to global challenges associated with the energy transition and sustainable development.

To sum up, modern educational strategies in the field of renewable energy sources, integrated with international programs such as Erasmus+ (project 101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE), make it possible to train a new generation of specialists. From the above it follows that these professionals possess not only fundamental knowledge and practical skills but also global-level competencies that are essential for effectively addressing the challenges of sustainable development and energy security.

Literature

2. Erasmus+ Project. (2023). 101128871-DEBSEUz-ERASMUS-EDU-2023-CBHE documentation. European Commission. https://erasmus-plus.ec.europa.eu/ (retrieved October 6, 2025).
3. Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10.
4. Natorina, A., & Stensaker, B. (2020). Digitalization and quality of teaching and learning in higher education: Mapping institutional policies and practices. *Quality in Higher Education*, 26(1), 80–95.
5. Yildiz, A., & Zeidler, D. L. (2021). Preparing students for the renewable energy transition: A socio-scientific issues approach. *Research in Science Education*, 51, 123–140.
6. Zhao, F., & Kemp, R. (2020). Renewable energy education: An overview of existing programs and emerging trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110050.

VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYALARINI BO‘LAJAK MUHANDISLARNI TAYYORLASHDA QO‘LLASHNING ZAMONAVIY USULLARI VA BOSQICHLARI

G‘aniyeva Shaxrizod Nurmaxamadovna

shaxrizodganiyeva@gmail.com

Farg‘ona davlat texnika universiteti Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi katta o‘qituvchisi, p.f.f.d. (PhD)

Annotatsiya. *Maqolada qayta tiklanuvchi energetika (va umuman texnik) ta’limida VR (virtual reallik)ni o‘quv jarayoniga tizimli va metodik jihatdan to‘g‘ri kiritish uchun bosqichma-bosqich yo‘l xaritasi keltirilgan. Har bir bosqichda nima qilinishi, kimlar jalb etilishi, vositalar va baholash mezonlari aniq ko‘rsatilgan.*

Kalit so‘zlar: *Virtual reallik, qayta tiklanuvchi energetika, simulyatsiya, VR texnologiyalari, muhandislik ta’limi, innovatsion pedagogika, energiya samaradorligi, o‘quv jarayoni, raqamli ta’lim, kompetensiyalar.*

Hozirgi davrda qayta tiklanuvchi energetika sohasining jadal rivojlanishi ushbu yo‘nalishda yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlashni yangi bosqichga olib chiqishni talab etmoqda. Energiya resurslarining cheklanganligi, ekologik muammolarning kuchayishi va yashil iqtisodiyot konsepsiyasiga o‘tish jarayonlari mutaxassislarni nafaqat nazariy bilimlarga, balki amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘lishini taqozo etadi. Shu nuqtai nazardan, virtual reallik (VR) texnologiyalarini o‘quv jarayoniga integratsiyalash — qayta tiklanuvchi energiya tizimlarini o‘rganishda yangi pedagogik yondashuv sifatida muhim ahamiyat kasb etmoqda.

VR texnologiyalari yordamida talabalar quyosh panellari, shamol turbinalari, bioenergetika inshootlari yoki gidroelektr tizimlarining tuzilishi va ishlash prinsiplarini virtual muhitda kuzatish, sinovdan o‘tkazish va tahlil qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu esa real tajriba orttirish uchun sarflanadigan vaqt va mablag‘ni kamaytirish, o‘quv jarayonini xavfsiz va interaktiv shaklda tashkil etish imkonini beradi. Shuningdek, virtual muhitda ishlab chiqilgan simulyatsiyalar muhandislik fikrlashni rivojlantirish, ijodiy yondashuvni shakllantirish va talabalarning kasbiy kompetensiyalarini chuqurlashtirishga xizmat qiladi. Quyida ushbu bosqichlar batafsil keltirib o‘tilgan.

1. Tayyorlov (preparatsiya) bosqichi. Bunda o‘quv dasturi tahlil qilinib, mavjud o‘quv sillabusdagi qaysi mavzular VR orqali samaraliroq o‘tilishini aniqlash (masalan: quyosh panellari montaji, shamol turbina texnik xizmat, xavfsizlik mashqlari) zarur bo‘ladi. Har bir VR-modul uchun o‘rganish natijalari (LO — learning outcomes) yoziladi. So‘ng mavjud texnik vositalar (HMD — headset, kompyuterlar, joy), inson resursi (o‘qituvchilar, IT mutaxassislar, 3D-dizaynerlar). Shuningdek, loyixa qiymati tahlili amalga oshiriladi, ya’ni pilot loyihaning narxi va kutilayotgan ta’sirini baholash. Bundan tashqari, talabalarning ma’lumotlari, sog‘liq (VRga mos kelmaslik), o‘quv muhitining xavfsizligi kabi omillar ham hisobga olinishi kerak.

2. O‘quv jarayoniga integratsiya va didaktik dizayn bosqichi. VR-modullarni o‘quv dasturiga pedagogik jihatdan moslashtiriladi. Bunda asosan, o‘rganish maqsadlarini VR faoliyatlariga aylantirish (masalan: “Talaba PV panellarni to‘g‘ri joylashtiradi va elektr zanjirini birlashtiradi”). Shuningdek, demonstratsiya (o‘qituvchi ko‘rsatadi), interaktiv laboratoriya (talaba manipulyatsiya qiladi), ssenariy asosida o‘qitish (muammoli holatlar, nosozliklarni tuzatish), kooperativ VR (bir nechta talaba bir muhitda ishlaydi) didaktik tamoyillar amalga oshiriladi.

Yaratilayotgan VR muhitni talabalar darajasiga moslashda boshlang‘ich — vizual tushuncha; o‘rta — manipulyativ ko‘nikma; yuqori — murakkab muammolarni hal qilish darajalarini hisobga olish lozim. Baholash strategiyasini ishlab chiqish: pre-test/post-test, amaliy ko‘nikmalarni baholash, log fayllardan (VR sessiya telemetriyasi) foydalanish kabi usullardan foydalanish mumkin.

3. Kontent va texnik modellash (3D/model yaratish)bosqichi. Bunda fotorealistik yoki didaktik stilizatsiya model turini tanlash (ta’lim uchun ko‘pincha soddalashtirilgan, interaktiv model yetarli) kerak. Ushbu bosqich komponentlarning ishlash mantig‘i (invertor, batareya, MPPT, turbina rotori), dinamikalar (harakat, havoning o‘zgarishi), fizik simulyatsiya (elektr zanjir, kuchlanish) asosiy elementlardan iborat bo‘ladi. Bu elementlar Blender, 3ds Max kabi 3D modellashtirish vositalari, Unity (C#), Unreal Engine (Blueprint/C++) virtual reallikka integratsiya qilish vositalari hamda VRTK, XR Interaction Toolkit, OpenXR kutubxonalari yordamida yaratiladi.

Zamonaviy ta’lim jarayonida virtual reallik (VR) texnologiyalarining o‘rni tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, muhandislik yo‘nalishida ta’lim olayotgan bo‘lajak mutaxassislar uchun VR texnologiyalari nazariy bilimlarni amaliy ko‘nikmalar bilan uzviy bog‘lash, murakkab texnik jarayonlarni xavfsiz sharoitda sinab ko‘rish, real ishlab chiqarish muhitini virtual tarzda modellashtirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, VR asosidagi o‘quv muhiti muhandislik ta’limida motivatsiyani oshiradi, analitik va ijodiy fikrlashni rivojlantiradi hamda talabalarni real ishlab chiqarish muhitiga tayyorlaydi. Virtual laboratoriyalar, 3D simulyatsiyalar va interaktiv mashg‘ulotlar orqali talabalar energiya tizimlari, mexanika, avtomatika, robototexnika kabi yo‘nalishlarda chuqur bilim va amaliy tajriba orttiradilar.

Shuningdek, maqolada keltirilgan metodik bosqichlar — o‘quv maqsadlarini aniqlash, virtual muhitni loyihalash, interaktiv tajribalarni tashkil etish, tahlil va baholash jarayonlari — VR texnologiyalarini samarali joriy etish uchun asosiy yo‘nalishlar sifatida belgilandi.

Xulosa qilib aytganda, bo‘lajak muhandislarni tayyorlashda VR texnologiyalarini qo‘llash ta’lim sifatini oshirish, amaliy tajribani kuchaytirish va zamonaviy ishlab chiqarish talablari bilan uyg‘un mutaxassislarni shakllantirishda muhim omil hisoblanadi. Bu esa, o‘z navbatida, raqamli iqtisodiyot va innovatsion sanoatni rivojlantirishda salmoqli hissa qo‘shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Бекназарова С. С., Ганиева Ш. Н. ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ // ReFocus. 2022. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii-1 (дата обращения: 03.10.2025).
2. Бекназарова, С., & Ганиева, Ш. (2022). Class vr как современный важный фактор качественного образования. Значение цифровых технологий в изучении истории Узбекистана, 1(01), 331–335. https://doi.org/10.47689/.v1i01.13577

3. Нурмахамадовна, Г.С. Перспективы модернизации образовательных процессов с использованием интерактивных методов смешанного обучения. JournalNX , 9 (11), 57-62.
4. Jo’rayev, N. (2023). Ta’lim jarayonlari raqamli transformatsiyasining moxiyati va axamiyati. Engineering problems and innovations.
5. Salimjon, O., Juraev, N., & Khalilov, M. (2019). Creation of photodetectors based on film heterostructure p–membranous CdTe–ZnSe C deep impurity levels. Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering, 1(3), 6.
6. Jurayev, N. M., & Xomidova, N. Y. (2020). Safety evaluation of cryptography modules within safety related control systems for railway applications. Cutting edge-science, 197.
7. Jurayev, N. M., Xomidova, N. Y., & Yuldasheva, X. X. (2020). Security analysis of urban railway systems: the need for a cyber-physical perspective. Cutting edge-science, 206.
8. Абдурахмонов, С. М., & Жураев, Н. О. (2016). Прием-передачи информации по интерфейсу RS-485 по беспроводном каналам в системах АСУ ТП. Научно-технический журнал ФерПИ, 20(3), 154-157.
9. Akramjonovich, R. Z., Qizi, S. X. X., & O‘G‘Li, A. A. A. (2025). ELGAMAL SHIFRLASH ALGORITMI KALITLARNI YARATISH, SHIFRLASH VA DESHIFRLASH JARAYONLARI. Al-Farg’oniy avlodlari, 1(2), 20-22.

OLIY TA’LIMDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI FANINI RIVOJLANTIRISHDA XORIJIY TA’LIM GRANTLARINING O‘RNI

Qodirova Xamidaxon Nurmuxamadovna
e-mail: khamidaqodirova1983@gmail.com
Andijon davlat pedagogika instituti, p.f.f.d.PhD, v.b.dotsenti

Annotatsiya. *Maqolada mamlakatimizda Erasmus+ dasturining “Oliy ta’lim sohasida salohiyatni oshirish” yo‘nalishida amalga oshirilayotgan DEBSEUz (Development of Bachelor Study Programs in Renewable Energy in Uzbekistan) loyihasi doirasidagi amalga oshirilayotgan ishlar yoritilgan bo`lib, “leXsolar” innovatsion texnologiyasining ilmiy-didaktik imkoniyatlari o‘rganilgan. “leXsolar” laboratoriya jihozlari jamlanmasidan qayta tiklanuvchi energiya manbalari fanini o`qitishda foydalanishda talabalar bilimini mustahkamlash, faolligini oshirish va ekologik tafakkurni shakllantirishda yuqori samaraga erishish hamda interfaol, innovatsion va zamonaviy o‘qitish uslubiga erishish mumkinligi haqida xulosalar keltirilgan.*

Kalit so‘zlar. *Erasmus, DEBSEUz, leXsolar, loyiha, qayta tiklanuvchi energiya, interfaol, innovatsion, integrasiya, uslub, ta’lim granti, ko‘rgazmalilik, malaka, ko`nikma.*

Muqobil energiya manbalaridan foydalanish, bugungi kunda dunyo bo‘yicha, olimlar va mutaxassislar e’tiborini keng jalb etmoqda. Bugungi kunda dunyoda muqobil energiya manbalari turlarini rivojlantirish bo‘yicha juda katta ishlar amalga oshirilayotganligi buning yaqqol dalilidir [1].

Barqaror ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotni innovatsion rivojlanishsiz, keng ko‘lamli ilmiy-texnik koorparatsiyasiz va yangi texnologiyalar, ilm-fan va texnika yutuqlarini joriy etmasdan tasavvur qilib bo‘lmaydi [2].

Oliy ta’lim muassasalarida „Qayta tiklanuvchi yenergiya manbalari“ fanini o‘qitish, bu boradagi xorijiy tajribalarni implementatsiya qilishda xalqaro loyihalarning ahamiyati katta. Oliy ta’lim muassasalarida „Qayta tiklanuvchi yenergiya manbalari“ ga mazmunan mos keluvchi bir qator ilmiy-amaliy loyihalar

amalga oshirilmoqda. Shunday loyihalardan biri Andijon davlat universitetida Erasmus+dasturining “Oliy ta’lim sohasida salohiyatni oshirish” yo‘nalishida amalga oshirilayotgan DEBSEUz (Development of Bachelor Study Programs in Renewable Energy in Uzbekistan) loyihasini misol qilib keltirish mumkin.

Mamlakatimizda DEBSEUz doirasida xalqaro hamkorlik kengaymoqda. Bu loyiha doirasida magistr va doktorantlar hamda o‘qituvchilar xorijiy mamlakatlarda tajriba ortirib kelib, mamlakatimizda amaliyotga joriy qilib kelishmoqda.

Erasmus+dasturining “Oliy ta’lim sohasida salohiyatni oshirish” yo‘nalishida amalga oshirilayotgan DEBSEUz (Development of Bachelor Study Programs in Renewable Energy in Uzbekistan) loyihasi doirasidagi navbatdagi xalqaro o‘quv mashg‘ulotlari Ispaniyaning Universidad Politécnica de Madrid (UPM) universitetida tashkil etildi. Mazkur bosqich doirasida Universidad Politécnica de Madrid (UPM) universitetining zamonaviy texnik bazasi bilan tanishish, quyosh energiyasidan foydalanish bo‘yicha ilg‘or texnologiyalar, muqobil energiyaga asoslangan texnik yechimlar, ekologik barqarorlik masalalari hamda quyosh panellarini takomillashtirishga oid seminar va amaliy mashg'ulotlar o‘tkazildi.

Xususan, Andijon davlat universiteti vakillari loyiha doirasida xarid qilinishi rejalashtirilgan qurilmalarining funksional imkoniyatlari va amaliy ahamiyatiga oid taqdimot bilan ishtirok etdilar. Andijon davlat universiteti tajribasi asosida taklif etilgan mazkur texnik vositalar Italiyaning Turin politexnika universiteti professorlari tomonidan ijobiy baholanib, barcha hamkor oliy ta’lim muassasalariga tavsiya etildi. Hozirda ushbu qurilmalarning katta qismi universitetimizga yetkazilgan bo‘lib, leXsolar-NewEnergy Ready-to-go, leXsolar-ThermalEnergy Professional, leXsolar- SmartGrid Professional, leXsolar-BioEnergy Ready-to-go, leXsolar-Emobilitv Professional, IeXsolar-Hydropower Ready-to-go, leXsolar-NewEnergy Ready-to-go, leXsolar-NewEnergy Ready-to-go, leXsolar-NewEnergy Ready-to-шулар жумласидан. Yangi 2025-2026 o‘quv yilidan boshlab laboratoriya mashg‘ulotlarida samarali foydalanilishi rejalashtirilgan.

Yuqorida keltirilgan “leXsolar” ilg‘or fotovoltaik (quyosh energiyasi) laboratoriya jihozlari jamlanmasi ukuv ta’limi va laboratoriya ishlari uchun

mo‘ljallangan to‘liq o‘quv tizimi xisoblanadi. Keng ko‘lamdagi foydalanish imkoniyatlarini qamrab olgan ushbu tizim oddiy elektr muhandisligi asoslaridan tortib, to‘liq PV tizimlarni loyihalashgacha bo‘lgan amaliy tajribalarni o‘tkazish imkonini beradi [3]. Uning modulli tuzilmasi asosiy komponentlarni chuqur tahlil qilishga imkon beradi, masalan: shunt va ketma-ket stabilizatorlar, maksimal quvvat nuqtasini (MPP) kuzatuvchilar, hamda invertorlar. Qo‘shimcha aksessuarlar yordamida LED va inkandesan lampalar kabi turli iste’molchilarning samaradorligini taqqoslash tajribalari ham o‘tkazilishi mumkin. Barcha komponentlar bardoshli alyuminiy qutiga joylashtirilgan bo‘lib, bu tizimni professional o‘qituvlar, seminarlar yoki universitet dasturlari uchun ideal hisoblanadi [4].

Yuqorida kursatilgan leXsolar laboratoriya jihozlari jamlanmasidan bakalavr boskichida “Muqobil energiya manbalari” va “Fizika” yo'nalishlarida hamda magistratura bosqichida “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari” mutaxassisligi talabalariga o'tiladigan fanlardagi laboratoriya va amaliy mashg'ulotlarni tashkillashtirishda foydalanish maksadga muofik. Laboratoriya jihozlari jamlanmasining har birida 18 tadan laboratoriya ishi mavjud.

“Qayta tiklanuvchi yenergiya manbalari“ fanida “leXsolar” laboratoriya jihozlaridan laboratoriya va amaliy mashgulot turidan tashkari ma’ruza mashgulotlarida namoyish tajrilarni taqdim qilishda foydalanish, talabalarda ma’ruzaning mazmunini chukurrok tushinishiga, uzok vakt eslab kolishiga va amaliyotda foydalana olishiga zamin yaratadi.

Xulosa. Shuning uchun “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari” fani mazmuni, uni o‘qitish shakllarini muntazam ravishda tahlil qilib borishni taqozo yetadi. Aynan mazmun va o‘qitish shakllarini takomillashtirib borishda “leXsolar” laboratoriya jihozlarini qo‘llash, uning barcha didaktik imkoniyatlaridan foydalanish pedagogik zarurat hisoblanadi. “leXsolar” laboratoriya jihozlarini „Qayta tiklanuvchi yenergiya manbalari“ fanini o‘qitishni rivojlanishga doir metodik, didaktik masalalar uchun yechim bo‘la oladi. Oliy ta’lim muassasasida “leXsolar” laboratoriya jihozlarining muntazam ravishda qo‘llanilishi natijasida ko‘plab loyihalar

shakllanishi va bu keyingi o‘quv yillarida to‘plangan tajriba sifatida keng qo‘llanilishi mumkin.

Erasmus+ dasturining “Oliy ta’lim sohasida salohiyatni oshirish” yo‘nalishida amalga oshirilayotgan DEBSEUz (Development of Bachelor Study Programs in Renewable Energy in Uzbekistan) loyihasi doirasidagi yangi bakalavriat yo‘nalishlari bilan birga magistratura yo‘nalishlarini xam ishlab chiqish va ularni akkreditatsiyadan o‘tkazish, quyosh energiyasi bo‘yicha qisqa muddatli o‘quv kurslarini tashkil etish, zamonaviy laboratoriyalar va trening markazlarini yaratish, loyiha boshqaruvi, sifat monitoringi va natijalarni jamoatchilikka yetkazish yo‘nalishlarida xalqaro hamkorlikni yanada kengaytirish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 24-martdagi „Yenergetika vazirligi huzuridagi Qayta tiklanuvchi yenergiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti faoliyatini tashkil yetish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 127-son Qarori.
2. Qahhorov S.Q., Jo‘rayev H.O. Muqobil yenergiya manbalari yo‘nalishida pedagog-kadrlar tayyorlash // Oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limida aniq va tabiiy fanlarning o‘zaro aloqadorlik va uzviyligi masalalari. Respublika ilmiy-amaliy anjumani. – Qarshi. 2014. – B. 327–328.
3. Chemnitz leXsolar GmbH. *leXsolar-PV Professional – Training System Documentation*. Germany-2020 y
4. Azizova, D., & Tursunov, A. “Photovoltaic systems and their educational modeling”. *Uzbek Journal of Physics*, 2021-7(1), 60–67.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ УДАРНО-ВОЗДУШНОЙ ВОЛНЫ ВЗРЫВА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ПРИ КАРЬЕРНЫХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

Насиров Уткир Фатидинович. [1] *, Хайруллоев Шахзод Шукрилло угли* [2]

[1] *доктор техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе и инновациям Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, (г. Алмалык, Республика Узбекистан)*

shaxzodxayrulloyev@gmail.com

[2] *базовый докторант Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. (Алмалык, Республика Узбекистан)*

Аннотация*. Процесс образования ударной воздушной волны при взрыве является следствием мгновенного перехода химической энергии взрывчатого вещества (ВВ) в энергию высокотемпературных и высоконапорных газов. Современные экспериментальные и численные исследования уточнили ряд параметров и механизмов, определяющих динамику формирования и распространения этих волн.*

Ключевые слова: *взрыв, ударно-воздушная волна, преобразование энергии, пьезоэлектрический эффект, карьеры, энергия взрыва, pzt-композиты, вибрации, горные работы, улавливание энергии*

1. Физическая сущность процесса

При детонации ВВ за доли миллисекунды происходит разложение химических соединений на простейшие газообразные продукты — в основном CO_2, H_2O, N_2, CO, H_2 и следовые количества оксидов азота. Количество образующихся газов составляет в среднем 0,9–1,1 м³ на 1 кг ВВ (при нормальных условиях), однако в момент взрыва температура газов достигает 2400–3200 С, а давление — до $(1–3)\times10^8$ Па (100–300 тыс. атм). В этих условиях газовый объем может быть в десятки раз меньше, чем при охлаждении, но обладает колоссальной внутренней энергией. [1]

2. Начальная стадия расширения продуктов детонации

После завершения химической реакции зона продуктов детонации начинает стремительно расширяться.

Начальная скорость расширения достигает 6–8 км/с, что превышает скорость звука в воздухе более чем в 20 раз.

Газовая масса действует как поршень, мгновенно оттесняющий окружающий воздух, создавая в нём зону сильного сжатия — ядро будущей ударной волны.

При этом давление на границе между продуктами детонации и воздухом (фронт волны) резко возрастает, образуя скачок уплотнения — резкий переход от нормальных условий к экстремально высоким давлениям и температурам воздуха.

Ударные воздушные волны (УВВ) являются сложными физическими явлениями, возникающими при взрывах, высокоскоростных процессах или других резких выделениях энергии в атмосфере. Они характеризуются рядом параметров, которые определяют их воздействие на окружающую среду и объекты.

Основные параметры ударных воздушных волн

Избыточное давление на фронте волны (ΔP)

Определение: Избыточное давление ($\Delta P = P - P_0$, где P — давление на фронте волны, P_0 — атмосферное давление) — это разность между пиковым давлением на фронте УВВ и нормальным атмосферным давлением (~101.3 кПа).

Характеристики:

На начальном этапе, вблизи эпицентра взрыва, ΔP может достигать десятков или сотен мега Паскалей (МПа), в зависимости от мощности взрыва и типа взрывчатого вещества (ВВ). Например, для тротила (ТНТ) при массе заряда 1 кг на расстоянии 1 м ΔP может составлять ~1–2 МПа.

С удалением от эпицентра ΔP уменьшается по закону, близкому к обратно пропорциональному кубу расстояния ($1/R^3$) в ближней зоне и экспоненциально в дальней зоне.

Время действия области сжатия (τ^+)

Определение: Это длительность фазы сжатия, в течение которой давление на фронте превышает атмосферное.

Характеристики:

Для типичных взрывов τ^+ составляет от нескольких микросекунд (вблизи эпицентра) до десятков миллисекунд (на больших расстояниях).

Время действия зависит от энергии взрыва, массы заряда и расстояния. Например, для 1 кг ТНТ на расстоянии 5 м $\tau^+ \sim 1–2$ мс.

Методы измерения: Используются высокоскоростные осциллографы и датчики давления с разрешением в наносекундах.

Применение: Длительность фазы сжатия критически важна для оценки кумулятивного воздействия на структуры и биологические объекты.

При проведении массовых взрывов в карьерах формируется сложная система воздушных ударных волн, распространяющихся по рельефу выработки. Особенность открытых горных условий заключается в том, что отражение ударных волн от откосов, уступов, берм и дна карьера вызывает многократные взаимодействия фронтов сжатия, что существенно изменяет структуру. [2]

2. Механизм отражения в карьере

Когда ударная волна, возникающая при взрыве зарядов ВВ, достигает поверхности откоса или дна карьера, происходит частичное отражение и переизлучение энергии.

В зависимости от угла падения и рельефа отражение может быть:

зеркальным (при ровной и твёрдой поверхности),

диффузным (при неровной, трещиноватой поверхности),

комбинированным, когда отражённая волна рассеивается и частично поглощается породой.

3. Волна Маха в карьерных условиях

При малой высоте подрыва (менее 1,5–2 радиусов заряда) падающая и отражённая волны сливаются, образуя волну Маха, которая в условиях ограниченного карьерного пространства приобретает особую форму. В отличие от равнинных условий, в карьере волна Маха имеет асимметричную

структуру, так как её фронт взаимодействует с откосами различной крутизны и направленности.

В нижней части карьера наблюдается накопление давления — эффект “резонансного усиления”.

Давление в зоне Маха может превышать нормальное избыточное давление на поверхности в 3–6 раз, достигая 400–600 кПа при массовом взрыве среднего масштаба.

Высота Маха-стебля в замкнутых условиях карьера может достигать до 20–25 м, особенно при неблагоприятной геометрии уступов.

В горнодобывающей промышленности, включая открытые карьеры, ударные воздушные волны (УВВ) возникают в результате взрывных работ, которые используются для дробления породы и подготовки руды к дальнейшей переработке. Эти волны несут значительную кинетическую и механическую энергию, которая традиционно рассеивается, но может быть преобразована в электрическую с помощью пьезоэлектрических датчиков и электромагнитных генераторов.

Генерация УВВ в горнодобывающих работах

Взрывные работы на карьерах производят УВВ с избыточным давлением (ΔP) от 10 кПа до 1 МПа на расстояниях 5–50 м от эпицентра, в зависимости от массы заряда.

Скорость фронта волны (D) достигает 300–600 м/с в ближней зоне, а время действия фазы сжатия (τ^+) — 1–10 мс, что создает импульсные нагрузки, подходящие для энергоулавливающих устройств.

Пьезоэлектрические датчики для мониторинга и сбора энергии

Применение в мониторинге взрывов:

Датчики регистрируют пиковое ΔP и вибрации для оценки эффективности дробления и безопасности. Автономное питание: Собранная энергия (до 0.1–1 Дж на взрыв) питает беспроводные сенсоры для реального времени передачи данных в IoT-системы, снижая зависимость от батарей (срок службы до 5–10 лет).

Характеристики: Чувствительность — 10–100 мВ/кПа; диапазон нагрузок — до 10 МПа без разрушения для композитов PZT с нанотрубками. В 2025 году гибкие PVDF-датчики интегрируются в сетки на склонах карьеров для распределенного мониторинга.

Список использованной литературы:

1. Садовский, М. А., & Адушкин, В. В. (1962). Очерки по физике взрыва. Москва.
2. Nasirov U. F. et al. Controlling blast energy parameters to ensure intensive open-pit rock fragmentation //Mining Science and Technology (Russia). – 2022. – Т. 7. – №. 2. – С. 137-149.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Parpieva Maxsudaxon Maxmudjanovna,
Farg‘ona davlat texnika universiteti
O‘zbek tili va tillarni o‘rgatish
kafedrasi katta o‘qituvchisi
maqsudaparpiyeva@gmail.com
+998911247924

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы применения современных технологий и методов языковой подготовки специалистов в области подготовки инженеров энергетиков в рамках программа Erasmus+. А также рассмотрим, как устроена языковая поддержка в рамках Erasmus+, как её можно применять для подготовки инженеров-энергетиков, и приведём примеры программ и подходов.*

Ключевые слова: *языковая поддержка в рамках Erasmus+, международная мобильность, международная профессиональная среда, метод проектов, метод кейсов*

В условиях глобализации и международной кооперации инженерно-энергетические специалисты часто взаимодействуют с зарубежными

партнёрами, участвуют в проектах, публикуют исследования и проходят стажировки за рубежом. Поэтому владение иностранным языком, особенно английским, становится не просто дополнительным навыком, а важнейшей компетенцией. Программа Erasmus+ предоставляет возможности международной мобильности и финансирования для высшего образования, включая инженерные дисциплины, и активно поддерживает языковую подготовку участников. Одной из ключевых задач является интеграция обучения иностранным языкам в инженерные образовательные траектории, особенно в программах Erasmus+. В данной статье рассмотрим, как устроена языковая поддержка в рамках Erasmus+, как её можно применять для подготовки инженеров-энергетиков, и приведём примеры программ и методических подходов.

Современное инженерное образование ориентировано не только на формирование профессиональных компетенций, но и на развитие у будущих специалистов способности к межкультурному взаимодействию и коммуникации в международной профессиональной среде. Для инженеров энергетического профиля владение иностранным языком становится необходимым условием участия в международных проектах, стажировках, конференциях и научных исследованиях.

Языковая подготовка инженеров-энергетиков является важной составляющей их профессионального становления. Она обеспечивает не только развитие речевых навыков, но и способствует формированию способности оперировать профессиональной терминологией, читать и анализировать техническую документацию, участвовать в переговорах и деловой переписке. Как отмечают Н. Д. Гальскова и Н. И. Гез, «овладение иностранным языком в профессиональных целях требует осмысления языка как средства познания и профессионального взаимодействия» [1, с. 45].

Так какие же современные требования к языковой подготовке инженеров энергетического профиля. Переход к цифровым и «умным» энергетическим системам, активное внедрение международных стандартов и технологий

обусловливают рост значимости языковой компетенции. Согласно требованиям профессиональных стандартов и рекомендациям ЮНЕСКО, инженер XXI века должен уметь представлять результаты своей деятельности на международном уровне, что невозможно без владения иностранным языком, прежде всего английским.

В рамках европейских образовательных программ, таких как Erasmus+, обучение инженерных специальностей включает языковую подготовку как обязательный компонент. В документах программы отмечается: «Language learning support is essential to make mobility more efficient and effective» [6]. Это подчёркивает, что успешное участие студентов в академической мобильности напрямую зависит от уровня языковой готовности.

В связи с этим особенностью обучения иностранному языку инженеров-энергетиков является: обучение иностранному языку студентов энергетического профиля должно учитывать специфику инженерной деятельности и терминологического поля. Такой подход получил название «профессионально-ориентированное обучение» (English for Specific Purposes — ESP). Как отмечают Т. Хатчинсон и А. Уотерс, «ESP is not a product, but an approach to language teaching, based on the learner’s reason for learning» [2, с 19]. Основной задачей преподавателя становится моделирование реальных профессиональных ситуаций, в которых студент использует иностранный язык для решения инженерных задач: презентация проекта, анализ технических чертежей, чтение инструкций и отчётов.

В процессе языковой подготовки будущих инженеров-энергетиков эффективны следующие методы:

Метод проектов — создание студентами презентаций и технических отчётов по энергетическим темам на иностранном языке;

Метод кейсов — анализ реальных производственных ситуаций, связанных с работой энергетических систем;

CLIL (Content and Language Integrated Learning) — интеграция языкового обучения с изучением профессиональных дисциплин;

Использование цифровых ресурсов — онлайн-платформы (например, Online Language Support в Erasmus+), электронные словари, технические базы данных.

Применение этих подходов позволяет соединить языковую и профессиональную подготовку, развивая не только лингвистическую, но и инженерную компетентность.

Таким образом, языковая подготовка инженеров-энергетиков является неотъемлемой частью профессионального образования. Она обеспечивает успешную коммуникацию в международной инженерной среде, способствует освоению инновационных технологий и развитию научно-технического сотрудничества.

Список литературы

1. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам: Лингводидактика и методика. — М.: Академия, 2020. — 256 с.
2. Hutchinson T., Waters A. English for Specific Purposes: A Learning-Centered Approach. — Cambridge: Cambridge University Press, 2018. — 183 p.
3. Dudley-Evans T., St John M. Developments in English for Specific Purposes: A Multi-disciplinary Approach. — Cambridge: Cambridge University Press, 2017. — 301 p.
4. Головлева Е. А. Профессионально-ориентированное обучение иностранному языку студентов инженерных специальностей // Вестник Томского политехнического университета. — 2021. — № 6. — С. 115–121.
5. Савинова Е. В. Интеграция языковой и инженерной подготовки студентов технических вузов // Высшее образование сегодня. — 2022. — № 12. — С. 47–53.
6. Erasmus+ Programme Guide 2025. — European Commission. — URL: https://erasmus-plus.ec.europa.eu (дата обращения: 06.10.2025).

ҚУЁШ ИССИҚЛИК КОЛЛЕКТОРИНИНГ ТАЖРИБАВИЙ САМАРАДОРЛИГИНИ БАҲОЛАШ

С. М. Камалбаев, А.Б. Эргашев, Д.Д. Исломов, С.А. Тухтасинов

Фаргона давлат техника университети, email. ims-kamolboyevsarvarbek@gmail.com

Аннотация

Ушбу мақолада leXsolar-ThermalEnergy Professional лаборатория мажмуаси ёрдамида теккис пластинали қуёш иссиқлик коллекторининг ишлаш самарадорлиги тажрибавий ўрганилди. Тадқиқот жараёнида коллекторнинг кириш ва чиқиш нуқталардаги ишчи суюқлик ҳарорати, оқим сарфи ва қуёш радиацияси реал вақтда ўлчанди. Олинган маълумотлар асосида фойдали иссиқлик қуввати ва умумий иш самарадорлиги аниқланди. Тажриба натижалари ISO 9806 стандарти талабларига мос ҳолда таҳлил қилиниб, назарий моделлар билан таққосланди. Натижалардан маълум бўлишича, коллекторнинг ишлаш самарадорлиги қуёш радиацияси қиймати ортишида ошади, аммо ишчи суюқлик ҳарорати фарқи ортишида иссиқлик йўқотишлар сабабли пасайиши кузатилди. Ушбу тадқиқот натижалари қуёш иссиқлик тизимларини баҳолаш, таълим жараёнида амалий кўникмаларни шакллантириш ва инновацион иссиқлик таъминоти ечимларини яратиш учун муҳим аҳамиятга эга.

***Калит сўзлар**: қуёш иссиқлик коллектори; тажрибавий самарадорлик; leXsolar-ThermalEnergy Professional; ISO 9806; қуёш радиацияси; иссиқлик қуввати; самарадорлик коэффициенти.*

Кириш

Сўнгги йилларда дунёда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишга бўлган эҳтиёж ортиб бормоқда. Бу жараённинг асосий сабаблари – глобал иқлим ўзгариши, анъанавий ёқилғи ресурсларининг қисқариши ва энергетика соҳасидаги экологик муаммоларнинг чуқурлашувидир [1], [2].

Қуёш энергияси —барқарор ва экологик тоза манба сифатида қурилиш соҳаси, иссиқлик таъминоти тизимлари, сувни иситиш ва саноат жараёнлари

учун самарали ечим сифатида қаралмоқда [3]. Бу йўналишда асосий роль ўйнайдиган қурилмалардан бири — қуёш иссиқлик коллектори бўлиб, унинг конструкцияси ва ишлаш принципи энергия самарадорлигини белгилайди. Ҳозирги кунда турли хил конструкцияга эга коллекторлар ишлаб чиқарилган: теккис пластинали, вакуум қувурли, параболик ва концентраторли тизимлар [4]–[6].

Амалиётда коллекторларнинг ишлаш параметрларини баҳолаш, уларнинг реал эксплуатациядаги қуввати ва самарадорлигини аниқлаш жуда муҳим. Бу жараён **ISO 9806** ва EN 12975 каби халқаро стандартларда белгиланган методикаларга асосланади. Бироқ кўп ҳолларда бундай таҳлиллар катта миқёсдаги синов лабораториялари ёки қиммат ускуналарни талаб қилади. Шу боис таълим муассасалари учун анъанавий йирик стендларнинг соддалаштирилган, ўқув ва илмий тадқиқотга мослаштирилган вариантларини қўллаш долзарб ҳисобланади [7].

leXsolar-ThermalEnergy Professional — қуёш иссиқлик тизимларини ўрганишга мўлжалланган замонавий лаборатория мажмуаси бўлиб, у талабалар ва тадқиқотчиларга қуёш радиациясини реал вақтда ўлчаш, ҳарорат ўзгаришини кузатиш, иссиқлик қуввати ва самарадорликни ҳисоблаш имкониятини беради. Ушбу мажмуа ёрдамида амалга ошириладиган тажрибалар назарий билимларни мустаҳкамлайди ва қуёш иссиқлик тизимларининг ишлаш принципини чуқур таҳлил қилиш имконини яратади [8].

Ускуна ва методика

Тадқиқот ишлари leXsolar-ThermalEnergy Professional (Product No. 1306) лаборатория мажмуаси ёрдамида амалга оширилди. Мажмуа замонавий таълимий ва илмий мақсадларга мос равишда йиғилган бўлиб, қуёш иссиқлик тизимларининг асосий ишлаш принципларини тажрибавий ўрганиш имконини яратади. Унинг таркибига теккис пластинали қуёш коллектори, шиша қоплама ва изоляцияланган корпус, насосли айланма тизим, иссиқлик сақлаш бак-аккумулятори, кириш ва чиқиш ҳарорат сенсорлари, оқим сарфини ўлчаш ускунаси ва қуёш радиациясини ўлчаш учун соляриметр киради [9].

Коллекторнинг асосий элементлари - ютиб олувчи пластинка (absorber plate), изоляцияланган орқа қисм ва юқоридаги оптик шиша қопламадир. Ютиб олувчи пластинка қуёш нурларини ютиб, ишчи суюқликка узатади; шиша қоплама эса оптик йўқотишларни камайтириб, иссиқлик самарадорлигини оширади.

Тадқиқот жараёнида ишчи суюқлик сифатида сув танланди. Айланма ҳаракат насос орқали таъминланди ва оқим сарфи тахминан 0,03–0,06 кг/с оралиғида сақланди. Кириш ва чиқиш ҳароратлари ҳар 30 сонияда рақамли сенсорлар орқали қайд этилди. Шу асосда турли вақтларда ва турли радиация қийматларида коллекторнинг ишлаш самарадорлиги таҳлил қилинди.

leXsolar-Thermal Energy Professional асосий жиҳозлари ва параметрлари [9], [10].

Жадвал № 1.

№	Компонент / Параметр	Қиймат / Таъриф
1	Қуёш коллектори	Абсорбер юзаси = 1 м²; мис ёки алюминий, селектив қоплама; шиша қоплама ≈=3–4 мм
2	Шиша қопламаси	Оптик ўтказувчан шиша, қалинлиги -3–4 мм, нур ўтказиш τ =0,9
3	Орқа изоляция	Минерал вата ёки PUR/PIR, қалинлиги ≈ 40–50 мм
4	Қувур тизими	Мис қувурлар диаметри ≈ 8–12 мм
5	Ишчи муҳит	Сув ёки антифриз аралашмаси
6	Айланма насос	Электр насос, қуввати ≈ 40–60 Вт; оқим 0,03–0,06 кг/с
7	Ҳарорат сенсорлари	Аниқлиги ±0,5 °C

8	Қуёш радиацияси сенсори	Диапазон 0–1200 Вт/м², аниқлиги ±5 %
9	Маълумот ёзиб олиш модули	USB/DAQ, real-time T_{in}, T_{out}, G ва oqim
10	Иссиқлик сақловчи бак	=5–10 л ҳажмда
11	Қўшимча ўқув модуллари	Пельтье иссиқлик насоси, парафинли иссиқлик аккумулятори (PCM)

Назарий асос ва самарадорлик моделлари

Қуёш коллекторида фойдали иссиқлик қуввати ва жорий самарадорликни ISO 9806 ва Hottel–Whillier–Bliss назарий моделлари асосида ҳисоблаш мумкин.

ISO 9806 стандартида коллектор самарадорлиги одатда тажрибавий маълумотлардан олинган қийматлар асосида $T_m - T_a$ (ўртача ишчи ҳарорат ва атроф ҳарорати фарқи) функцияси сифатида аниқланади. Бу ерда $T_m = \frac{T_{\text{in}}+T_{\text{out}}}{2}$. Жорий самарадорлик [10]:

$$\eta = \frac{\dot{m}c_p,(T_{\text{out}} - T_{\text{in}})}{G_{\text{T}}A_{\text{c}}}$$

бу ерда $\dot{m}$ – ишчи суюқлик массавий сарфи, c_p – иссиқлик сиғими, A_{c} – коллектор юзаси, G_{T} – соляриметр орқали ўлчанган нурланиш зичлиги.

ISO 9806 талабига кўра самарадорликни қуйидаги кўринишда аппроксимация қилиш мумкин [11]:

$$\eta = \eta_0 - a_1\frac{T_m - T_a}{G_{\text{T}}} - a_2\left(\frac{T_m - T_a}{G_{\text{T}}}\right)^2,$$

бу ерда η_0 – оптик самарадорлик, a_1 ва a_2 – иссиқлик йўқотиш коэффициентлари. Бу усул тажриба нуқталарига мос келтирилган регрессия

ёрдамида η_0, a_1, a_2 қийматларини аниқлаш имконини беради ва коллекторни бошқа ишланмалар билан қиёсий таҳлил қилишда ишлатилади.

$$Q_{\text{useful}} = F_R \cdot A_c \cdot [S - U_L(T_{\text{in}} - T_{\text{amb}})]$$

бу ерда F_R — иссиқлик етиб бориш коэффициенти, $S = G\tau\alpha$ — коллектор юзасида ютиладиган нурланиш зичлиги, U_L — умумий иссиқлик йўқотиш коэффициенти.

ISO 9806 стандартида коллекторнинг самарадорлиги одатда тажрибавий маълумотлардан олинган қийматлар асосида $T_m - T_a$ (ўртача ишчи ҳарорат билан атроф ҳарорати фарқи) функцияси сифатида аниқланади. Бу ерда:

$$T_m = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2}, \Delta T = T_m - T_a.$$

Коллекторнинг жорий самарадорлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$\eta = \frac{\dot{m} c_p, (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})}{G_{\text{T}} A_c},$$

бу ерда $\dot{m}$ — ишчи суюқлик массавий сарфи (кг/с), c_p — иссиқлик сиғими (Ж/(кг·К)), A_c — коллекторнинг ютиб олувчи юзаси (м²), G_{T} — соляриметр орқали ўлчанган ўртача нурланиш зичлиги (Вт/м²).

ISO 9806 талабига кўра, турли $\Delta T / G_{\text{T}}$ қийматлари учун η қийматлари чизилади ва улардан коллекторнинг асосий параметрлари аниқланади [12]:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\Delta T}{G_{\text{T}}} - a_2 \frac{\Delta T^2}{G_{\text{T}}},$$

бу ерда η_0 — оптик самарадорлик (нурланиш тўлиқ ютилиш ҳолатидаги бошланғич қиймат), a_1 — биринчи тартибли иссиқлик йўқотиш коэффициенти (Вт/(м²·К)), a_2 — иккинчи тартибли йўқотиш коэффициенти (Вт/(м²·К²)).

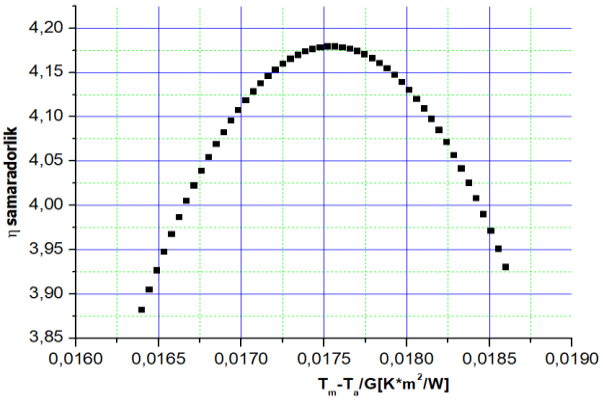
Жорий самарадорлик эса қуйидагича аниқланади:

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \frac{(T_{\text{in}} - T_{\text{amb}})}{G}.$$

Ўлчаш ноаниқлиги η учун ноаниқлик таркибий қисмлари қуйидагича ёзилади:

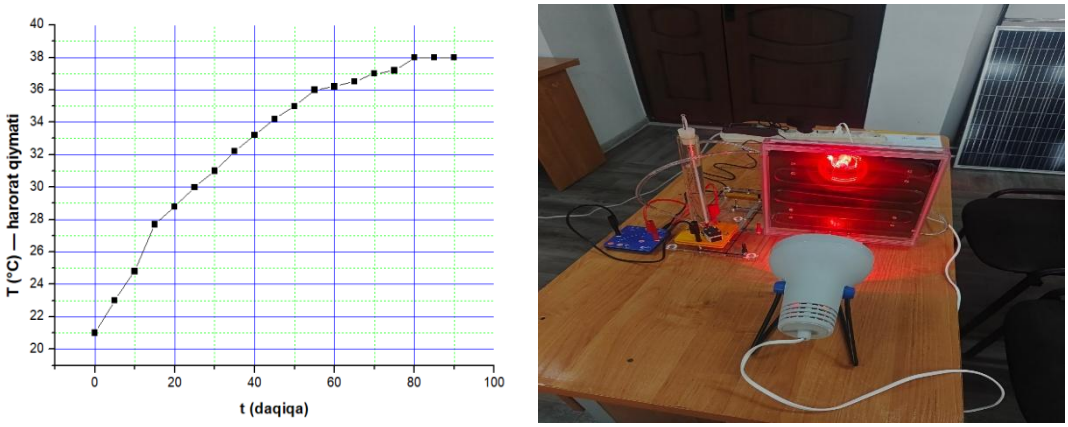
$$u_\eta = \sqrt{\left(\frac{\partial \eta}{\partial T_{\text{in}}} u_{T_{\text{in}}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial T_{\text{out}}} u_{T_{\text{out}}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial G} u_G\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial \dot{m}} u_{\dot{m}}\right)^2}.$$

Бу ерда u_T – ҳарорат сенсори ноаниқлиги, u_G – соляриметр ноаниқлиги, $u_{\dot{m}}$ – оқим сенсори хатолиги.



1-расм. ISO 9806 стандарти бўйича η–(Tₘ–Tₐ)/G қонунияти графиги.

1-расмдан кўриниб турибдики, $(T_m - T_a)/G$ ортиб бориши билан η аввал ўсади, кейин иссиқлик йўқотишлар кучайиши сабабли пасаяди. Бу теккис пластинали коллекторлар учун табиий тенденция бўлиб, тажриба натижалари ISO 9806 фит чизиғи билан мос келган ҳолда уларнинг иш самарадорлиги 0.0175 [K·m²/W] нуқтада энг юқори бўлишини тасдиқлайди.



2-расм. leXsolar-ThermalEnergy Professional мажмуаси бўйича ҳароратнинг вақт бўйича ўзгариш графиги

Графикдан кўриниб турибдики, тажриба давомида коллектор чиқиш ҳарорати T вқт билан барқарор усиб борган ва тахминан 90 дақиқада $38°C$ да стабил қийматга етган. Дастлабки дақиқаларда (0–30 дақ) иссиқлик йиғилиш жадалли бўлиб, транзиент режим кузатилган. 50–90 дақиқа оралиғида иссиклик йўқотиш баланси ва изоляция туфайли $\mathrm{d}T/\mathrm{d}t$ пастлаб, система термал мувозанат ҳолатига яқинлашган. Бу тенденция қуёш иссиқлик коллекторининг ISO 9806 меъёрларига мос равишда ишлаётганини тасдиқлайди.

Натижалар ва муҳокама

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, мазкур мажмуа ёрдамида қуёш иссиқлик коллекторининг ишлаш параметрларини аниқлаш ва таҳлил қилиш самарали амалга оширилади. Куннинг қуёшли соатларида (11:00–15:00) кириш ҳарорати T_{in} ўртача 25–30 °C, чиқиш ҳарорати T_{out} эса 45–60 °C оралиғида ўзгарди. Қуёш радиацияси G 450–850 Вт/м² оралиғида бўлиб, максимал қийматлар куннинг ўрта қисмида қайд этилди .

Коллекторнинг фойдали иссиқлик қуввати қуйидаги тенглама асосида аниқланди [13]:

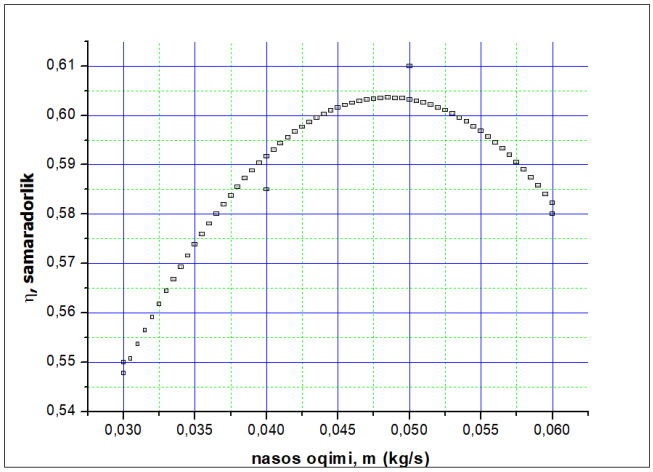
$$Q_{\text{useful}} = \dot{m}, c_p, (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}),$$

Коллектор самарадорлиги эса [14]:

$$\eta = \frac{Q_{\text{useful}}}{G \cdot A_c}.$$

Самарадорлик қийматлари 0,55–0,65 оралиғида бўлиб, кўп ҳолларда $\eta \approx 0.60$ атрофида қайд этилди. Бу натижа адабиётларда кўрсатилган ўқув-лаборатория теккис пластинали коллекторлари учун хос бўлган $\eta = 0.55 - 0.70$ диапазонига мос келади [15].

Насос оқими $\dot{m} = 0.03$ кг/с дан 0.06 кг/с гача ўзгартирилганда самарадорликнинг максимал қиймати тахминан $\dot{m} = 0.05$ кг/с да кузатилди, бу суюқликнинг туриб қолиш вақти ва иссиқлик ташиш имконияти мувозанатини кўрсатади.



3-расм. Насос оқими ва самарадорлик ўртасидаги η–ṁ қонуниятининг тажриба асосидаги график кўриниши

3-расмда насос орқали айланма ҳаракатдаги ишчи суюқлик оқими $\dot{m}$ билан коллекторнинг самарадорлиги η ўртасидаги боғлиқлик тасвирланган. Графикда кўк чизиқ - номинал тенденция, яъни назарий ва ўртача тажрибавий қийматлар бўйича трендни кўрсатади. Қизил доиралар - ўлчаш нуқталари, уларнинг атрофидаги вертикал ва горизонтал чизиқлар эса хатолик интерваллариниг $\pm 0{,}01, \eta$ ва $\pm 0{,}0005$ кг/с ни англатади.

Нуқталарда қўшимча кичик тасодифий ўлчаш хатоликлари ҳам инобатга олингани учун идеал чизиқдан озгина силжишлар мавжуд. Бу ҳолат тажрибавий

ўлчовлардаги реал инструментал ноаниқликни ифодалайди. Графикдан кўриниб турибдики, самарадорлик $\dot{m} = 0{,}05$ кг/с да энг юқори ($\eta = 0{,}61$) бўлиб, паст ёки юқори оқимларда η камаяди. Бу ISO 9806 стандартида тавсия этилган динамик шароитдаги ўзгаришлар билан мос келади.

$\Delta T = T_{\text{out}} - T_{\text{in}}$ ортиб бориши билан орқа изоляциядан ва қоплама орқали йўқотишлар кўпайди, натижада самарадорлик пасайди. Бу ISO 9806 да кўрсатилган динамик шароитдаги ўзгаришлар билан мос келади.

Хулоса

Ушбу тадқиқотда leXsolar-ThermalEnergy Professional мажмуаси ёрдамида теккис пластинали қуёш иссиқлик коллекторининг самарадорлиги Фарғона вилояти иқлими шароитида тажрибавий баҳоланди. ISO 9806 стандарти асосида ўтказилган таҳлил натижасида куннинг қуёшли соатларида η = 0,55–0,65 диапазонида, ўртача η ≈ 0,60 қиймати аниқланди. Оптимал термогидравлик ҳолат m ≈ 0,05 кг/с оқимда кузатилиб, ΔT ортиши билан иссиқлик йўқотишлар сабаб самарадорлик пасайиши қайд этилди. Натижалар халқаро адабиётлардаги лаборатория турдаги коллекторлар учун берилган η = 0,55–0,70 диапазонига тўлиқ мос келди. Шу тариқа, leXsolar-ThermalEnergy Professional мажмуаси қуёш иссиқлик тизимларини ISO 9806 талабларига мувофиқ тадқиқ этиш ва амалий ўқув жараёнларида самарали қўлланиш имкониятини тасдиқлади

Фойдаланилган адабиётлар

1. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes.* Wiley, 2020.
2. Kalogirou S.A. *Solar Energy Engineering: Processes and Systems.* Academic Press, 2020.
3. Belessiotis V., Kalogirou S., Delyannis E. “Solar thermal technologies for domestic hot water and industrial process heat.” *Progress in Energy and Combustion Science*, 48: 1–20 (2015).

4. Tian Y., Zhao C.Y. “A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications.” *Applied Energy*, 104, 538–553 (2013).
5. Zambolin E., Del Col D. “Experimental analysis of thermal performance of flat plate and evacuated tube solar collectors.” *Solar Energy*, 85(5), 1107–1124 (2011).
6. Tyagi V.V., Kaushik S.C., Tyagi S.K. “Advances in solar thermal energy storage: A review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 173–190 (2013).
7. ISO 9806:2017 — *Solar energy — Solar thermal collectors — Test methods.* Geneva: ISO.
8. Morrison G.L., Budihardjo I., Behnia M. “Water-in-glass evacuated tube solar water heaters.” *Solar Energy*, 76 (1–3), 135–140 (2004).
9. leXsolar GmbH. *ThermalEnergy Professional — Laboratory System for Solar Thermal Energy.* [Online]. Available: https://lexsolar.com
10. leXsolar GmbH. *Product Datasheet [1306].* [Online]. Available: https://www.flecnederland.nl/media/catalog/files/lexsolar/Product-datasheet_[1306]_[en].pdf
11. Belessiotis V. et al. “Solar thermal technologies for industrial process heat.” *Energy Procedia*, 91, 2–10 (2016).
12. Zambolin E. et al. “Experimental analysis of solar flat plate collectors.” *Solar Energy*, 89, 1107–1124 (2014).
13. Tian Y., Zhao C.Y. “Solar collector performance evaluation.” *Applied Energy*, 115, 541–553 (2013).
14. Tyagi V.V., Kaushik S.C., Tyagi S.K. “Thermal energy storage review.” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 19, 173–190 (2013).
15. ISO 9806:2017 — *Solar energy — Solar thermal collectors — Test methods.* Geneva: ISO.

5-SHO‘BA | SECTION №5

ZAMONAVIY FAN, TEXNIKA VA MUHANDISLIK YECHIMLARI;
MODERN SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENGINEERING SOLUTIONS.

- **Moderator: M.E. Madaliyev, O.M. Mamatov**
- **Moderators: M.E. Madaliyev, O.M. Mamatov**

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

[1]Хуснутдинов Азат Назипович, [2]Лазарев Павел Сергеевич

[1] khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru, [2]pavel.lazareb@mail.ru

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Аннотация. *Данная статья посвящена анализу применения технологий машинного обучения и интеллектуальных систем для решения прикладных задач в сфере электрического транспорта. Актуальность работы обусловлена активной цифровой трансформацией транспортной отрасли, которая, с одной стороны, открывает новые возможности, а с другой – выявляет системные проблемы на стыке дисциплин. В статье рассматривается применение интеллектуальных систем в решении задач транспортной отрасли. Определены проблемы и типы ошибок при разработке интеллектуальных транспортных систем. Приведены структура интеллектуальной информационной системы и примеры решаемых интеллектуальными системами задач. Особое внимание уделяется катастрофическому влиянию ошибок на этапе сбора и подготовки данных на итоговую эффективность всей системы. Работа подчеркивает, что успешная реализация проектов «умного» транспорта возможна только при условии тесной интеграции и взаимного обучения специалистов обоих профилей.*

Ключевые слова: *электрический транспорт, машинное обучение, интеллектуальные системы, архитектура программного обеспечения.*

В настоящее время цифровизация топливно-энергетического комплекса и транспортной отрасли во всем мире привела к активному и практически повсеместному внедрению цифровых технологий, и в большинстве развитых стран, в том числе и России, даже вошла в число отдельных приоритетных национальных программ.

Такая активная трансформация отраслей выявила новые проблемы, среди которых одними из основных стали проблемы непрерывного роста объемов

данных и необходимость новых подходов к их обработке и анализу. Существует большое количество публикаций, описывающих сами алгоритмы машинного обучения и принципы их работы, и даже конкретные их отраслевые применения, в том числе для задач электрического транспорта [1-5].

Сегодня машинное обучение общепризнанно является эффективным инструментом обработки данных, но вопрос его корректного применения именно разработчиками до сих пор является активно обсуждаемым. Сложность разработки интеллектуальных транспортных систем на системном уровне можно описать следующим образом: современные высококвалифицированные специалисты в области транспорта не обладают в полном объеме требуемыми компетенциями в области Data Science, а высококвалифицированные Data Science и IT-специалисты не представляют в полном объеме всей физики процессов электрического транспорта.

Отсюда появляются два типа глобальных ошибок: в первом случае – некорректная реализация математического аппарата и архитектуры программного обеспечения; во-втором случае – некорректное формирование базы знаний и некорректная интерпретация полученных результатов. Поэтому эффективная реализация таких проектов возможна только совместной командой Data Science и IT-специалистов и специалистов транспорта, каждый из которых дополнительно обладает хотя бы базовыми знаниями и в области Data Science. Пример интеллектуальной системы, выполняющей задачу интеллектуальной обработки данных показан на рисунке 1.

Рис. 1. Структура интеллектуальной информационной системы.

Ошибки на стадии сбора, анализа и подготовки данных, по мнению авторов [6], имеют одни из самых тяжелых последствий для работы системы, так как именно данные являются базой для интеллектуальных систем, и их неправильное понимание может привести к ошибкам при трансформации и интерпретации результатов. Отраслевые примеры решаемых интеллектуальными системами задач приведены на рисунке 2.

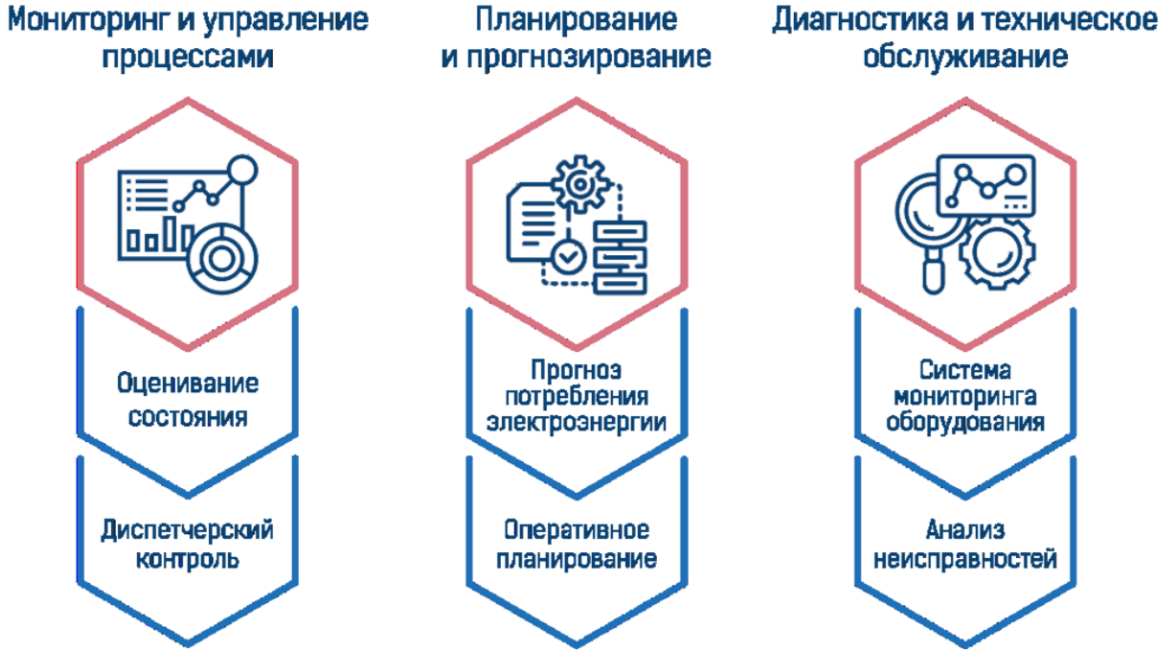


Рис. 2. Примеры решаемых интеллектуальными системами задач.

Если учесть, что преобразованные данные на одном этапе могут быть использованы как входные на другом, то становится понятно, что даже небольшая ошибка на раннем этапе может многократно усилиться и совершенно исказить результаты, привести или к результату с низкой точностью, или к совершенно некорректной интерпретации результата.

Проведенное исследование демонстрирует, что машинное обучение является не просто технологическим трендом, а ключевым инструментом для повышения эффективности, надежности и интеллектуализации электрического транспорта. Однако его внедрение сопряжено с фундаментальными трудностями системного и кадрового характера.

Основной вывод работы заключается в том, что главным барьером на пути создания эффективных интеллектуальных транспортных систем является не недостаток алгоритмов или вычислительных мощностей, а компетентностный разрыв между разработчиками IT-решений и отраслевыми специалистами. Этот разрыв порождает порочный круг ошибок: некорректно сформированные данные и неверно поставленные задачи на входе неизбежно приводят к бесполезным или опасным решениям на выходе.

Таким образом, стратегическим направлением для успешной цифровизации электротранспорта должна стать целенаправленная подготовка кросс-дисциплинарных команд. Специалисты будущего должны обладать гибридными знаниями, сочетая глубокое понимание физических основ работы электротранспорта с практическими навыками в области Data Science. Только такой интеграционный подход позволит корректно формулировать задачи, выстраивать адекватные архитектуры данных и, в конечном счете, создавать интеллектуальные системы, которые не просто обрабатывают информацию, но и дают содержательные, интерпретируемые и применимые на практике результаты для устойчивого развития транспортной отрасли.

Список литературы

14поисках смысла // Энергетическая политика. – 2018. – №. 5. – С. 7-16.

2. Лысенков А. С. Технологии машинного обучения и их применение в образовании // В сборнике: Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения сборник статей XVII Международной научнопрактической конференции. – 2020. – С. 58-60.

3. Борисенко Д.В., Присухина И.В., Лунёв С.А. Машинная классификация режима работы электрической рельсовой цепи на основе логистической регрессии //Омский научный вестник. – 2018. – №. 4 (160). – С. 67-72.

4. Zhang S., Liang T., Dinavahi V. Machine learning building blocks for realtime emulation of advanced transport power systems //IEEE Open Journal of Power Electronics. – 2020. – Т. 1. – p. 488-498.

5. Goebel D., Plötz P. Machine learning estimates of plug-in hybrid electric vehicle utility factors // Transportation research part D: Transport and environment. – 2019. – Т. 72. – p. 36-46.

6. Коршиков Д.Н. и др. Методы представления знаний для решения задач моделирования // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. – 2015. – №. 5. – С. 425-428.

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ И ИЗМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГИИ В ГИДРОСИСТЕМАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Абдуллаев Бахром Халилжонович.

Ферганский государственный технический университет (ФГТУ)

E-mail: baxrom-abdullaev@inbox.ru,

Аннотация: *В статье проанализированы гидравлические процессы в водосбросных сооружениях, изучено поведение потока воды в условиях изменения его энергии и расхода. В описанных моделях применены точные методы расчёта на основе различных допущений. Результаты расчётов сопоставлены с экспериментальными данными, при этом выявлены значительные расхождения. На основе этого определены чёткие границы*

применения существующих методов и возможности их практического использования.

Ключевые слова: *Гидравлика, коэффициент расхода, изменение энергии, бурный водный поток, экспериментальные данные, расчётная модель.*

Гидравлические условия работы водосброса воды с боковым трамплином имеют некоторое сходство с работой бокового водослива. Поэтому решением, имеющимся для этого типа водослива, используем к расчету указанного водосброса. Основное уравнение движения воды в пределах бокового водослива получено на основании теории гидравлики переменной массы в работах [4,6] и других авторов и имеет практически сходное выражение. Различия заключаются лишь во вводе в него соответствующих коэффициентов, учитывающих распределение скоростей в живых сечениях, и в методах приближенного интегрирования этого уравнения.

Анализ указанной зависимости и работа бокового водослива для случая бурного режима движения рассматривались в работах [1].

Большинство авторов при рассмотрении установившегося неравномерного движения жидкости в пределах бокового водослива (призматическое русло) приводят задачу к схеме одномерного плоского потока, решая методом конечных разностей дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{dh}{dx}=\frac{-k\dfrac{Q}{g\omega^2}\dfrac{dQ}{dx}+i-i_f}{1-\dfrac{Q^2}{g\omega^3}B} \qquad (1)$$

где h -глубина потока в канале на участке с боковым водосливом; x - продольная координата потока с началом, совпадающим с началом бокового водослива; $K=\left(2-\dfrac{\vartheta_a}{\vartheta}\right)$; ϑ_a - проекция вектора скорости переливающихся через боковой водослив (кромку слива) струй жидкости на направление движения основного потока; [2] ϑ — величина скорости воды в канале; i - уклон дна русла; i_f — величина уклона трения, принимаемая обычно равной

$i_f = \frac{Q^2}{B}$, B и ω - площадь поперечного сечения потока; $\frac{dQ}{dx} = q$ - величина удельного расхода вдоль бокового водослива, вычисляемая по формуле:

$$q = m\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}} \tag{2}$$

m - коэффициент расхода, зависящий от конструкции сливной стенки бокового водослива; H—напор над гребнем сливной стенки, через которую происходит перелив сбросного потока. При этом предполагается, что отметка свободной поверхности постоянна по всей ширине живого сечения, за исключением некоторого спада в непосредственной близости у сливной стенки. [3]

С целью использования уравнения (9) для приближенного гидравлического расчета бурного потока на ВБТ были приняты следующие основные допущения и значения постоянных величин, входящих в расчетные зависимости: а) ввиду относительно небольших значений угла схода струй вдоль кромки слива ВБТ (по опыту $\beta_{k-k} = 0^\circ - 25^\circ$ для $Fr_0 = 5 - 75$) было принято $\vartheta_a = \vartheta$ т. е. $K = 1{,}0$; б) величина m в формуле (10) для q принята равной $m = 0{,}385$ по данным Д. И. Кумина [9] (водослив без порога при отсутствии бокового сжатия); в) величина коэффициента шероховатости русла n = 0,01 (органическое стекло); г) величина гидравлического радиуса определялась как $R = \frac{\omega}{\chi}$, где ω - величина площади поперечного сечения потока, определяемая по формуле $\omega = B_0 h$, а χ - смоченный периметр сечения, определяемый по формуле $\chi = B_0 + h$; д) величина коэффициента Шези C определялась по формуле Маннинга $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$.

Расчеты проведены для двух отношений $\frac{B_0}{h_0} = 2{,}86$, $B_0 = 20см; h_0 = 7см$ и $\frac{B_0}{h_0} = 5$, $B_0 = 20см; h_0 = 4см$. Для каждого из указанных случаев выполнен ряд расчетов, отличающихся величиной начального расхода Q_0. Полученные

результаты представлены на рис.1. *а*- свободная поверхность по оси водосброса; б- удельные расходы $q_{k\text{-}k}$; [4]

в- поперечная скорость ϑ_{k-k} на кромке сливка. $A-\frac{B_0}{h_0}=2{,}86$;

$I-Q_0=26\frac{л}{сек}$; $II-Q_0=40\frac{л}{сек}$; $III-Q_0=55\frac{л}{сек}$; $IV-Q_0=70\frac{л}{сек}$. ; $V-Q_0=100\frac{л}{сек}$

; $Б-\frac{B_0}{h_0}=5{,}0$; - $I-Q_0=11{,}28\frac{л}{сек}$; $II-Q_0=17{,}4\frac{л}{сек}$; $III-Q_0=23{,}85\frac{л}{сек}$; $IV-Q_0=30{,}33\frac{л}{сек}$.

$V-Q_0=100\frac{л}{сек}$. 1-опыт; 2-расчет.

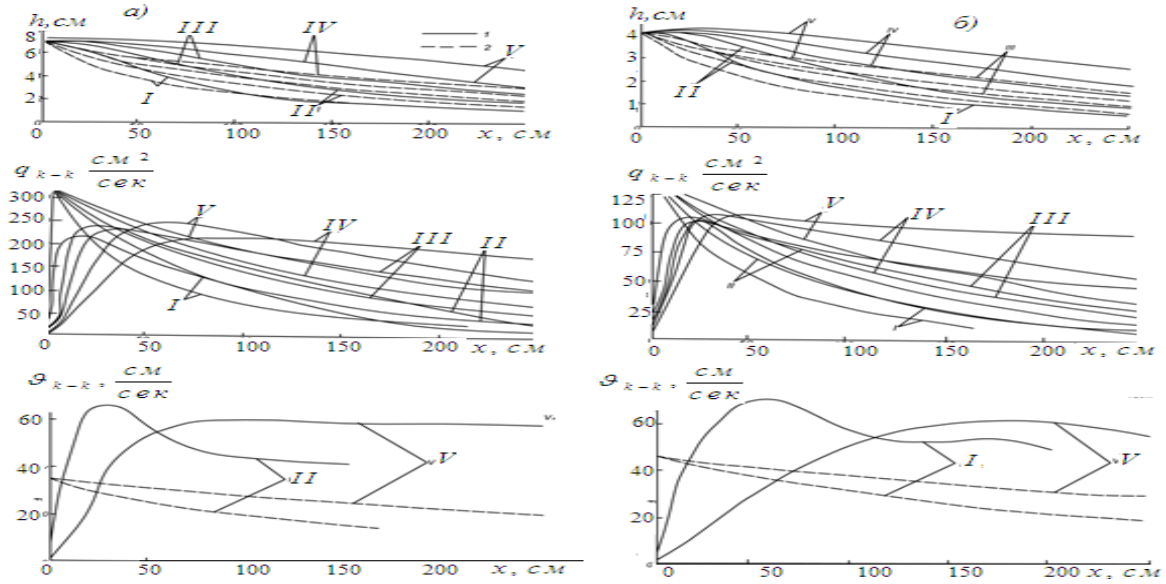


Рис.1. Сопоставление опытных данных с результатми расчетов.

Расчетные и экспериментальные данные о свободной поверхности потока на ВБТ, отнесенные к оси потока $c-c$, представлены на рис.1, а. Из рисунка следует, что общий характер расхождений для различных отношений $\frac{B_0}{h_0}$ примерно одинаков. Величины расхождений возрастают с увеличением $Fr=2{,}86$. Так, например, для $Fr=74{,}5$ они достигают 40%, а для $Fr=5{,}0$ - около 20—25%, т. е. даже при малых $Fr=2{,}86$ остаются достаточно большими.

На рис. 4,6 видно, что величины удельных расходов вдоль кромки слива также существенно расходятся с опытом. При этом резкие несовпадения можно

наблюдать не только на начальных участках, но и по всей длине сливной кромки. В некоторых случаях (при значительных величинах $\frac{B_0}{h}$ и Fr) эти расхождения превышают 50%. Величина поперечной составляющей скорости ϑ_{k-k} слива на кромке по рассматриваемому методу определена быть не может. В качестве грубого приближения указанная скорость была вычислена путем деления q_{k-k} на глубину воды H, принимаемую в расчетах постоянной по всей ширине поперечного сечения потока. [5] Результаты таких расчетов нанесены на графиках рис. 4, в, из которых следует, что вычисленные таким образом скорости получаются значительно преуменьшенными. Попытка вычислить ϑ_{k-k} по формуле $\vartheta_{k-k} = \sqrt{2gH}$, напротив, дает завышенные значения этой величины. $I, II, III, IV, V, q_{k-k}\frac{см^2}{сек}, \vartheta_{k-k}, \frac{см}{сек}, x, см$ Таким образом, в рассмотренном случае приведенные сопоставления опытных и расчетных данных свидетельствуют о значительных расхождениях полученных результатов.[6]

Выводы 1. Использование решений гидравлики открытых бурных плановых потоков (методы Н. Т. Мелещенко и Ф. И. Франкля) допустимо для весьма приближенных оценок гидравлических характеристик потока в пределах рассмотренной конструкции ВБТ.

2. Использование методов расчета боковых водосливов неприемлемо без дополнительных усовершенствований и разработок для практических рас» четов водосброса с боковым сливом и отбросом потока в нижний бьеф.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Факторов и ч М. Э. Водосброс с боковым сливом и отбросом потока в нижний бьеф. Известия ВНИИГ, т. 92, 1970.
2. Мелещекко Н. Т. Плановая задача гидравлики открытых водотоков. Известия ВНИИГ, т. 36, 1948.
3. Франкл ь Ф. И. Теоретический расчет неравномерного бурного течения на быстротоке. Труды физико-математического факультета Киргизского ун-та. Вып. 3. Фрунзе, 1955.

4. Ненько Я. Т.О движении жидкости с переменной вдоль потока; массой. Труды Харьковского гидрологического нн-та. Харьков, 1937.
5. Маккавеев В. С. и Коновалов И. М. Гидравлика. Речиздат.. 1940.
6. Киселев П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Госэнергоиздат, 1961.

OPTOELECTRONIC THREE-WAVE MOISTURE METER OF RAW COTTON

Kuldashov G‘olibjon Obbosjonovich
Nagangan state technical university
+998977 278 85 89, golibobbos@gmail.com
ORCID: 0009-0003-6606-9019

Abstract. *The article provides information on the development of a tricolor LED emitter of the middle infrared region of the spectrum, consisting of a measuring LED chip for fibers with a wavelength of 1.8 microns, a measuring LED chip for water with a wavelength of 1.94 microns and a reference LED chip with a wavelength of 2.2 microns, as well as an optoelectronic three-wave moisture meter raw cotton developed on the basis of this tricolor LED emitter.*

To improve the accuracy of measuring the moisture content of raw cotton, an optoelectronic three-wave moisture meter has been developed, the presence of three radiation channels allows not only simultaneously monitoring the optical absorption of water and the physicochemical properties of cotton fibers. The moisture meter consists of an exponential voltage shaper, three emitting diodes (emitting at reference, measuring wavelengths and at a wavelength lying in the absorption band of uninformative parameters), a controlled object, a photodetector and a photoelectric signal processing unit.

Characteristic features of the optoelectronic three-wave moisture meter are high selectivity, sensitivity, and measurement accuracy. In order to exclude the influence of temperature on the measurement result and, consequently, increase sensitivity, a three-wave structural diagram was used.

An automated system for monitoring and controlling the storage of raw cotton on bunts based on a three-wave moisture meter has been developed.

Key words: *cotton - raw material, humidity control, water absorption spectra, optoelectronics, LED, photodiode, moisture meter, sensitivity, accuracy, control, automation, mechatronics.*

I. Introduction

Currently, electromagnetic oscillations in the optical wavelength range are being intensively used in technology. The development of optoelectronics has led to remarkable changes in our daily lives [1]. Today, optoelectronic devices are widely used in many areas of human activity [2].

The development of optoelectronic devices is one of the most important tasks in instrumentation engineering. It enables the acquisition, transmission, and processing of information across all regions of the optical spectrum by converting optical signals into electrical ones. It also allows for the automation of control over various objects and technological processes. The rapid advancement of optoelectronic components and their latest achievements opens up vast opportunities for solving practical problems of significant economic importance.

Based on the photoelectric detection method, various optoelectronic non-destructive testing devices can be created. These typically consist of a light emitter and a photodetector arranged in a specific manner relative to the object under inspection [3]. The essence of converting a monitored parameter into a photoelectric signal lies in the fact that the object is illuminated by a radiation beam with a specific spectral composition. A portion of the radiation, after interacting with the object, is received and converted into a photoelectric signal.

A whole range of optoelectronic sensors has been developed based on spectrally matched LED-photodiode pairs: a paper moisture analyzer, carbon dioxide and methane detectors, a water content analyzer in oil, and a new type of hydrogen sensor based on the photoelectric registration method [4–7].

Optoelectronic devices do not generate electromagnetic interference and are not affected by such fields, which creates favorable conditions for the study and development of optoelectronic methods and devices [8].

Research Methodology

Among the parameters for monitoring and controlling technological processes, one of the most important is humidity [9]. For example, the moisture content of raw cotton is determined both before harvesting and during technological processing. During atomic polarization, the oxygen atoms that are part of water molecules perform complex movements, which result from the synthesis of three standard oscillations: totally symmetric angular, totally symmetric stretching, and asymmetric stretching vibrations. The absorption bands of these oscillations correspond to 2.74; 6.7; and 2.66 μm, respectively. The absorption coefficients at these wavelengths are quite high; however, due to the lack of stable light-emitting diodes and detectors in the mid-infrared (IR) range, these wavelengths are not used in the development of industrial devices. The mid-infrared range is of greatest interest. As shown in Table 1, the water absorption spectrum in the mid-IR region consists of higher harmonics and combination bands of the standard oscillations [10]. The most optimal wavelength for practical use is 1.94 μm. Since water absorption in this range is due to induced polarization accompanying atomic vibrations, this phenomenon is considered atomic polarization. When water is absorbed by a substance, it alters its spectrum. A comparison of the spectral characteristics of dry matter and the same substance with 9% H_2O moisture content shows that at the wavelength of 1.94 μm, water exhibits significant absorption [11].

Table-1

Absorption spectra of water

Wave length (μm)	Assignment	Absorption coefficient (%)
0,76	Higher harmonics	0.26
0,97	The same	0.46
1,19	Combination components	1.05

1,45 1,94	The same The same	26.0 100

Therefore, if the controlled object is exposed to infrared (IR) radiation with a specific wavelength and the power of the transmitted or reflected radiation flow is measured, it will vary depending on the humidity.

However, when measurements are taken at only one wavelength, errors may occur. The main sources of these errors, apart from humidity, include scattering of the radiation by the measured substance, its thickness, and so on. To eliminate these errors, an additional radiation flow with a reference wavelength that lies outside the absorption band of water is used.

The wavelengths of the measuring and reference beams can be optimally selected based on the spectrum of the measured substance, the humidity measurement range, and other requirements. When designing optoelectronic devices using semiconductor emitters, spectral characteristics are the basis for selecting the wavelengths of the measuring and reference radiation beams.

In addition to fluctuations in the LED’s radiation power, the sensitivity of the photodetector, and the quality of the fabric surface, the reflection coefficient of the reference wave can also be influenced by the physicochemical properties of the fibers. Changes in these properties can therefore introduce additional error into the humidity measurement results.

Three-color led emitter for humidity control

The key element of the three-color LED module is the LED heterostructures based on narrow-bandgap semiconductor materials of the A^3B^5 group. The emission wavelength of the LED is determined by the bandgap width, i.e., by the composition of the solid solution in the active region. For an LED with an emission peak at 1650 nm, a quaternary solid solution of AlGaAsSb with 3% aluminum content is used in the active region.

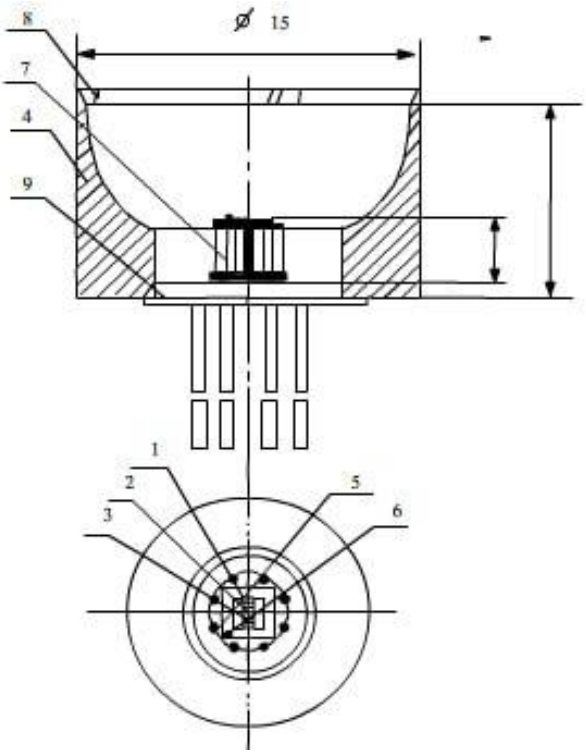


Figure 1. Three-color LED for humidity control.

For an LED with an emission peak at 1940 nm, a quaternary solid solution of GaInAsSb with 9% indium content is used in the active region. For an LED with an emission peak at 2200 nm, a quaternary solid solution of GaInAsSb with 19% indium content is used in the active region. In all cases, a wide-bandgap solid solution of AlGaAsSb with 64% aluminum content is used as an electron confinement layer. The structures are grown on GaSb substrates using Liquid Phase Epitaxy (LPE) or Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD) [12].

LED chips ranging in size from 0.3×0.3 mm to 1.0×1.0 mm are formed from heterostructures using photolithography. Then, the chip is mounted on a ceramic or silicon substrate with dimensions ranging from 0.8×0.8 mm to 2.0×2.0 mm. A three-color LED for monitoring the moisture content of raw cotton is shown in Fig. 1."

The tricolor LED includes:

1. Measuring LED chip for fiber – LED 16
2. Measuring LED chip for water – LED 19
3. Reference LED chip – LED 22

4. Parabolic reflector
5. Ceramic substrates
6. Temperature sensor
7. Thermoelectric cooler (Peltier element)
8. Quartz glass
9. TO-39 package

The module is mounted in a standard TO-39 package with leads (9). The built-in thermoelectric cooler (Peltier element) with a size of 3×3 mm (7) ensures a temperature difference between the hot and cold ends of at least 60 degrees without load. A temperature sensor (6) is glued to the cold side of the thermoelectric cooler.

Three pre-mounted LED chips on substrates, emitting at wavelengths of 1650 nm (LED 16), 1940 nm (LED 19), and 2200 nm (LED 22) (1, 2, and 3), are attached to the open surface of the cold end of the thermoelectric cooler. The anodes and cathodes of the LEDs are connected by gold wires to four external terminals (pins 1–3, 6) of the TO-39 package (see Fig. 1). The terminals of the thermoelectric cooler and the temperature sensor are connected to external terminals 4, 5, 7, and 8 of the TO-39 package. A parabolic reflector with a 15 mm diameter window is welded to the housing to narrow the radiation pattern. Figure 2 shows the spectral characteristics of the tricolor LED emitter and the photodetector.

This tricolor LED emitter with a built-in thermoelectric cooler, designed for the mid-infrared (mid-IR) spectral range, is characterized by its compactness and structural integration.

The housing contains three different LED emitters (two measurement channels and one reference), a thermoelectric cooler, and a thermistor. The small distance between the chips ensures identical operating conditions for the three channels, which is a significant advantage of this design compared to conventional three-channel configurations. The LED lifespan of 80,000 to 100,000 hours significantly exceeds that of other types of IR radiation sources.

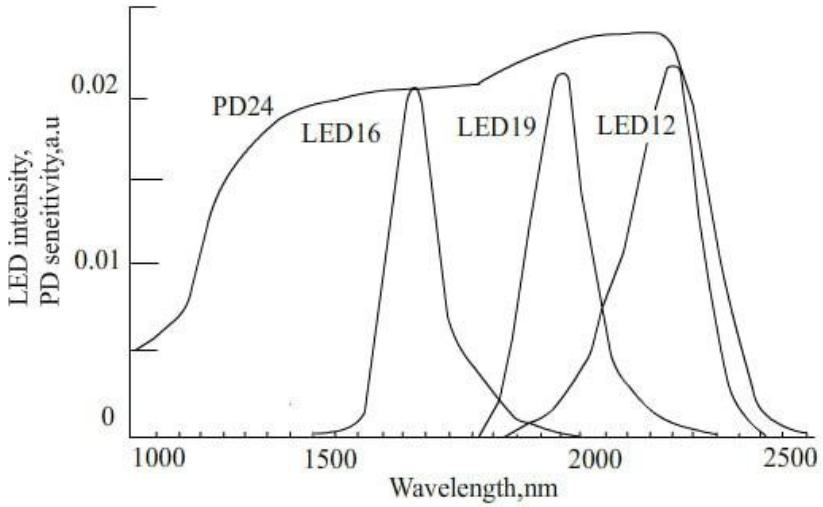


Fig. 2. Spectral characteristics of the three-color LED emitter (LED 16, LED 19, LED 12) and the photodetector (PD 12) for humidity control.

The well-known process of slow power degradation in semiconductor LEDs occurs equally in three identical chip structures, ensuring the stability of the differential signal over a period of 8–10 years. The design allows for selecting a common temperature for the three emitters within the range of -10 to +20°C and maintaining it consistently with minimal power consumption. The small size and high efficiency of the thermoelectric cooler make it possible to maintain a temperature close to room level at a constant current of about 10 mA.

II. Resuts

Optoelectronic Three-Wavelength Moisture Meter

Based on the photoelectric registration method, various optoelectronic non-destructive testing devices can be developed, consisting of an emitter and a photodetector arranged in a specific way relative to the object under inspection.

Single-wavelength optoelectronic devices are used to determine the qualitative and quantitative parameters of solid substances and materials (such as density or mass) or to analyze the optical properties of liquids and gases. They usually consist of one LED and one photodiode. The LED emits at a specific wavelength corresponding to the absorption band of the studied substance. The photodiode, with a corresponding spectral sensitivity, detects the radiation and generates an output electrical signal. The design of a single-wavelength optoelectronic device is simple, but it has several

drawbacks, the main one being the dependence of the measurement result on the properties of the material under inspection.

Two-wavelength optoelectronic devices help eliminate factors such as the influence of non-informative parameters of the object. If the monitored medium is multicomponent (e.g., when measuring the moisture of raw cotton), an additional reference wavelength is introduced to eliminate the influence of different components of the medium [13].

To improve the accuracy of raw cotton moisture measurement, we have developed an optoelectronic three-wavelength moisture meter. The presence of three radiation channels allows not only for the simultaneous monitoring of the optical absorption of water but also for the physicochemical properties of cotton fibers.

A tricolor LED module with a built-in thermoelectric cooler for the mid-IR range meets the requirements of portable optical analysis.

Let us consider the three-wavelength scheme. If the object under inspection is irradiated with IR radiation F_0 at the reference $F_{0\lambda1}$ nd measuring $F_{0\lambda2}$ frequencies, then the radiation passing through the object will be, respectively:

$$F_{\lambda1} = F_{0\lambda1}\, exp(-k_1 m_1)$$

$$F_{\lambda2} = F_{0\lambda2}\, exp(-k_1 m_1 - k_2 m_2),$$

$$F_{\lambda3} = F_{0\lambda3}\, exp(-k_1 m_1 - k_2 m_3),$$

where $\mathbf{k_1, k_2, k_3}$ are the absorption coefficients at the reference and measurement wavelengths; $\mathbf{m_1, m_2, m_3}$ are the masses of the section of the controlled object and the moisture, respectively; $\mathbf{F_0\lambda_1}$ is the radiation flux at the reference wavelength, and $\mathbf{F_0\lambda_2}$, $\mathbf{F_0\lambda_3}$ are the radiation fluxes at the measurement wavelengths incident on the controlled object; $\mathbf{F\lambda_1}$ is the radiation flux at the reference wavelength, and $\mathbf{F\lambda_2}$, $\mathbf{F\lambda_3}$ are the radiation fluxes at the measurement wavelengths that have passed through the controlled object.

After initially aligning the flux values according to the photodetector's response, and taking into account the photocurrent value, we obtain:

$$I_{F1} = CU^{\gamma}[F_{0\lambda1}\, exp(-k_1 m_1)]^{\alpha};\ I_{F2} = CU^{\gamma}[F_{0\lambda2}\, exp(-k_1 m_1 - k_2 m_2)]^{\alpha},$$

$$I_{F3} = CU^{\gamma}[F_{0\lambda 3}\, exp(-k_1 m_1 - k_3 m_3)]^{\alpha},$$

where γ and α are nonlinearity indices; C is a constant coefficient; U is the supply voltage since a single photodetector powered by a single power source is used, we have

$$U_1 = A[F_{0\lambda 1}\, exp(-k_1 m_1)]^{\alpha};\ U_2 = A[F_{0\lambda 2}\, exp(-k_1 m_1 - k_2 m_2)]^{\alpha},$$

$$U_3 = A[F_{0\lambda 3}\, exp(-k_1 m_1 - k_3 m_3)]^{\alpha},$$

Where: $A = CU^{\gamma}R_h$; R_h — load resistor resistance.

To obtain a signal proportional to humidity, it is necessary to perform a division operation and take the logarithm. In this case:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{[F_{0\lambda 2}\, exp(-k_1 m_1 - k_2 m_2)]^{\alpha}}{[F_{0\lambda 1}\, exp(-k_1 m_1)]^{\alpha}}$$

To obtain a signal proportional to the cotton fiber, it is necessary to perform a division operation and apply logarithmation.

$$\frac{U_3}{U_1} = \frac{[F_{0\lambda 3}\, exp(-k_1 m_1 - k_3 m_3)]^{\alpha}}{[F_{0\lambda 1}\, exp(-k_1 m_1)]^{\alpha}}$$

Figure 3 shows the block diagram of a three-wavelength moisture meter with two measurement channels. The moisture meter consists of an exponential voltage generator, three emitting diodes (emitting at the reference wavelength, the measurement wavelength, and a wavelength located in the absorption band of non-informative parameters), the monitored object, a photodetector, and a photoelectric signal processing unit. The use of a functional sweep in this case makes it possible to improve the accuracy and simplify the circuit of the moisture meter. Both reference signals are generated according to a decaying exponential law.

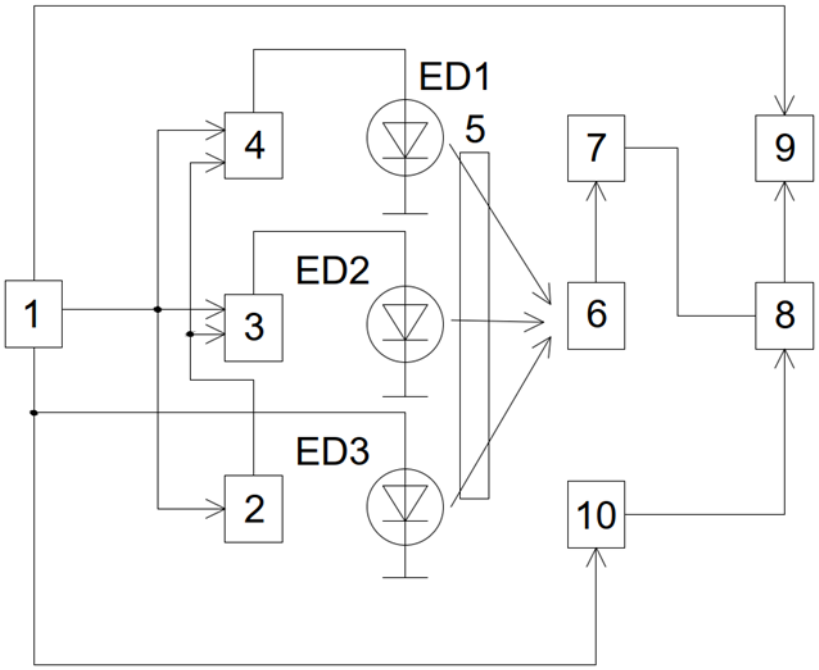


Fig. 3. Block diagram of the optoelectronic three-wavelength moisture meter.

The optoelectronic three-wavelength moisture meter includes the following components: 1 - pulse generator; 2 - frequency divider; 3, 4 - exponential modulators, respectively; 5 - controlled object; 6 - photodetector; 7, 10 - differentiating devices; 8 - coincidence circuit; 9 - pulse counter.

The moisture meter operates as follows.

The controlled material or product is irradiated by three light beams from LEDs: one at the measuring wavelength $\lambda_1 = 1.94$ μm, and two at reference wavelengths $\lambda_2 = 1.6$ μm and $\lambda_3 = 2.2$ μm, respectively. The pulse generator (1) produces rectangular pulses. These pulses are fed to the inputs of the exponential modulators (3, 4) and to the input of the frequency divider (2), which synchronizes the start of exponential pulse formation and the filling pulses from the pulse generator. The formed current pulses pass through the LEDs and generate light beams at the three wavelengths. These beams interact with the controlled object and are then received by the photodetector (6). The signals from the output of the photodetector (6) are sent to the input of the first differentiating device (7). The differentiated signal from the output of the first differentiating device (7) is sent to one input of the coincidence circuit (8). The signal from the output of the second differentiating device (10) is sent to the other input of

the coincidence circuit (8). At the output of the coincidence circuit (8), pulses appear from the beginning of the exponential signal until the phase shift of the photoelectric signal. The signal from the coincidence circuit is then fed to the pulse counter (9), and the readings of the counter determine the moisture content of the controlled object.

Thus, the obtained research results demonstrate the possibility of developing and constructing an optoelectronic three-wavelength moisture meter with enhanced sensitivity in any predefined narrow measurement range.

Automated control and management system for storing raw cotton in bales

An automated control and management system for storing raw cotton in bales has been developed, which integrates the following components into a single control unit: an optoelectronic three-wave raw cotton moisture meter. Figure 4 shows the block diagram of the automated control and management system for storing raw cotton in bales. The system consists of four moisture meters (1) connected into a unified control block, which are sequentially connected through a switch (2) to an optical emitter (3). This emitter is connected via a fiber-optic communication line (4) to a photodetector (5), which is in turn connected to a recorder (6) and a controller (7). One output of the controller is connected to a computer (8), and the other to a relay board (9), which includes four ventilation units (10) that function to extract hot air from the tunnels.

The automated control and management system for storing raw cotton in bales operates as follows: the moisture meters (1) monitor the moisture level inside the bales and transmit these signals through the switch (2) to the optical emitter (3), which converts the electrical signal from the moisture meters into optical radiation. This optical signal is transmitted through the fiber-optic communication line (4) to the photodetector (5), which converts it back into an electrical signal and sends it to the recorder (6), which then passes the signal to the controller (7). The controller (PLC110 logic controller by the Russian company "OVEN") operates based on the modern programming language "CodeSYS", and is managed by the computer (8). Signals are automatically sent through the relay board (9) to activate the ventilation units (10).

To prevent overheating of the cotton in the bales, a mechatronic device has been proposed. This device covers the rear part of the tunnel with a height of 2 meters and a

width of 1 meter, as well as the sides of a metal pipe with a diameter of 273 mm, which is part of the hot air suction unit installed in the tunnels (Figure 5).

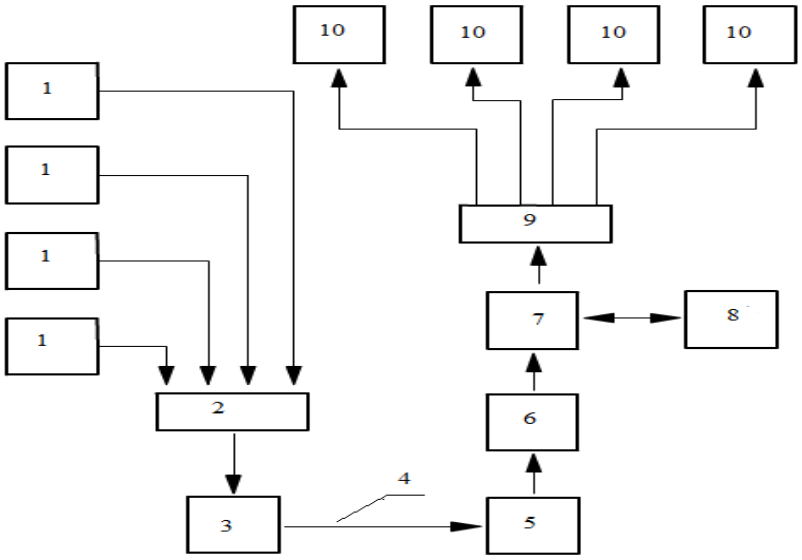


Fig. 4. Automated system for monitoring and controlling the storage of raw cotton in bales

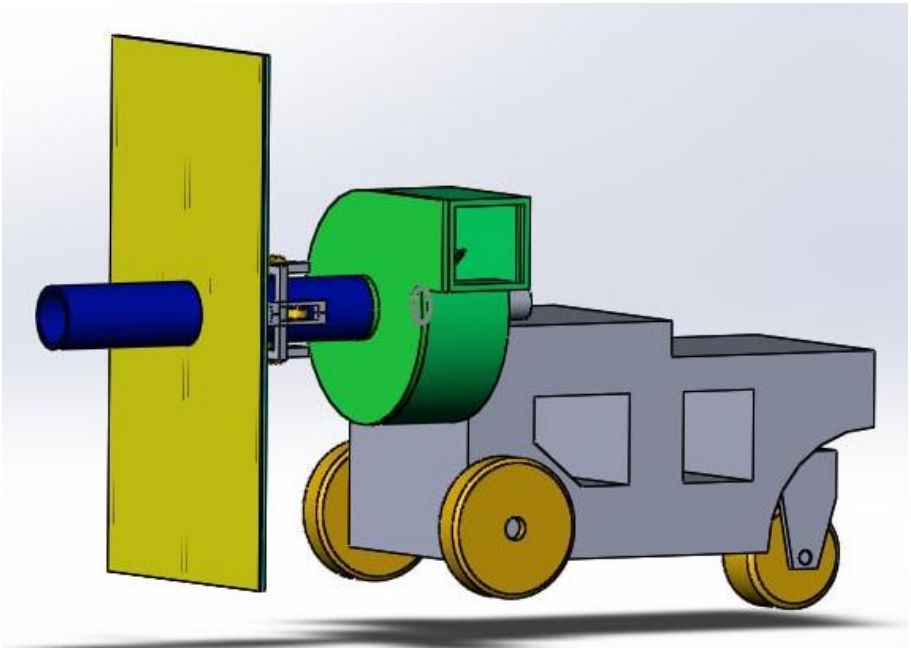
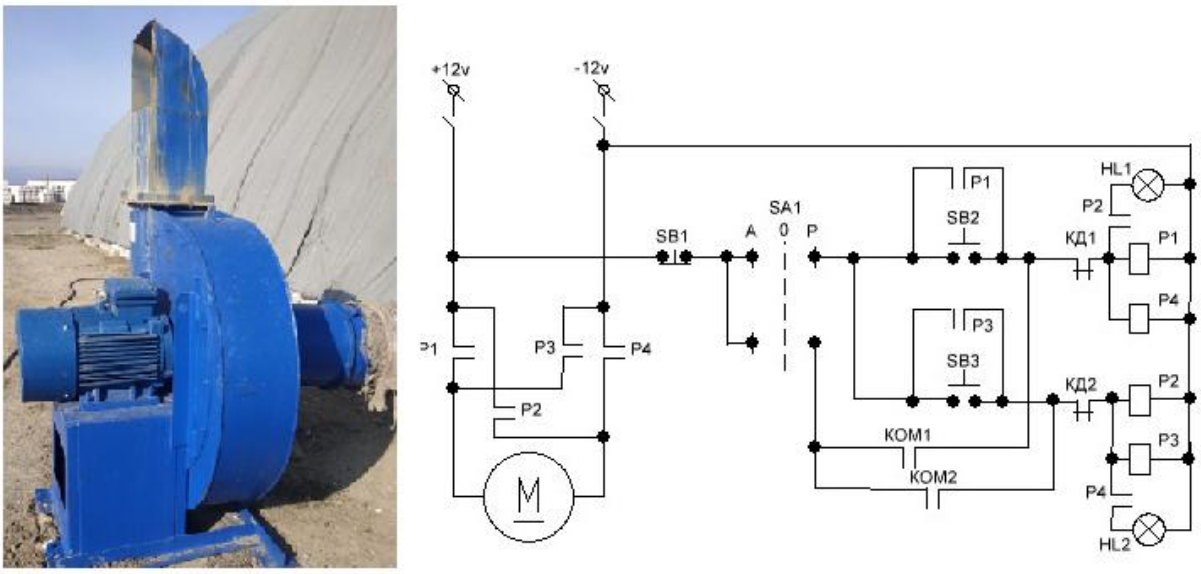


Fig. 5. Mechatronic device for automatic opening and closing of the cotton module tunnel.



a) b)

Fig. 6 a shows the BL-UVP10M ventilation device (a) and the automatic control diagram (b).

Fig. 6.b Ventilation device BL-UVP10M (a) and automatic control diagram (b)

Thus, it is possible to extract hot air from the tunnels over a specified period of time (6–8 hours) based on the set times (evening and morning) using the BL-UVP10M ventilation unit.

III. Conclusion

A three-color LED operating in the mid-infrared spectral range has been developed. It consists of a measuring LED chip for fibers with a wavelength of 1.8 µm, a measuring LED chip for water with a wavelength of 1.94 µm, and a reference LED chip with a wavelength of 2.2 µm. The LED design allows for setting a common temperature for the three emitters in the range of -10 to +20°C and maintaining it consistently with minimal electrical power consumption.

To improve the accuracy of raw cotton moisture measurement, an optoelectronic three-wavelength moisture meter has been developed. The presence of three emission channels enables simultaneous monitoring of both the optical absorption of water and the physical-chemical properties of cotton fibers. The moisture meter consists of an exponential voltage generator, three emitting diodes (emitting at reference, measuring

wavelengths, and at a wavelength falling within the absorption band of non-informative parameters), the controlled object, a photodetector, and a photoelectric signal processing unit.

The key features of the optoelectronic three-wavelength moisture meter are high selectivity, sensitivity, and measurement accuracy. To eliminate the influence of temperature on the measurement result and thus increase sensitivity, a three-wavelength structural scheme was used.

REFERENCES:

1. Martín, F.F.; Llopis, M.V.; Rodríguez, J.C.C.; Martínez, A.L.; Cabezuelo, A.S.; Fernández-Arguelles, M.T.; Costa-Fernández, J.M. Optoelectronic Instrumentation and Measurement Strategies for Optical Chemical (Bio)Sensing. Appl. Sci. 2021, 11, 7849. https://doi.org/10.3390/app11177849.

2. Mustafi, S., and Latychevskaia, T. Fourier transform holography: a lensless imaging technique, its principles and applications. Photonics. 2023. 10 (2), 153. doi:10.3390/photonics10020153.

3. Andrzej L. "Optoelectronic sensor system for recognition of objects and incidents. Proceedings Volume 11442. Radioelectronic Systems Conference 2019. 114420O (2020) https://doi.org/10.1117/12.2565165.

4. X. Sun, T. Wang, D. Cai, Z. Hu, H. Liao, L. Zhi, H. Wei, Z. Zhang, Y. Qiu, J. Wang and A.

Wang, Cytokine storm intervention in the early stages of COVID-19 pneumonia, Cytokine

Growth Factor Rev. 53 (2020) 38–42.

5. Kuldashov O. Kh, Ergashev Sh., Kochkorova G., Tishabayeva G., Teshaboyev M., and Tashlanova N.. Stand-alone solar optic device based on aps-photodeciver. E3S Web of Conferences 508. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450801010.

6. Lam J. H., Tu K. J., Kim S., "Narrowband diffuse reflectance spectroscopy in the 900–1000 nm wavelength region to quantify water and lipid content of turbid media," Biomed. Opt. Express 12(6), 3091 (2021). 10.1364/BOE.425451.

7. Lee YT, Vardi A, Tordjman M. A hybrid self-aligned MIS-MESFET architecture for improved diamond-based transistors. Appl Phys Lett (2020) 117:202101. doi:10.1063/5.0023662.

8. Chen CK, Tang BJ, Xu H, Pan JP, Jiang MY, Li X, et al. Low-defect nanodiamonds and graphene nanoribbons enhanced electron field emission properties in ultra nanocrystalline diamond films. ACS Appl Electron Mater (2021) 3:1648–55. doi:10.1021/acsaelm.0c01111.

9. Huang L, Harajiri S, Wang SQ, Wu XQ, Teii K. Enhanced field emission from ultra nanocrystalline diamond-decorated carbon nanowalls prepared by a self-assembly seeding technique. ACS Appl Mater Inter (2022) 14:4389–98. doi:10.1021/acsami.1c17279.

10. R. Qi, C. Dong, L.-Z. Zhang A review of liquid desiccant air dehumidification: from system to material manipulations, (in english). Energ. Build., 215 (2020), Article 109897, 10.1016/j.enbuild.2020.109897.

11.S.N. Mikhailenko et al.The far-infrared spectrum of 18O enriched water vapour (40 –700 cm−1). Quant Spectrosc Radiat Transf (2020).

12. Weisbuch, C. Review—On The Search for Efficient Solid State Light Emitters: Past, Present, Future. ECS J. Solid State Sci. Technol. 2020, 9, 016022.

13. Shuai Liu, Honggao Li, Jieqing Li, Yuanzhong Wang Accreditations of the optimal origins of Boletus bainiugan using Fourier transform near-infrared spectroscopy in combination with environmental variables and heavy metal element determinations. Infrared Physics & Technology. Volume 145, March 2025, 105690.

SOVUTISH MASHINASINING TERMODINAMIK SIKLLARINI TAHLIL QILISH

J.T.Orzimatov, D.M.davronova
Farg‘ona davlat texnika universiteti
jaxongirorzimatovfarpi@gmail.com
dvrndrdn@gmail.com

Annotasiya: *Sovutish mashinalarining termodinamik jarayoni termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko‘ra, uzluksiz sun’iy sovutish (sovutish mashinalari yordamida) energiya sarfisiz sodir bo‘lmaydi. Ushbu jarayonda yuzaga keladigan jarayonlar to‘plami teskari aylanma jarayon yoki teskari termodinamik sikl deb ataladi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri termodinamik siklda issiqlik issiq manbadan sovuq manbaga o‘tadi va ish bajariladi. Teskari aylanishda issiqlik sovuq manbadan yuqori haroratli manbaga o‘tadi va ish sarflanadi.*

Kalit so‘zlar: *sovutish mashinasi, issiqlik nasosi, kompressor, termodinamikaning 2-qonuni, uzluksiz sikl, teskari aylanish, nasos, manba va sarf.*

Аннотация: *Термодинамический процесс холодильных машин Согласно второму закону термодинамики, непрерывное искусственное охлаждение (с помощью холодильных машин) не происходит без затрат энергии. Совокупность процессов, происходящих в этом процессе, называется обратным круговым процессом или обратным термодинамическим циклом. В прямом термодинамическом цикле тепло передаётся от горячего источника к холодному, и совершается работа. При обратном цикле тепло передается от холодного источника к источнику с более высокой температурой, и затрачивается работа.*

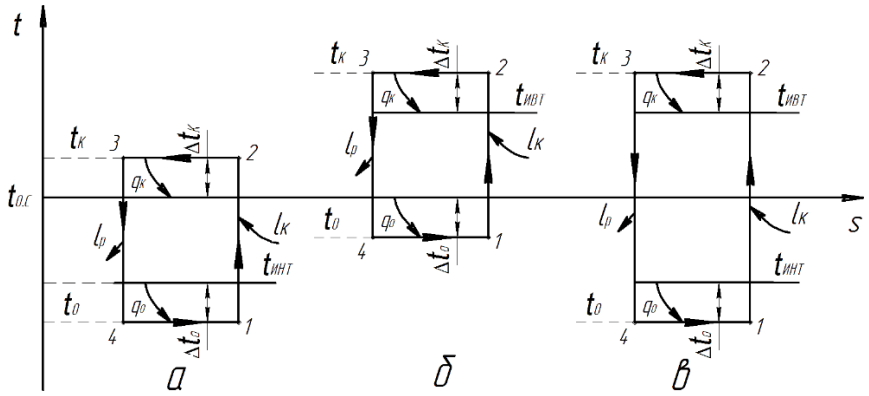
Ключевые слова: *холодильная машина, тепловой насос, компрессор, второй закон термодинамики, непрерывный цикл, обратный цикл, насос, источник и расход.*

Abstract: *Thermodynamic process of refrigeration machines According to the second law of thermodynamics, continuous artificial cooling (using refrigeration*

machines) does not occur without energy consumption. The set of processes occurring in this process is called a reverse cyclical process or reverse thermodynamic cycle. In a direct thermodynamic cycle, heat is transferred from a hot source to a cold source, and work is done. In reverse rotation, heat is transferred from a cold source to a high-temperature source, and work is expended.

Keywords: *refrigeration machine, heat pump, compressor, second law of thermodynamics, continuous cycle, reverse rotation, pump, source and flow rate.*

Termodinamik jihatdan eng mukammal jarayon - bu Karno sikli (uni birinchi marta tasvirlab bergan fransuz olimi va muhandisi Sadi Karno nomi bilan atalgan). Karno teskari sikli - bu ikkita adiabatik va ikkita izotermik jarayondan iborat aylanma jarayon (soat miliga teskari yo‘nalishda). Nazariy va minimal harakat bilan amalga oshiriladi, issiqlik manbalari orasidagi farq yesa cheksiz kichikdir. Sovutgich mashinalarida ishlaydigan modda (sovutgich) mexanik yoki boshqa energiya tufayli teskari siklni amalga oshiradi. Teskari sikllarning uchta turi mavjud bo‘lib, ular quyidagilardan iborat: sovutish, issiqlik nasosi va kombinatsiyalangan tizim. (1-rasm) [1,2,3]



1-rasm. t – s diagrammasidagi teskari sikllar. Bu yerda: a – sovutish; b – issiqlik nasosi; v –birlashtirilgan.

Metodologiya

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko‘ra, sikl davomida past haroratli manbadan olinganidan issiqlik atrof-muhitga ko‘ra ko‘proq uzatiladi

$$l_s = q_k - q_0, kJ/kg \qquad (1)$$

Teskari siklni amalga oshirish uchun sarflanishi kerak bo‘lgan ish

quyidagilarga teng

$$l_s = l_k - l_p \quad kJ/kg \tag{2}$$

Nazariy sovutish siklining termodinamik samaradorligi sovutish koyeffisiyenti bilan tavsiflanadi

$$e^t = \frac{q_0}{l_c} \tag{3}$$

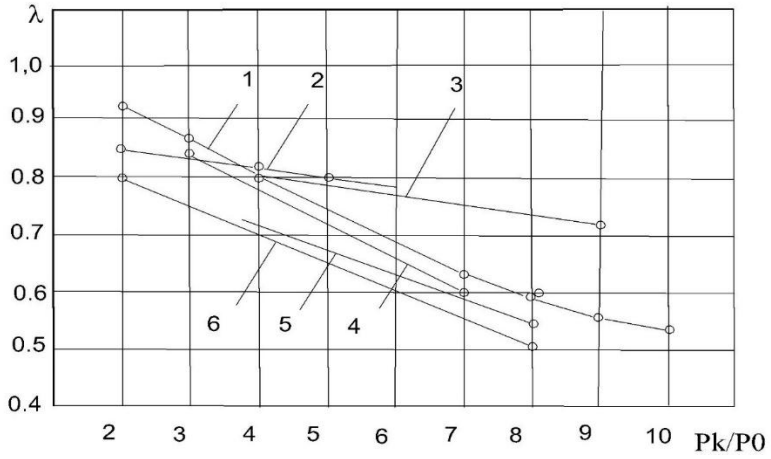
Issiqlik nasosining nazariy siklining termodinamik samaradorligi isitish koeffisiyenti μ bilan belgilanadi.

$$\mu^t = \frac{q_k}{l_c}, \tag{4}$$

Uskunaning sovutish quvvatini quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin

$$Q_0 = V_h \cdot \lambda \cdot q_v, \quad \text{Vt} \tag{5}$$

bu yerda: V_h - bu kompressor porsheni tomonidan tasvirlangan hajm (V_h= 4,3 10^{-4} m^3/s),



2-rasm.

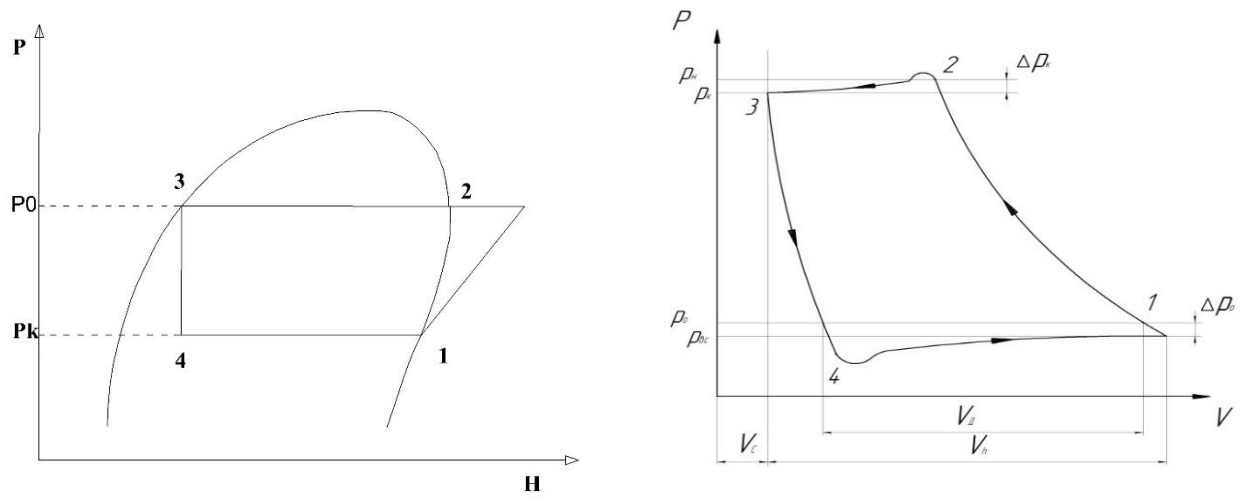
q_v – solishtirma xajmiy sovutish quvvati

$$q_v = \frac{q_0}{v_1}, \; kJ/m^3 \tag{6}$$

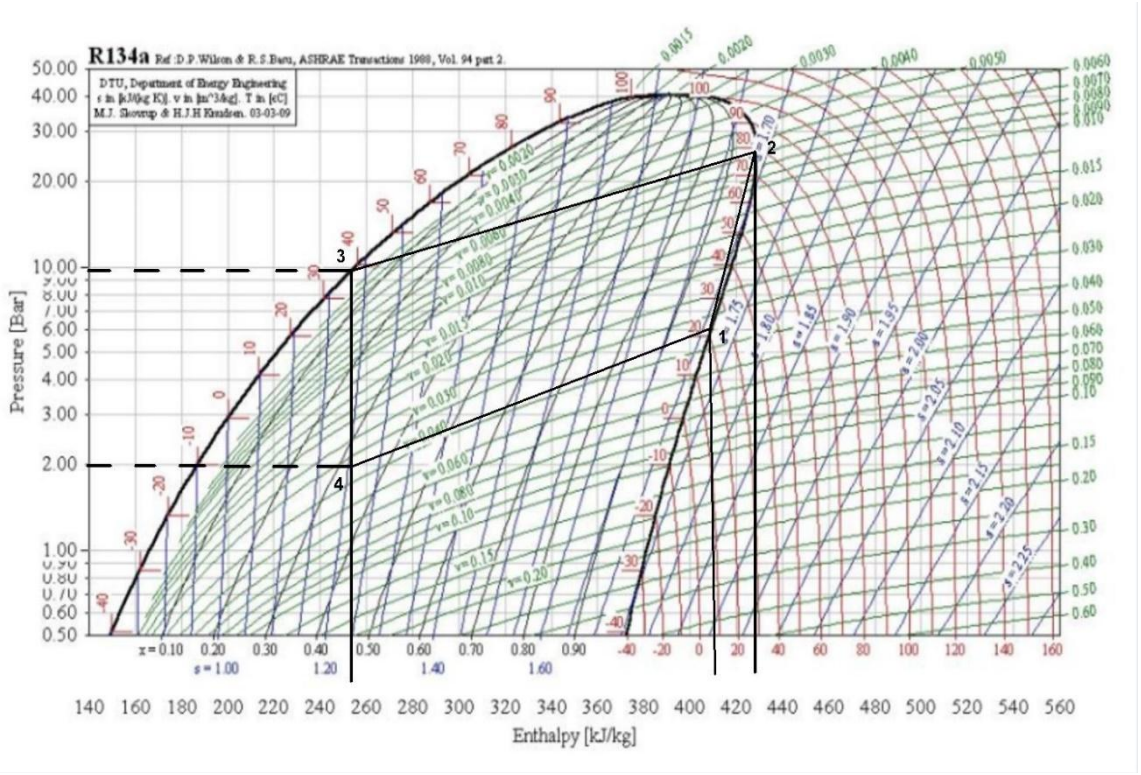
v_1 - kompressorga so‘rilgan bug‘larning solishtirma hajmi, m^3/ kg,

λ - kompressorni yetkazib berish koeffisiyentini bir xil turdagi kompressor uchun quyidagi grafikdan aniqlash mumkin.(2-rasm)[4]

Kompressorning yetkazib berish koeffisenti λ ning $\frac{p_k}{p_0}$ ga bog‘liq grafigi.



3-rasm. Kompressor PH diogramma tizimi.



4-rasm. Ph diagrammasi R-134.

Tadqiqot natijalari

Issiqlik nasosi funksiyasi bilan ishlaydigan Chiller-fankoylni o‘rganish uchun laboratoriya qurilmasidan olingan natijalarni 1-jadvalga yozamiz. U yerdagi aniqlanuvchi qiymatlarni yuqorida keltirilgan formulalar va 4-rasmdagi grafik orali aniqlaymiz.

Bunda: $i_3=i_4=260\ kJ/kg$; $i_1=410\ kJ/kg$; $i_2=430\ kJ/kg$;

v_1=1 m^3/kg; λ=0.020. (Ushbu qiymatlar 4 – rasmdan olingan)

$$l_s = i_2 - i_1 = 430 - 410 = 20\ kJ/kg;$$

$$q_0 = i_1 - i_3 = 410 - 250 = 160\ kJ/kg;$$

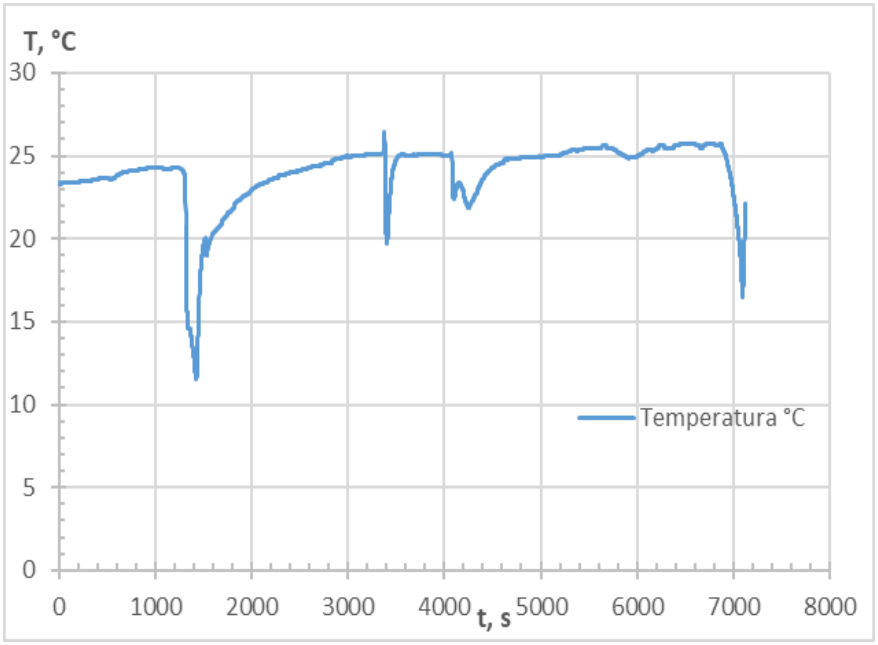
$$\varepsilon^T = \frac{q_0}{l_s} = \frac{160}{20} = 8;$$

$$q_v = \frac{q_0}{v_1} = \frac{160}{1} = 160\ kJ/m^3;$$

$$Q_0 = V_h \cdot \lambda \cdot q_v = 4.3 \cdot 10^{-4} \cdot 0.020 \cdot 160 = 13.76 \cdot 10^{-4}\ Vt;$$

1-jadval

T/r	O‘lchangan qiymatlar				Aniqlangan qiymatlar					
	P_0, bar	P_k, bar	t_0, °C	t_k, °C	q_0, kJ/kg	L, kJ/kg	ε^T,	v_1, m^3/kg	q_v, kJ/m^3	Q_0, Vt
	9.8	2	20.7	79.1	160	20	8	1	160	$13.76*10^{-4}$



5-rasm. Temperaturaning vaqtga bog'liq grafigi

Xulosa

Nazariy jihatdan, ushbu ish tartibi eng foydali hisoblanadi, chunki u teskari

Karno tsikliga yaqinlashadigan tsiklga imkon beradi. Biroq, haqiqiy sovutish moslamalarida suyuqlik tomchilari kompressor nam holatda ishlayotganda “o‘lik bo‘shlig‘ida” (mertvoye prostranstvo) qoladi. Porshenning teskari harakati paytida bu suyuq tomchilar bug‘lanadi, natijada bug‘ silindr hajmining ma’lum qismini egallaydi va shunga mos ravishda yangi so‘rilgan bug‘ miqdori kamayadi. Natijada, uzatish koeffitsienti pasayadi, kompressorni yuritish uchun zarur bo‘lgan haqiqiy ish kuchayadi va sovutish koeffitsienti mos ravishda kamayadi. Bundan tashqari, agar suyuq sovutgich kompressor silindrlariga sezilarli darajada ko‘p kirsa, bu gidravlik zarbaga olib kelishi mumkin, chunki suyuqlik siqilmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dossat, R. J. (1961). Principles of refrigeration. Henry Nasution, K. S. (2014). Eksperimental study of air conditioning control system for builiding energy saving. Energy Procedia, 63–66. https://doi.org/doi:10.1016/j.egypro.2014.11.907

2. M. J. Moran dan H. N. Shapiro. (n.d.). Fundamentals of Engineering Thermodynamics (3rd ed.). John Willey & Sons. Muliawan, R. (2020). Komparasi Penerapan Kinerja Inverter pada Sistem Refrigerasi dengan Alat Ekspansi Jenis TXV dan Pipa Kapiler. Teknik Energi Polban, 10(1), 7–13. DOI: https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2312

3.Muliawan, R. (2022). Predicting of refrigerant leakage in a conditioned room : a numerical study leaks distribution R-32 refrigerant in A/C Split Unit. ASEAN Engineering Journal, 12(2), 11–18. https://doi.org/10.11113/aej.v12.16499

4. Muliawan, R., A, A. A., Sutandi, T., & Nurrohman, N. (2021). Cooling System Performance Comparison of Refrigerant R-134a and MC-134 on Ice Slush Machine. FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta, 7, 1–6. https://doi.org/10.36055/fwl.v0i0.9237

ҚЎРҒОШИН ТЕЛЛУРИДИ ТЕНЗОСЕЗГИР ЮПҚА ПАРДАЛАРИ ИШЧИ ПАРАМЕТРЛАРИНИНГ ДЕГРАДАЦИЯСИ

Каримберди Онарқулов Эгамбердиевич[1], Гулноза Жўраева Фазлитдиновна[2]

gulnozajorayeva1984@gmail.com

Фарғона давлат университети[1], Фарғона давлат техника университети[2]

Қаттиқ жисимлар асосидаги микроэлектроника материалларига кислородли муҳит таъсири сезиларли бўлиб, амалда ҳамма материаллар билан таъсирлашади ва натижада, кўп ҳолларда уларнинг хоссаларини деградациясига олиб келади. Агар модда плёнка ёки юпқа қатламдан иборат бўлса, деградация жараёни сезиларли намоён бўлади.

Қўрғошин теллуриди асосидаги юпқа қатламларни кислород билан таъсирини ўрганиш долзарблигига сабаб қилиб қуйидагиларни кўрсатиш мумкин:

биринчиси – PbTe юпқа пардалари асосидаги инфрақизил фотоўзгартиргичларни олиш билан боғлиқ бўлиб уларни кислородли муҳитда фаоллаштириш зарур, бу PbS қатламларидаги ижобий натижага ўхшаб фотосезгирликни ошишига олиб келади.

иккинчиси – кислородни салбий таъсирини бартараф етиш усулларини излаш, одатда юпқа пардали термоэлементлари 400К ҳароратда экспуатация қилинади ва атмосферадаги кислороднинг фаол таъсири кузатилади.

Қўрғошин халькогенидлари юпқа пардаларининг электрон хусусиятлари ташқи шароитларни ўзгаришига жуда сезгир ва уларнинг сиртида ўтаётган жараёнларга кескин боғлиқ. Шу сабабдан янги конденсатланган юпқа пардаларни атмосфера билан ўзаро таъсирида хусусиятларини ўзгаришининг кинетикасини текшириш ҳам илмий, ҳам амалий ахамиятга эга. Маълумки, қўрғошин халкогенидлари атмосфера билан ўзаро таъсирлашишида, улар сиртининг ҳолати асосан атмосферадаги кислород молекулаларининг физикавий ва кимёвий адсорбцияланиши ҳисобига ўзгаради.

PbTe юпқа пардаларида кислороднинг таьсир жараёни муҳит билан чегарадош бўлган юзага кислороднинг адсорбциясидан бошланади. Кейинчалик

у юпқа парда ҳажмидаги доначаларни чегаралари бўйлаб мунтазам диффузияланади ва яна уларда ҳам адсорбцияланади. Ҳозирги вақтда маьлумки, PbTe да кислород тақиқланган зонанинг пастки қисмида чуқур акцептор сатҳлар ҳосил қилади, шунинг учун у n -PbTe хоссаларини кучлироқ ўзгартиради [1-3].

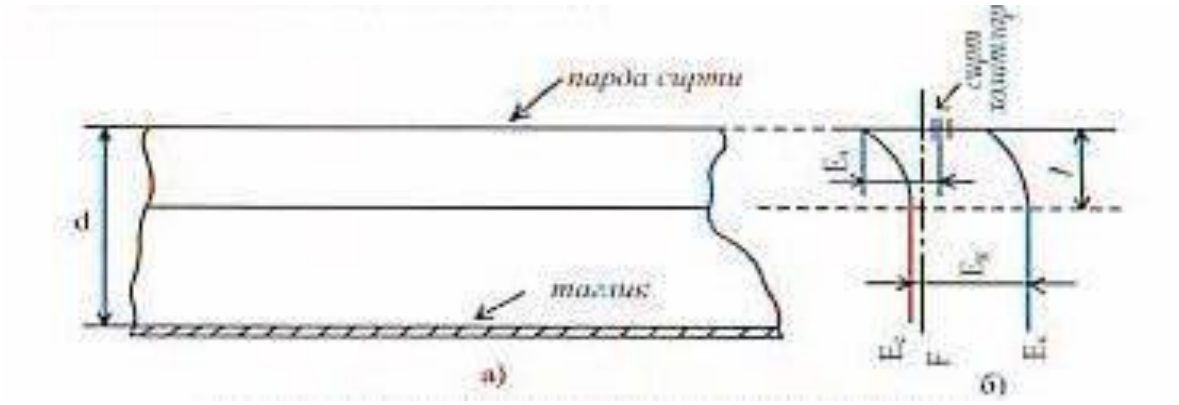
Юпқа парда юзасига адсорбцияланган кислород ҳажмий диффузия манбасига айланади. Ҳар хил киришмаларнинг, PbTe ҳажмидаги хусусияти етарли даражада батафсил тарифланган, лекин кислороднинг таъсиридаги хусусият ўзгаришлари тўғрисидаги малумотлар йўқ ҳисобда. Бу кислороднинг паст даражадаги температураларида ҳам PbTe ҳамда унинг компонентлари билан кимёвий реакцияга киришиши билан боғлиқ. Бундан ташқари PbTe юпқа пардаларида кислородни дефектлар бўйлаб тарқалиши, айниқса доначалар чегараси бўйлаб кучли бўлади. Кислородни ҳажмий легирлашдаги таъсирига қараганда чегара соҳасидаги адсорбцион таъсири кучлироқ.

Тажрибаларимизда юпқа пардаларнинг конденсацияланиши жараёни тугалланишидан сўнг вакуум даражаси сақланиб турган технологик камерада уларнинг электр ўтказувчанлиги σ, Холл доимийси R_H ва термо э.ю.к. α 80- 500К оралиғида ўлчанган. Ундан кейин камерага маълум миқдорда ҳаво киритилган ва ўлчашлар қайтарилган. Бундай тажриба вакуум камерадаги босим атмосфера босими билан тенглашгунча ўтказилган [4].

Технологик камерадаги босим 0,1 Торргача ортишида пардаларнинг электр ўтказувчанлиги камайиши, Холл константасини ортиши кузатилган. Бунда $R_H\sigma$ кўпайтма деярли ўзгармас қолган. Ўтказилган тажрибавий натижаларни таҳлил қилишдан аввал юпқа пардаларнинг “эркин’’ сиртига кислород адсорбцияланишидаги электрон жараёнларнинг бир содда моделини кўриб чиқамиз. Биз “эркин’’ сирт сифатида ярим ўтказгич парданинг муҳит билан чегарасини оламиз.

n-турдаги ўтказувчанликка эга парда сиртида кислород адсорбцияланиши ҳисобига электрон сирт ҳолатлари (СҲ) вужудга келсин [1]. Кислород акцептор табиатига эга бўлиб, улар ҳар бир СҲ га икки қарама-қарши спинга эга электронни эгаллашга қобилиятли. СҲ нинг сиртий

концентрацияси-N_S. Ўстирилган парда қалинлиги (d) буйлаб концентрацияси N_d донорлар билан бир жинсли легирланган. СҲ нинг энергетикавий сатҳи E_S тақиқланган зонанинг ичида жойлашган бўлсин. Бу ҳолда ўтказувчанлик зонасидаги эркин электронлар СҲ га тутилади ва сирт манфий зарядланади, тўлаётган СҲ нинг энергияси ортади ва зоналар сирти ёнида эгилади. СҲ ни электронларга тўлиши билан бир вақтда парда ҳажмидаги электронлар сони камайишига олиб келади. Муҳокама қилинаётган ҳол 1- расмда схематик кўринишда тасвирланган.



Пардаларда сиртнинг остидаги электронлар концентрацияси озайиши натижасида уларнинг ҳаракатчанлиги ўзгармас деб қабул қиламиз. Ҳақиқатдан ҳам 77-500К оралиғида қўрғошин халкогенидларида заряд ташувчилар сочилишининг асосий механизми-акустик фононларда сочилиш бўлади. Шу сабабдан қабул қилган тахминимиз ўринли.

Кислород молекуллалари сиртга адсобцияланишида парда ҳажмидаги эркин электронлар корцетрациясини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$n = N\alpha - \frac{n_S}{d} = N_d - \frac{gN_S f}{d} \qquad (1)$$

$N_S=gN_Sf$ - сиртда тутилган электронлар концентрацияси, $g=2$ – электронларнинг спинавий айниш омили, f - электронларни СҲ бўйича Ферми – Дирак тақсимот функцияси.

Ленгмюр назариясига биноан адсорбцияланган зарачаларнинг сиртий зичлигини вақт билан ўзгариши

$$N_s^{(t)} = \frac{N^*}{1+\frac{b}{P}}(1 - e^{-\alpha t}) \quad (2)$$

$$\alpha = c(mT)^{-1/2}\sigma P + \gamma e^{-q/kT} \quad (3)$$

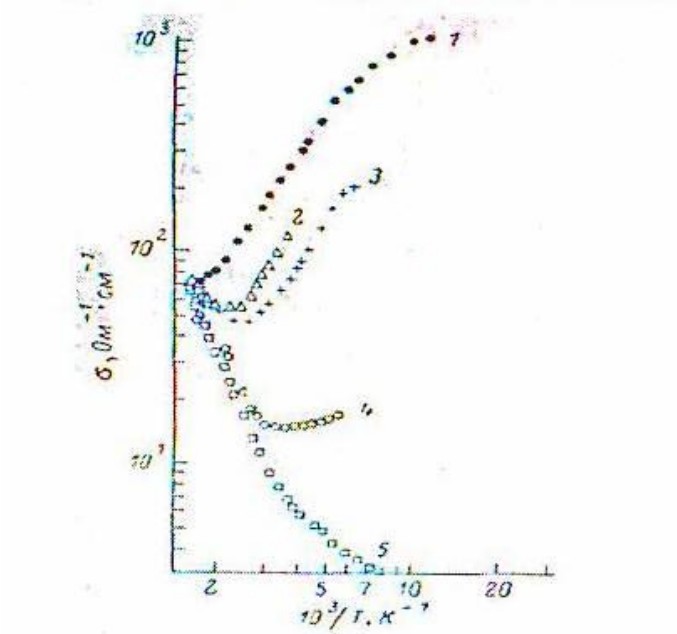
$$b = \frac{\gamma e^{-q/kT}}{c(mT)^{-1/2}r} \quad (4)$$

муносабатга бўйсунади; m - адсорбцияланган заррачанинг массаси, T - температура, P – босим, r - ёпишиш коэффициенти, q- адсорбциянинг дифференциал иссиқлиги, N^* - парда сиртидаги адсорбция марказларининг зичлиги, γ - адсорбцияланган молекуланинг сиртга перпендикуляр йўналишда тебраниш частотасига боғлик параметр. (2) да адсорбция бошланишида $(t= 0)$, $N_S(0) =0$.

Адсорбцияланишда эркин электронлар концентрацияси ўзгариши ҳисобига электр ўтказувчанликни камайиши

$$\sigma(t) = en(t)\mu = e\mu[N_d - \frac{(t)n_s}{d}] \quad (5)$$

қонуният орқали ўтади. Бу ерда $n_S(t)$ (2)- (4) муносабатлар орқали аниқланади.



2 – расм. Адсорбцияланган кислороднинг миқдори ўзгаришида пардалардаги электр ўтказувчанликни температурага боғланиши.

(5) га биноан электр ўтказувчанликни ва Холл эффектини ўрганиш адсорбция кинетикасини текширишга йўл очади. 2-3- расмларда юпқа пардаларга 100 ^{0}C температурада кислородли муҳитда ҳар хил вақтларда(соат) ишлов берилганда электр ўтказувчанлик ва Холл коэффицентининг температурага боғланиши тасвирланган(1-0; 2-0,5; 3-1; 4-2; 5-3). 2-3-расмлардаги маълумотларга биноан PbTe сиртига кислород адсорбцияланишидаги катталикларни миқдорий аниқлаш мумкин.

Фойдаланилган адабиётлар

1.С.А. Азимов, Ш.Б.Атакулов. Кинетические явления в поликристаллических пленках халькогенидов свинца и висмута. Т.:Фан, 1985.105 С.

2. К.Э.Онаркулов,Б.Омонов, С.М. Отажонов, М.Х.Рахмонкулов. Радиационно-стимулированные процессы диффузии кислорода в слоях халькогенидов свинца. Science and world. 2022. № 3 (103) (18-22)

3. К.Э Онарқулов, А.А. Юлдашев, Т.М. Азимов. Висмут-сурма теллурид юпқа пардаларнинг электрофизик хоссаларига технологик жараённинг таъсири. Научн.Вест.ФерГУ. 2017. №2. 9-12 Б.

4. K.E.Onorqulov, N.Jurayev, G.Jurayeva, A.Ibrohimova. Effect of radiation exposure on pbs photosensitive films. Miasto Przyszłości. Vol. 59 (2025). Impact Factor: 9.9 ISSN-L: 2544-980X. p.251-253.

ISITISH TIZIMI UCHUN ENERGIYA SAMARADOR RADIATORLAR

Madaliyev Erkinjon O‘rinboyevich, Mo‘minova Sayyoraxon Azizjon qizi
Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: sayyoraxonmuhammadaliyeva@gmail.com

Annotatsiya. *To‘g‘ri radiatorni qanday tanlash kerak, qanday parametrlar va xususiyatlarga birinchi navbatda e’tibor berish kerak va kerakli sonli bo‘limlarni qanday hisoblash kerak - bularning barchasi yangi radiatorlarni sotib olish va*

o‘rnatishdan oldin muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada biz radiatorlarning asosiy turlarini, ularning xususiyatlari va xususiyatlarini ko‘rib chiqamiz.

Kalit so‘zlar: *alyuminiy radiatorlar, bimetallik radiatorlar, po‘lat radiatorlar, quyma temir radiatorlar.*

Аннотация. *Как выбрать правильный радиатор, на какие параметры и характеристики следует обратить первостепенное внимание и как рассчитать необходимое количество секций - все это имеет важное значение перед покупкой и установкой новых радиаторов. В этой статье мы рассмотрим основные типы радиаторов, их характеристики и свойства.*

Ключевые слова: *алюминиевые радиаторы, биметаллические радиаторы, стальные радиаторы, литые стальные радиаторы.*

Abstract. *How to choose the right radiator, what parameters and characteristics to pay attention to first, and how to calculate the required number of sections - all this is important before purchasing and installing new radiators. In this article, we will consider the main types of radiators, their properties and characteristics.*

Keywords: *aluminum radiators, bimetallic radiators, steel radiators, cast iron radiators.*

Isitish radiatorlarining quyidagi turlari ajratiladi:

- alyuminiy;
- bimetallik;
- po‘lat;
- quyma temir.

Yuqoridagi turlarning har birining afzalliklari va kamchiliklari alohida ko‘rib chiqiladi.

Alyuminiy radiatorlar:

Alyuminiy radiatorlar bozorda eng ko‘p sotiladigan materiallardir, chunki ular yuqori issiqlik uzatish (issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti 220) va yengil (bir qism suvsiz taxminan 1 kg og‘irlikda) bo‘lib, ularni tashish va o‘rnatish oson. Bundan tashqari, bu radiatorlar tashqi ko‘rinishida jozibali va parvarish qilish oson. Ular sof

alyuminiydan emas, balki qotishmadan qilingan. Markazdan markazga standart variantlar 350 va 500 mm, lekin boshqa modellar ham mavjud: 200, 250 mm va boshqalar. Alyuminiy radiatorning quvvati uning uzunligiga bog‘liq. Shuning uchun, kerakli miqdordagi bo‘limlarni tanlab, siz ma’lum bir xonani optimal isitishingiz mumkin.

Alyuminiy radiatorlar korroziyaga moyil. Bu tendentsiya galvanik juftlarni tashkil etuvchi isitish tizimidagi boshqa metallarning mavjudligi bilan kuchayadi. Shuning uchun alyuminiy radiatorlar uzoq vaqt davomida suv bilan to‘ldirilgan tizimda yopiq musluklar bilan qoldirilmasligi kerak.

Bimetall radiatorlar:

Ushbu radiatorlarni tashqi ko‘rinishi bilan alyuminiy radiatorlardan ajratish qiyin. Lekin eng muhimi, bu radiatorlar ichida nima borligi. Alyuminiy korpusga bardoshli metall yadro o‘rnatilgan. Ushbu dizayn xususiyatlari alyuminiyning yengil vaznini po‘latning mustahkamligi bilan birlashtiradi.

Bimetalik isitish radiatorlarining afzalliklari:

Bimetalik radiatorlar yuqori issiqlik chiqishi bilan ajralib turadi. O‘rtacha bir qism 170-194 Vt quvvatga ega (kengligi 80 mm va markazdan markazgacha bo'lgan masofa 500 mm bo‘lgan radiatorlar uchun).

Bimetalik radiatorlar har qanday isitish tizimiga (avtonom, markaziy, plastmassa yoki po‘lat quvurlar bilan) o‘rnatilishi mumkin. Isitish moslamalari har qanday geometrik o‘lchamlarga ega bo‘lishi mumkin, bu ularni har qanday ichki dizayniga moslashtirish va hatto cheklangan joylarda ham o‘rnatish imkonini beradi.

Bimetalik radiatorlar bardoshli. Monolitik isitish moslamalari kamida 25 yil xizmat qilish uchun mo‘ljallangan. Bimetalik radiatorlar past termal inertiyaga ega, bu ularni boshqariladigan isitish tizimlarida ishlatishga imkon beradi. Bimetalik monolit isitish radiatorlarining yagona kamchiliklari ularning nisbatan yuqori narxidir.

Po‘lat radiator:

Po‘lat radiator - bu bir necha joylarda bir-biriga payvandlangan ikkita po‘lat plitalardan yasalgan panel. Spot payvandlar radiatorni ajratadi va sovutish suvi oqadigan kanallarni hosil qiladi. Po‘latdan yasalgan radiator bir nechta panellardan

iborat bo‘lishi mumkin. Panelni tashkil etuvchi po‘lat plitalar odatda silliq emas, balki teksturali bo‘lib, panellar bir-biriga payvandlangan joyni ko‘rsatadigan chuqurliklar mavjud.

Po‘latdan yasalgan radiatorlarning afzalliklari:

Ushbu radiatorlarning oddiy dizayni uzoq xizmat muddatini ta’minlaydi. Yuqori sifatli po‘latdan yasalgan isitish moslamalari qalin po‘latdan (1,2-1,5 mm) ishlab chiqariladi, bu ham ularning chidamliligiga ijobiy ta’sir qiladi.

Turli dizayn variantlari DIY radiatorlarini o‘rnatishni sezilarli darajada osonlashtiradi.

Po‘latdan yasalgan radiatorlarning yana bir afzalligi - ularning dizayni: bunday birlik nafaqat sizning kvartirangizni isitadi, balki uni bezatadi.

Kamchiliklari:

Po‘latdan yasalgan radiatorlarning asosiy kamchiliklari korroziya xavfi hisoblanadi. Shuning uchun bunday radiatorlarni hammomga qo‘ymaslik yaxshiroqdir. Sovutish moslamasi yozda ham (sovuq bo‘lsa) radiatorni to‘liq to‘ldirishi kerak, chunki po‘latdan yasalgan radiatorga havo kirib borishi korroziya xavfini sezilarli darajada oshiradi. Po‘latdan yasalgan radiatorlarning choklari (bu birinchi navbatda panel tipidagi birliklarga tegishli) suv bolg‘asiga juda sezgir. Tizimni bosim sinovidan o‘tkazishda bunday radiator deformatsiyalanishi yoki hatto yorilishi mumkin. Ba’zi radiatorlarning bo‘yoqlari ham mo‘rt, shuning uchun bir necha yil foydalanishdan keyin sifatsiz radiator tozalana boshlaydi.

Cho‘yan radiatorlar:

Cho‘yan radiatorlar suvni isitish uchun klassik tanlovdir. Ular vaqt sinovidan o‘tgan va hozirda eskirgan deb hisoblansa-da, ko‘pchilik kvartiralarda va uylarda hali ham qo‘llaniladi. Radiator ishlab chiqarish mehnat talab qiladigan jarayondir. Bu quyma temir qotishmasidan alohida qismlarni quyishni o‘z ichiga oladi, keyin ularni suv o‘tkazmaydigan muhrni ta’minlash uchun maxsus qistirmalari bilan birlashtiradi. Estetik ko‘rinishga ega quyma temir radiatorlar endi mavjud.

Cho‘yan radiatorlarning afzalliklari:

- Yuqori inertsiya. Bu shuni anglatadiki, radiator uzoq vaqt sovishini va uzoq vaqt isinishini talab qiladi.
- Muhim korroziyaga chidamlilik.
- Uzoq xizmat muddati. To‘g‘ri parvarish bilan, quyma temir radiator 60 yilgacha xizmat qilishi mumkin.
- Past gidravlik qarshilik.
- Keng kanal kesimi. Radiator ichidagi sovutish suvining yaxshi aylanishi, hatto kichik cho‘kindi bilan ham sodir bo‘ladi.

Kamchiliklari:

- Radiator juda og‘ir va katta.
- Xonani isitish uchun ko‘p vaqt talab etiladi.
- Bo‘limlar orasidagi bo‘shliqqa kirish qiyin. Radiatorni bo‘yash va uni changdan tozalash juda qiyin (eski radiatorlar uchun).
- Noqulay ko‘rinish. Biroq, dizaynerlik mahsulotini tanlash bu kamchilikni yo‘q qiladi.

Isitish radiatori bo‘limlari sonini qanday hisoblash mumkin?

Har bir xona individual yondashuvni talab qilishini tushunish muhimdir. Kerakli isitish quvvatini hisoblash uchun siz xonaning maydonini, ship balandligini, derazalar sonini va ularning dizaynini, ko‘chaga qaragan devorlarni, xonaning ustidagi xonani va radiatorning chiqishini bilishingiz kerak. Ko‘pgina radiatorlar xonadagi derazalar soniga teng.

Standart hisoblash:

Quvvatni hisoblash uchun standart formula quyidagicha:

$$C * \frac{100}{P} = K \qquad (1)$$

bu yerda:

K - ishlab chiqaruvchining texnik xususiyatlariga asoslangan radiator batareyangizning bir qismining quvvati;

C - xonaning maydoni. Bu xonaning uzunligini uning kengligi bilan ko‘paytirishga teng.

Masalan, xonaning uzunligi 5 metr va kengligi 4 metr: 4 * 5 = 20, bu isitiladigan xonaning maydoni. Bir radiator bo‘limi uchun ishlab chiqaruvchi tomonidan e’lon qilingan isitish quvvati 130 Vt. Ushbu formuladan foydalanib, biz 20 * 100 / 130 = 15,38 ni olamiz. Buni 15 gacha yaxlitlang. Shuning uchun xonani isitish uchun 15 ta radiator bo‘limi talab qilinadi. Xona burchakda bo‘lsa, kerakli quvvatga 20% qo‘shing, bu esa 18,46 hosil qiladi. Buni 19 qismga aylantiring. Issiqlik yo‘qotilishini xisobga olgan holda to‘g‘ri hisoblash:

Bu usul juda ko‘p turli omillar va koeffitsientlarni hisobga oladi va isitiladigan makonning barcha o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga oladi.

Ushbu usul uchun hisoblash formulasi quyidagicha:

$$K_T = 100\ Vt/kv.m * P * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 * K_7$$

bu yerda:

K_T - makonni isitish uchun zarur bo‘lgan isitish quvvati;

P - makon maydoni;

K_1 - oyna oynalarini hisobga oladigan koeffitsient:

Agar derazada bitta ikki oynali oyna bo'lsa, koeffitsient 1,27 ga teng. Ikkita oynali oyna uchun koeffitsient 1,00 ga teng. Uch oynali oynali birlik uchun koeffitsient 0,87 ni tashkil qiladi.

K_2 - devorning issiqlik izolyatsiyasi koeffitsienti:

Issiqlik izolyatsiyasi past bo‘lsa, koeffitsient 1,27 ga teng.

O‘rtacha issiqlik izolyatsiyasi uchun koeffitsient 1,0 ga teng.

Yuqori issiqlik izolyatsiyasi uchun = 0,85.

K_3 - zamin maydonining xonadagi deraza maydoniga nisbati.

50% uchun u 1,2 bo‘ladi.

40% uchun u 1,1 bo‘ladi.

30% uchun u 1,0 bo‘ladi.

20% uchun u 0,9 bo‘ladi.

10% uchun u 0,8 bo‘ladi.

K_4 – o‘rtacha qishki havo harorati koeffitsienti:

35 daraja havo harorati uchun u 1,5 ga teng bo'ladi.

25 daraja uchun u 1,3 bo‘ladi.

20 daraja uchun u 1,1 bo‘ladi.

15 daraja uchun u 0,9 bo‘ladi.

10 daraja uchun u 0,7 bo‘ladi.

K_5 - xonadagi devorlar sonini hisobga olgan holda issiqlik yo‘qotish koeffitsienti.

Bir devorli xona uchun koeffitsient 1,1 ga teng.

Ikkita devor uchun u 1,2 bo‘ladi.

Uchta devor uchun u 1,3 bo‘ladi.

K_6 - isitiladigan xonaning ustida joylashgan xonani hisobga oladi.

Agar chordoq isitilmasa, koeffitsient 1,0 ga teng.

Agar chordoq isitilsa, koeffitsient 0,9 ga teng.

Yuqorida isitiladigan yashash joyi mavjud bo'lsa, 0,7 koeffitsienti qo‘llaniladi.

K_7 - xonadagi ship balandligini hisobga oladi.

Shift balandligi 2,5 metr uchun koeffitsient 1,0 ga teng.

Shift balandligi 3 metr uchun koeffitsient 1,05 ga teng.

Shift balandligi 3,5 metr bo‘lsa, 1,1 koeffitsienti qo‘llaniladi.

Shift balandligi 4 metr uchun koeffitsient 1,15 ga teng.

Ushbu formuladan foydalangan holda hisoblangan natija radiatorning bir qismining issiqlik chiqishiga bo‘linishi va yaxlitlanishi kerak. Chunki ishlab chiqaruvchilar ko‘pincha o‘z mahsulotlarining e’lon qilingan issiqlik quvvatini oshirib yuborishadi.

Xulosa

Isitish tizimini yangilashda yoki loyihalashtirishda energiya samarador radiatorlarni tanlash qulaylik, iqtisod va ekologiya nuqtai nazaridan eng to‘g‘ri yechim hisoblanadi. Energiya samarador radiatorlar isitish tizimlarining samaradorligini oshirishda va energiya xarajatlarini kamaytirishda muhim o‘rin tutadi. Ushbu maqolada ko‘rib chiqilganidek, zamonaviy radiatorlar nafaqat xonalarni samarali isitadi, balki issiqlikni bir tekis taqsimlab, isrofni minimallashtiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

[1]. “Как рассчитать количество секций радиаторов отопления” Internet resurs. https://stk-t.ru

[2]. “Расчет мошности радиаторов отопления” Internet resurs. https://progreem.by.

[3]. “Как рассчитать количество секций радиаторов отопления” Internet resurs. https://spbteplodom.com.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСЕЙ В РАЗНОПЛОТНОСТНЫХ ПОТОКАХ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Абдуллаев Бахром Халилжонович.

Ферганский государственный технический университет (ФГТУ)

E-mail: baxrom-abdullaev@inbox.ru,

Аннотация. *Рассматривается процессы, изменяющие характер веществ, поступающих в водоем, и производящие самоочищения. Устанавливается закономерность о качестве воды водоемов, принимающих сточные засоленные воды. Исследуется закономерности смешения и разбавления, т. е. гидравлические процессы, в результате различных взаимодействий и превращений веществ.*

Ключевые слова. *Концентрация, сточңе воды, закономерности, биохимия, кислород, кинетический коэффициент биохимической деструкции.*

Большая часть земель Сырдарьинской области подвержена различным степеням засоления. Качество водоемов, принимающих сточные и засоленные воды, изменяется не только вследствие процессов смешения и разбавления, но и под воздействием сложных физических, химических и биологических взаимодействий, приводящих к изменению состава и свойств воды.

В связи с этим вещества, концентрация которых изменяется исключительно за счёт разбавления, принято относить к консервативным, тогда как вещества, подверженные влиянию физико-химических, химических, биологических и других процессов, классифицируются как неконсервативные.

Процессы, в результате которых происходит трансформация, разрушение или осаждение веществ, поступающих в водоём, объединяются понятием самоочищения. В ходе самоочищения происходит постепенное снижение концентрации загрязняющих веществ за счёт естественных природных механизмов. Следовательно, совокупность процессов разбавления и самоочищения определяет обезвреживающую способность водоёма, то есть его способность восстанавливать качество воды до естественного состояния.

Изучение этих процессов имеет важное значение при оценке экологической устойчивости водных экосистем и при проектировании выпускных сооружений энергетических и промышленных объектов.Характеризуя самоочищение, мы рассматриваем в основном изменение БПК воды водоема. Однако зачастую бывает, необходим прогноз качества воды по индивидуальным веществам (растворенному кислороду, кислотности или щелочности воды, и др. [1].

Для определения концентрации неконсервативных веществ в водоеме исходим из основного уравнения турбулентности

$$\frac{\partial S}{\partial t} = E\frac{\partial^2 S}{\partial r^2} + \frac{M}{r}\frac{\partial S}{\partial r} - kS \qquad (1)$$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$\left.\begin{aligned} S[R(t),t] &= S_0 \\ \frac{\partial S[R(t),t]}{\partial r} &= 0 \end{aligned}\right\}$$

$$r_t(0) = 0 \qquad (2)$$

где k- коэффициент неконсервативности вещества. Согласно опытным данным, коэффициент k не является постоянной величиной и зависит от многих факторов.

В нашей работе принимается осредненное значение этого коэффициента:

$$k = k_{cm} + k_{Д} \qquad (3)$$

где k_{cm} - стандартный статический коэффициент скорости биохимического окисления, который определяется для каждого вида сточных вод опытным путем и изменяется $(0{,}1 \leftrightarrow 1{,}5)\cdot 10^{-5}\cdot c^{-1}$; $k_{Д} = 0{,}00066t^{-0{,}66}$; , c^{-1} - динамическая составляющая общего коэффициента неконсервативности, зависящая от скорости движения воды.

При изучении хода биохимического потребления кислорода (БПК) водой, загрязненной органическими субстратами, коэффициент неконсервативности будет непостоянен во времени и с течением последнего уменьшается. При рассмотрении же самоочищения по индивидуальным простым веществам коэффициент неконсервативности является неизменной во времени величиной. Вода водоемов, так же как и сточная жидкость, содержит вещества, различные по значению коэффициента неконсервативности. [,2,4]. Биохимической деструкции в первую очередь подвергаются энергетически наиболее ценные вещества с большими k, а на последующих стадиях - менее ценные вещества с меньшими значениями k. Это и обусловливает непостоянство кинетического коэффициента биохимической деструкции всего комплекса веществ.

При идентификации содержащихся в воде веществ и установлении для каждого из них коэффициента неконсервативности изменение общего коэффициента k смеси веществ к моменту t определяется по уравнению

$$k = \frac{\sum_{1}^{i} k_i \nu_i C_{0,i} \exp(-k_i t)}{\sum_{1}^{i} \nu_i C_{0,i} \exp(-k_i t)} \qquad (4)$$

где $C_{0,i}$ - концентрация i-го вещества в момент времени $t = 0$; ν_i - коэффициент пропорциональности, равный БПК 1 мг этого вещества; k_i -кинематический коэффициент неконсервативности i -го вещества.

И. Д. Родзиллер показывает, что для определения k формулу (3) было бы правильнее записать в виде:

$$k = k_{cm} k_{Д}$$

где $k_Д$ - является функцией скорости движения воды, обращающейся в 1 при скорости, равной нулю [$k_Д = e^{f(\vartheta)}$ или $k_Д = f(\vartheta)+1$]. Это выражение для k более адекватно, чем формула (3), поскольку при $k_{cm} = 0$ (для консервативных веществ) $k = 0$, что не получается при определении k по формуле (3). Между тем именно формула (3) и является верной, так как консервативные вещества остаются неизменными при любой скорости, движения воды. Вид функции $f(\vartheta)$ должен устанавливаться на основании экспериментальных данных. [3].

Для решения уравнения (1) применяем метод пограничного слоя, следуя которому для первой фазы (т. е. когда $R_{(t)} < R_k$ радиус контура) получаем решение в виде:

$$S(r,t) = f_0(t) + f_1(t)\frac{r}{R_{(t)}} + f_2(t)\frac{r^2}{R_{(t)}^2} \tag{5}$$

С учетом условий (1) находим:

$$S(r,t) = S_{\max} - 2(S_{\max} - S_0)\frac{r}{R_{(t)}} + (S_{\max} - S_0)\frac{r^2}{R_{(t)}^2} \tag{6}$$

$0 \le R_{(t)} \le R_{кр}$

Для определения $R_{(t)}$ используется следующее интегральное соотношение:

$$\frac{d}{dt}\int_0^{R_{(t)}} S(r,t)rdr = \left(Er\frac{\partial S}{\partial r} - ES + MS\right)\Big|_0^{R_{(t)}} - k\int_0^{R_{(t)}} S(r,t)rdr + S_0 R_{(t)}\frac{dR_{(t)}}{dt} \tag{7}$$

После подстановки значения $S(r,t)$ из формулы (6) соотношение (7) примет вид:

$$\begin{aligned}&\frac{d}{dt}\int_0^{R_{(t)}}\left[S_{\max} - \frac{r}{R_{(t)}}(S_{\max}S_0)\left(2 - \frac{r}{R_{(t)}}\right)\right]rdr = \\ &= E(S_{\max} - S_0) - M(S_{\max} - S_0) - k\int_0^{R_{(t)}}\left[S_{\max} - \frac{r}{R_{(t)}}(S_{\max} - S_0)\left(2 - \frac{r}{R_{(t)}}\right)\right]rdr + S_0 R_{(t)}\frac{dR_{(t)}}{dt}\end{aligned} \tag{8}$$

Проведя несложные преобразования, из выражения (8) получаем:

$$\frac{1}{6}\int_0^{R_{(t)}} \frac{(S_{\max}-S_0)R_{(t)}dt}{(S_{\max}-S_0)(E-M)-\frac{k}{12}R_{(t)}^2(S_{\max}+5S_0)} = dt \qquad (9)$$

Интегрирование формулы (9) дает:

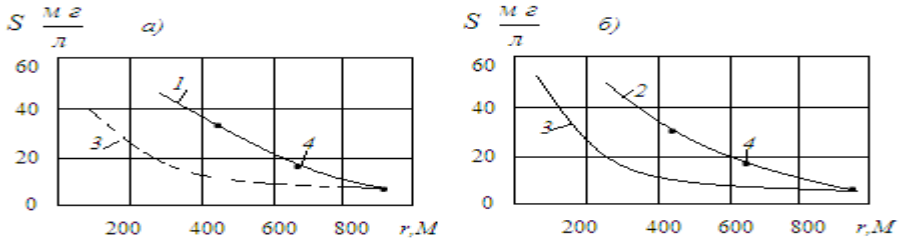
$$\frac{1}{12}\frac{S_{\max}-S_0}{k\left[\frac{1}{2}S_{\max}-\frac{5}{12}(S_{\max}-S_0)\right]}\ln\left[-\frac{R_{(t)}^2}{\frac{(S_{\max}-S_0)(E-M)}{k\left[\frac{1}{2}S_{\max}-\frac{5}{12}(S_{\max}-S_0)\right]}}+1\right]=t \qquad (10)$$

или

$$R_{(t)}^2=\frac{1}{12}\frac{(S_{\max}-S_0)(E-M)}{k\left[\frac{1}{2}S_{\max}-\frac{5}{12}(S_{\max}-S_0)\right]}\left[1-e^{-\frac{12k\left[\frac{1}{2}S_{\max}-\frac{5}{12}(S_{\max}-S_0)\right]}{S_{\max}-S_0}t}\right] \qquad (11)$$

Максимальное значение $R_{(t)}^2$ наступает при $t=\infty$:

$$R_{(t)}^2=\frac{12(S_{\max}-S_0)(E-M)}{k(S_{\max}+5S_0)} \qquad (12)$$



1. Рис. Распределение концентрации загрязнений без учёта консервативности.

Для второй фазы задача сводится к решению уравнения (1) при следующих условиях:

$$S(t,0)=S_{\max}; \qquad (13)$$

$$\frac{\partial S}{\partial r}(R_{кр},t)=0; \qquad (14)$$

$$S_1(t,r)=S_2(t,r). \qquad (15)$$

Решение получаем в виде:

$$S_1(r,t)=f_0(t)+f_1(t)\frac{r}{R_{кр}}+f_2(t)\frac{r^2}{R_{кр}^2} \qquad (16)$$

Используя условия (13) и (14), находим:

$$f_0(t) = S_{\max} \tag{17}$$

$$f_1(t) = -2f_2(t) \tag{18}$$

Пример Основные параметры: $S_{\max} = 3{,}15\frac{мг}{л}$; $S_0 = 1{,}2\frac{мг}{л}$; $H = 2м$; $k = 0{,}6\cdot 10^{-5}$; $q_{ст} = 0{,}25\frac{м^3}{с}$; $r = 100м$.

Решение. Для определения $R_{(t)}$ по формуле (25) подсчитаем:

$$E - M = \frac{q_{ст}}{\varphi H} = \frac{0{,}25}{3{,}14\cdot 2} = 0{,}04\frac{м}{с}$$

тогда максимальное значение $R_{(t)}$ по формуле (7.102) будет:

$$R_{(t)} = \sqrt{\frac{12(3{,}15-1{,}2)0{,}04}{0{,}6\cdot 10^{-5}(3{,}15+5\cdot 1{,}2)}} = 131м$$

Формула (24) имеет применение в тех случаях, когда загрязнение доходит до контура водоема.

$$S(r,t) = 3{,}15 - 2(3{,}15-1{,}2)\frac{100}{131} + (3{,}15-1{,}2)\frac{100^2}{131^2} = 1{,}35\frac{мг}{л}$$

Расхождение составляет 19%.

Использованная литература

1. Ибад-Заде Ю. А., Гурбанов С. Г. Определение концентрации веществ загрязнения в водоеме с учетом неконсервативности. — В кн.: Гидравлика и гидротехника, № 22. Киев, Техника, 1976.

2. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. М., Физматгиз, 1963. I.

3. Родзиллер И. Д. Особенности кинетики процесса биохимического самоочищения водоемов. — В кн.: Материалы VI Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения водоемов и регулирования качества воды. Таллин, 1979.

4. Худайкулов С.И., Яхшибоев Д.С. «Моделирование динамики развития стратификационных течений многофазных жидкостей» Ташкент, 2017г. 162с.

ПОЛУПРОВОДНИКИ КАК МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРОВ В МЕДИЦИНЕ

Нурдинова Разияхон Абдихаликовна

Ферганский государственный технический университет

e-mail: nurdinovar2016@mail.ru

В настоящее время термоэлектрические полупроводниковые приборы нашли свое применение в различных отраслях народного хозяйства. В том числе благодаря своим тепловым и охлаждающим свойствам термоэлектрические генераторы (ТЭГ) широко применяются в медицинской практике при лечении и профилактике различного рода заболеваний, к которым относятся механические травмы и заболевания суставов и мышц, боли в области желудочно-кишечного тракта, приступы желчнокаменной и почечнокаменной болезни, неврозы, артроз и артрит, фарингит, тонзиллит, хроническая усталость и др. Тепловое действие оказывает значительное влияние на энергетический баланс организма [1]. Для улучшения кровообращения в организме, применяют ТЭГ, что приведет к расширению кровеносных и лимфатических сосуд. В результате активируется обмен веществ, также даёт возможность насыщению организма питательными веществами и кислородом. Также ТЭГ применяют как источника питания в имплантирующих медицинских устройствах.

Такие свойства ТЭГ, как экологичность, бесшумность, надежность, высокая функциональность, значительные ресурсы работ, а также возможность простого перехода с режима охлаждения на режим нагрева и наоборот повышает перспективу их применения [1-3].

Для использование термоэлектрических устройств (ТЭУ) в целях теплового воздействия на определенные участки тела человека и местное охлаждение использовав эффекта Зеебека [2], поставит задачу интеграции

специально разработанных медицинских методик для определенной процедуры с представленным техническими средствами их реализации. Анализируя работы [1-6], можно сделать вывод по внедрению теплоэлектрических систем, которые дают возможность реализовать разнообразные схемы медицинских приборов для формирования тепловых параметров различной конфигурации, а также алгоритмы последовательности для любых участков организма человека.

Оптимальное решение энергетических, массогабаритных и экономических показателей ТЭУ следует осуществлять с учетом особенности человеческого организма на представленное воздействие. Это даёт возможность правильно оценить параметров проектируемых приборов и определить соответствующие режимы их работы. При этом нужно выбрать для создания ТЭГ, полупроводниковые материалы с оптимальными параметрами. Изложено выше обусловливает актуальность проведения данного исследования.

Для определения термоэлектрических свойств полупроводников важным критерием является оценка эффективности термогенераторов, для этого применяется безразмерный параметр эффективности (ZT), определяемый формулой:

$$ZT = \frac{S^2 \sigma T}{\kappa},$$

где, Z - коэффициент Зеебека, σ - электрическая проводимость, κ - теплопроводность, T — абсолютная температура.

Максимальные значения ZT достигаются при балансе между высокой проводимостью и низкой теплопроводностью [3]. К полупроводниковым материалам, которые имеют высокие показатели ZT и широко используются в термоэлектрических системах относятся материалы, такие как теллурид висмута (Bi_2Te_3), сульфиды и селениды.

Для термогенераторов медицинского назначения используются следующие полупроводники, как теллурид висмута (Bi_2Te_3), который является хорошим изученным материалом с высоким ZT при комнатной температуре. Этот материал используется для миниатюрных термогенераторов, работающих

на температурной разнице между телом и окружающей средой. С множеством хорошими показателями, этот материал имеет некоторый недостаток, как токсичность при изготовлении. Второй тип полупроводниковых материалов, нано структурированные материалы, которые основаны на внедрение наночастиц и квантовых точек, что позволяют уменьшить теплопроводность за счет рассеяния фононов и улучшают их термоэлектрические характеристики. Третьим типом являются органические полупроводники. К ним относятся полианилин и политиофен, отличающие гибкостью и биосовместимостью, что делает их перспективными для медицинских устройств.

Ещё одним из важных параметров ТЭГ является Электродвижущая сила (ЭДС) термопар. Величина параметра обычно достигает долей вольта. Для увеличения мощности устройства используется последовательное соединение термопар. Известно, ЭДС термопар не всегда растет равномерно при нагреве (например, преувеличение температуры термопары из меди и железа увеличивается пропорционально ЭДС, но с определенной точки наблюдается инверсия полярности). В таблице №1 приведено результаты эксперимента относительно материала термопар из меди ижелеза.

Таблица №1

Температура нагрева, ^{0}C	100	200	400	541
ЭДС, В	0,00113	0,00171	0,00120	0

Падения ЭДС связано с разной скоростью изменения напряжения в материалах, из которых состоит термопара. Вначале один материал генерирует больший потенциал, но по мере роста температуры второй материал начинает обладать высокий потенциал чем первый. Это объясняет инверсию напряжения.

Для повышения эффективности ТЭГ нужно выбирать материалы с низким сопротивлением и со стабильной ЭДС, которых не наблюдается замедления роста ЭДС или смены полярности с увеличением температуры. В том числе

нужно учитывать электрическое сопротивления, целесообразно выбирать материалы с минимальным электрическим сопротивлением, что позволяет получить больший ток при одинаковой ЭДС.

Для научных исследований применяются термопары из дорогостоящих материалов, таких как платина.

В промышленности и технических направлениях целесообразно применять полупроводниковые материалы для термопар ТЭУ такие как железо, медь для часто используемой сплава константана (сплав 60% меди и 40% никеля), хромель (90% никеля и 10% хрома), алюмель (95% никеля и 5% алюминия), нихром (80% никеля и 20% хрома) и другие.

Разность потенциалов между ветвями даёт ЭДС термопары. Это зависит от материалов термопар. Например, первый материал генерирует потенциал 2 мВ, другой (-3) мВ, то ЭДС термопары составит:

$$E=2-(-3)=5 \text{ мВ}$$

Для медицинских целей разрабатываются специализированные низкотемпературные сплавы и биосовместимые материалы.

В медицинской технике создание перспективных диагностических и профилактических устройств, остаётся актуальной задачей для учёных этой области. Применение ТЭГ даёт возможность создания устройств и приборов для медицины, обеспечивая автономное питание и повышая эффективность энергопреобразования. Разработка новых конструкций из полупроводниковых материалов открывает перспективы для создания приборов, способных воздействовать на отдельные участки организма, что представляет собой значительное достижение в области термоэлектрического приборостроения.

Список литературы

1. М.А. Хазамова. Разработка термоэлектрических полупроводниковых устройств для применения в медицинской практике. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020;47 (2):18-29. DOI:10.21822/2073-6185-2020-47, стр.18-29

2. A.M.Kasimaxunova, Maxsudjon Norbutaev, Madinaxon Baratova Thermoelectric Generator For Rural Conditions, Scientific progress. 2021. №6., PP 302-308

3. Шостаковский П.*Г.* Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники. Компоненты и технологии. 2009. №12.

4. Анатычук Л.И. Термоэлектричество. Термоэлектрические преобразователи энергии. – Киев, Черновцы: Институт термоэлектричества, 2003.

5. Епифанов В. А. Восстановительная медицина: М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. 304 с.

6. Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Рагимова Т.А. Исследование термоэлектрического устройства для термопунктуры, Термоэлектричество. 2017. № 1. с. 33-40.

7. Sennoga Twaha, Jie Zhu, Yuying an, Bo Li A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement / Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 65, November 2016.pp. 698-726

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ КАК ФАКТОРА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

[1]Хуснутдинов Азат Назипович, [2] Турсуналиев Санжарбек Мухамаджон угли

[1] khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru, [2]kgeu-et@yandex.ru

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

***Аннотация**. В данной статье рассматривается анализ влияния величины магнитной индукции в электродвигателе электропоезда метрополитена с применением программы Ansys Maxwell. Особое внимание уделяется его отрицательному воздействию на зубцы ротора электродвигателя модели ДАТЭ-170-4У2, а также предлагаются рекомендации по их устранению.*

***Ключевые слова**: электродвигатель, магнитная индукция, метрополитен, зубцы ротора.*

Современные электродвигатели электропоездов метро сталкиваются с растущими требованиями к эффективности, надежности и экологической безопасности [1]. Эффективность и надежность работы электродвигателей во многом зависят от их технологических и эксплуатационных показателей. Одним из показателей продолжительности жизненного цикла используемого в электропоезде электродвигателя является показатель магнитной индукции в его электромагнитных элементах. В этом контексте анализ показателя магнитной индукции электродвигателя играет важную роль в обеспечении эффективной и устойчивой работы электроприводов и транспортных систем в целом. Анализ распределения магнитной индукции позволяет выявить потенциальные проблемные зоны, такие как области с низкой индукцией или неоднородным распределением, которые могут привести к снижению эффективности или возникновению нежелательных электромагнитных явлений [2-4].

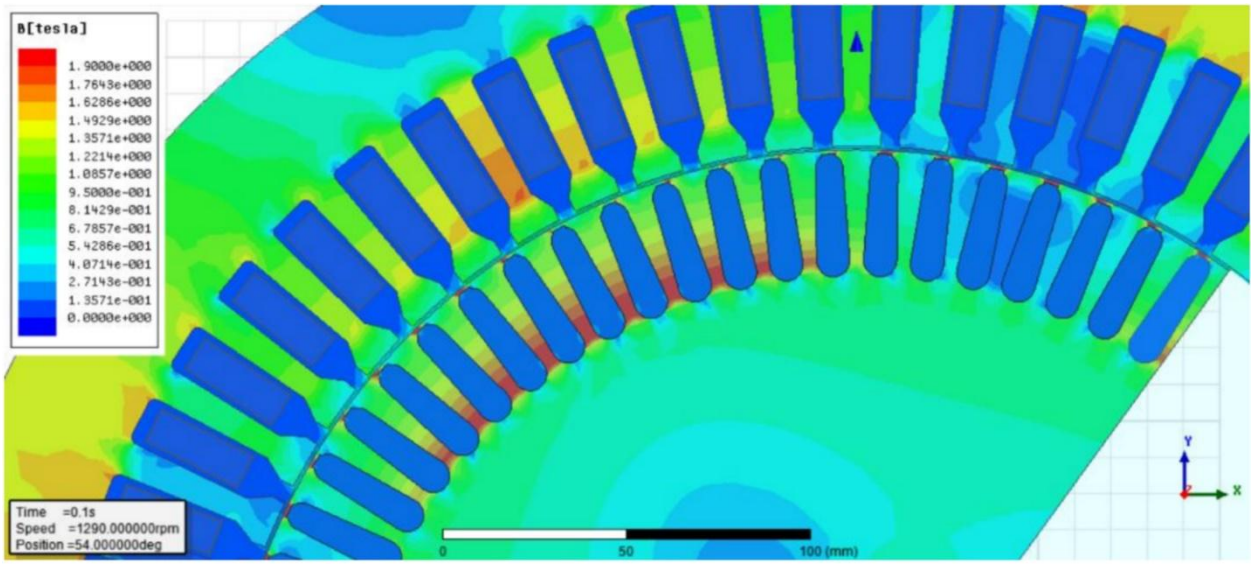


Рис. 1. Плотность распределения магнитной индукции в пазах двигателя.

Моделирование и анализа показателей электродвигателей производился с помощью программного пакета Ansys Maxwell. Он предлагает набор инструментов для моделирования и анализа электродвигателей, используя продвинутые численные методы, основанные на методе конечных элементов (МКЭ), для решения уравнений электромагнетизма и предсказания электромагнитных полей и характеристик электродвигателей [3, 5].

В качестве примера был взят тяговый асинхронный электродвигатель ДАТЭ-170-4У2, применяемый в вагонах типа 81-740/741 «Русич». В настоящее время такие вагоны эксплуатируются в Московском, Казанском и Софийском метрополитене. На рисунке изображен градиент плотности распределения магнитной индукции в пазах двигателя.

По результатам моделирования, максимальное значение магнитной индукции, относительно других частей двигателя, составляет 1,9 Тл и приходится на область зубцовой зоны ротора. Допустимые значения магнитной индукции для стали 2013 колеблются в пределах 1,5-1,7 Тл [6]. Из-за превышения допустимого показателя магнитной индукции в области зубцов ротора материал может достичь своего предельного насыщения. Это может привести к увеличению магнитного сопротивления и падению величины магнитной индукции, что может снизить эффективность работы двигателя. Также может приводить к увеличению дополнительных потерь, таких как потери от вихревых токов и перенамагничивания. Это приводит к повышению температуры в этой области и снижению общей эффективности работы двигателя. Для предотвращения негативных воздействий превышающей показатели магнитной индукции предлагается [4, 7]:

- проектирование эффективной системы охлаждения, которая поможет управлять нагревом зубцов и снизить негативное воздействие магнитной индукции;

- разработать оптимальные формы зубцов, способствующие равномерному распределению магнитной индукции и снижению концентрации напряжений;

- использовать материалы с высокой проницаемостью, что поспособствует снижению показателя магнитной индукции в зубцах ротора и улучшению работы электродвигателя.

Список литературы

1. Ле С.Х. Оценка эффективности применения систем асинхронного тягового привода электроподвижного состава // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. – 2014. – С. 6-10.

2. Вавилов В.Е., Саяхов И.Ф. Исследование магнитного поля реакции ротора асинхронного электродвигателя // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2016. – Т. 12. – №. 1. – С. 13-19.

3. Pavlov P. et al. Testing digital instruments and power systems devices // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Т. 216. – С. 01063.

4. Яшагина А.В. Анализ оценки показателей надежности электроподвижного состава городского электротранспорта // Тинчуринские чтения-2022" Энергетика и цифровая трансформация". – 2022. – С. 388-390.

5. Федорова Н.Н., Вальгер С.А., Данилов М.Н., Захарова Ю.В. Основы работы в ANSYS 17. – М.: ДМК Пресс, 2017. 210 с.

6. И.П. Копылов, Б.К. Клоков Справочник по электрическим машинам: В 2 т./ Т. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. 456 с.

7. Ваганов М.А., Пименова И.А. Оптимальные значения магнитных индукций в магнитной цепи асинхронных двигателей // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ. – 2014. – №. 10. – С. 38-44.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛИНЫ ПУТИ СМЕШЕНИЯ СТОЧНЫХ И РЕЧНЫХ ВОД НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Абдуллаев Бахром Халилжонович.

Ферганский государственный технический университет (ФГТУ)

E-mail: baxrom-abdullaev@inbox.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты определения расстояния до створа полного смешения сточных и речных вод. Приведены основные формулы и методики, разработанные В. А. Фроловым, И. Д. Родзиллером, М. В. Потаповым, Л. Г. Демидовым и другими исследователями. Описываются подходы к расчету коэффициента турбулентной диффузии, коэффициента извилистости русла, а также учитываются условия выпуска сточных вод (у берега, у фарватера, на изгибах русла)..*

Ключевые слова: *смешение вод, сточные воды, створ полного смешения, коэффициент турбулентной диффузии, коэффициент извилистости, гидравлические условия, формула Фролова, формула Родзиллера, формула Демидова, диффузия, циркуляция, расчет длины перемешивания.*

Вопрос об определении створа полного смешения в теории взаимодействия речных и сточных вод имеет важное теоретическое и практическое значение. Изучение процессов смешения играет ключевую роль при оценке степени самоочищения водоёмов, выборе оптимальных мест выпуска сточных вод, а также при прогнозировании гидродинамических и экологических последствий сброса.

Проблема нахождения створа полного смешения рассматривалась в трудах многих исследователей, среди которых особое место занимают работы В. А. Фролова, И. Д. Родзиллера, Л. Г. Демидова и других авторов, внёсших значительный вклад в развитие теории турбулентного перемешивания. Их исследования позволили определить закономерности формирования зон разбавления и установить зависимости длины пути полного смешения от гидродинамических параметров потока, концентрации примесей и морфометрических характеристик русла реки.[1]

В настоящее время данный вопрос сохраняет актуальность в связи с возрастающими требованиями к экологической безопасности и рациональному использованию водных ресурсов, особенно в районах расположения энергетических и промышленных объектов, где сброс сточных вод требует строгого контроля и научно обоснованного подхода.

В. А. Фролов для определения расстояния до створа, расположенного на расстоянии $l_{см}$ от выпуска сточных вод, предлагает формулу

$$l_{см} = \left[\frac{1}{\alpha} 2{,}3 \lg \frac{k_{ст} - k_к}{k_{\max} - k_к} \right]^3 \qquad (1)$$

где α - коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения; $k_{ст}$ - концентрация вещества в сточной воде; $k_к$ - конечная усредненная

концентрация веществ в створе полного смешения; $k_{\max}$ - максимальная концентрация вещества в искомом створе.[2]

Для определения коэффициента α В. А. Фроловым найдена эмпирическая зависимость

$$\alpha = \varphi\xi\sqrt{\frac{E}{q_{cm}}} \tag{2}$$

где φ - коэффициент извилистости реки, равный отношению полной длины русла l от сброса до заданного створа к расстоянию между этими створами по прямой l_1 т. е. $\varphi = \frac{l}{l_1}$; ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод; при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске на середину $\xi = 1{,}5$; q_{cm} - расход сточных вод;_ E - коэффициент турбулентной диффузии.

Анализ формулы (1) показывает изменение расстояния $l_{см.\max}$ в зависимости от изменения концентрации вещества в речной и сточной водах при постоянных величинах Q (расход реки), q и H. Эта формула, как совершенно правильно заметил И.Д. Родзиллер, приводит к некоторым несообразностям и расхождению с натурными наблюдениями. [3] И. Д. Родзиллер дает следующую формулу, уточняющую формулу В. А. Фролова:

$$l_{см} = \left[\frac{1}{\alpha}\ln\frac{Q}{\left(\frac{100}{p}-1\right)q_{cm}}\right]^3 = \left[\frac{2{,}3}{\alpha}\lg\frac{Q}{\left(\frac{100}{p}-1\right)q_{cm}}\right]^3 \tag{3}$$

Учитывая, что для целей водоснабжения обеспеченность смешения допустимо принимать равной $p = 85\%$, эту формулу можно переписать в виде:

$$l_{см} = \left[\frac{2{,}3}{\alpha}\lg\frac{5{,}68\cdot Q}{q_{cm}}\right]^3. \tag{4}$$

Значение коэффициента турбулентной диффузии определяется для приближенных расчетов на равнинных реках (при $c \geq 50$) по формуле М. В. Потапова

$$E = \frac{1}{200} H_{ср} \vartheta_{ср},$$

а для более точных расчетов — по формуле В. М. Маккавеева или А. В. Караушева

$$E = \frac{g H_{ср} \vartheta_{ср}}{2mC}$$

где C - коэффициент Шези; m - коэффициент Базена - Буссинеска, равный 22,3. Формула В. М. Маккавеева позволяет учитывать гидравлические условия русла и поэтому применима для всех водотоков, а не только для равнинных.[4]

Если по ходу расчета требуется определить только длину пути полного перемешивания (без последующего определения коэффициента разбавления в промежуточных створах) и если величина E может быть найдена по формуле М. В. Потапова, то формулу (4) можно переписать в относительно развернутом виде, а именно:[5]

$$l_{см} = \frac{2{,}3^3 \cdot 200}{\varphi^3 \xi^3 H_{ср} \vartheta_{ср}} \left[\lg \frac{5{,}68 \cdot Q}{q_{ст}} \right]^3$$

Или

$$l_{см} = \frac{2433{,}4 q_{ст}}{\varphi^3 \xi^3 H_{ср} \vartheta_{ср}} \left[\lg \frac{5{,}68 \cdot Q}{q_{ст}} \right]^3 \qquad (5)$$

И. Д. Родзиллер предлагает определять E по формуле:

$$E = \frac{l_1}{l} \frac{\vartheta_{ср}}{\vartheta_3} E_1 + \frac{1}{l} \sum_{i=2}^{n} l_i E_i \qquad (6)$$

где l - полная длина участка; $l_1, l_2, \ldots, l_n$ - длина участков с одинаковыми гидравлическими условиями; $\vartheta_{ст}$ - скорость подхода сточных вод к водотоку,; ϑ_3 - скорость течения водотока в загрязненной струе; эта величина определяется

только наблюдениями в натуре; для проектируемых сооружений вместо ϑ_3 можно подставить $\vartheta_{ср}$ реки в створе поступления стоков, при этом, если $\vartheta_{ст} < \vartheta_3$ или $\vartheta_{ст} < \vartheta_{ср}$. то принимается $\frac{\vartheta_{ст}}{\vartheta_3} = 1$.

Даже при уточнении величины E указанным методом получается санитарный запас около 10%. Всего Л. Г. Демидовым предложено пять формул:

1) при выпуске с берега на прямом участке реки:

$$l_{см} = n\vartheta_{ср}\left(\frac{Q}{H_{ср}\vartheta_{ср}} - \sqrt[3]{q_{ст}}\right)\left(\frac{1}{\vartheta_n} + \frac{2}{\vartheta_n + A_0}\right) \qquad (7)$$

или, подставляя

$$c_1 = \left(\frac{1}{\vartheta_n} + \frac{2}{\vartheta_n + A_0}\right)$$

$$l_{см} = n\vartheta_{ср}c_1\left(\frac{Q}{H_{ср}\vartheta_{ср}} - \sqrt[3]{q_{ст}}\right) \qquad (8)$$

2) при выпуске у фарватера на прямом участке реки

$$l_{см} = n\vartheta_{ср}c_2\left(\frac{Q}{H_{ср}\vartheta_{ср}} - \sqrt[3]{q_{ст}}\right) \qquad (9)$$

где

$$c_2 = \left(\frac{2}{\vartheta_n + A_0}\right)$$

3) при выпуске с берега на выпуклом изгибе реки

$$l_{см} = \left(\frac{Q}{H_{ср}\vartheta_{ср}} - \sqrt[3]{q_{ст}}\right)\left[n_1\left(\frac{\vartheta_{ср}}{\vartheta_{п.и}} - tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right) + n\left(\frac{\vartheta_{ср}}{\vartheta_{п.и} + A_0} - tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right)\right] \qquad (10)$$

здесь и далее $\vartheta_{п.и}$ - средняя по сечению скорость поперечной циркуляции на изгибе, определяемая по формуле

$$\vartheta_{п.и} = \sqrt{\frac{2\vartheta_{ср}^2}{r}} = \frac{\vartheta_{ср}}{\sqrt{0{,}5r}}, \qquad (11)$$

где r - радиус изгиба по оси потока, соответствующий углу изгиба β.

Поэтому

$$\vartheta_{n.u} = \sqrt{\frac{2\vartheta_{cp}^2}{r}} = \frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_{n.u.}} = \frac{\vartheta_{cp}\sqrt{0{,}5r}}{\vartheta_{cp}} = \sqrt{0{,}5r} \qquad (12)$$

и формулу (8.60) можно переписать в виде:

$$l_{см} = \left(\frac{Q}{H_{cp}\vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}}\right)\left[n_1\left(\sqrt{0{,}5r} - tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right) + n\left(\frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_{n.u} + A_0} - tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right)\right] \qquad (13)$$

4) при выпуске с берега на вогнутом изгибе реки с учетом формулы

$$l_{см} = \left(\frac{Q}{H_{cp}\vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}}\right)\left[n_1\left(\sqrt{0{,}5r} + tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right) + n\left(\frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_{n.u} + A_0} + tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right)\right] \qquad (14)$$

5) при выпуске у фарватера на изгибе реки

$$l_{см} = n\left(\frac{Q}{H_{cp}\vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}}\right)\left[\left(\frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_{n.u} + A_0} - tg\frac{180^\circ - \beta}{2}\right)\right] \qquad (15)$$

В этих формулах: n - доля ширины реки от берега до фарватера на прямом участке (обычно принимается $n = 0{,}6$) или от выпуклого берега до фарватера на изгибе; n_1 - доля ширины реки от вогнутого берега до фарватера, следовательно, всегда $n + n_1 = 1$; A_0 - линейный коэффициент турбулентной диффузии или глубина проникания молекул из одной области в другую; при ширине турбулентной диффузии, обычно принимаемой равной единице, и при площади сечения в области диффузии, также равной единице, числовые значения находятся по формуле.

Заключение. Проведённый гидродинамический анализ процессов смешения сточных и речных вод на энергетических станциях показал, что длина пути полного смешения существенно зависит от режима течения, скорости основного потока, температуры, плотности сточных вод, а также конструктивных особенностей выпускных сооружений. Исследование подтвердило, что при правильно организованном выпуске сточных вод в водоём-охладитель возможно достичь равномерного распределения загрязняющих веществ и тепловой энергии на относительно коротком участке реки, что

способствует повышению эффективности процессов самоочищения и снижению негативного воздействия на экосистему.

Использованная литература

1. Ибад-Заде Ю. А., Гурбанов С. Г., Азизов С. Г. К вопросу смешения разноплотностных жидкостей при донном выпуске отработанных вод в море.— В кн.: Материалы научно-технич. конференции по состоянию и перспективам использования и охраны водных ресурсов АзССР. Баку, 1973.

2. Ляхтер В. М. Условия формирования плотностного течения в водоемах. — В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. М. — Л., Энергия, 1964, вып. XI.

3. Масс Е. И., Теплицкий Э. Ш., Какичашвили. Оптические методы в прикладной гидродинамике. Тбилиси, Сабчота Сакартвело, 1973.

4. Чўлпонов О.Ғ Худайкулов С.И. Кўп фазали оқимларда ҳаво оқимининг тўла ички ҳажм бўйича тарқалишини ҳисоблаш. Фарғона политехника институти, илмий – техника журнали.2022 . Махсус сон.Том 26. № 2. 82-88.

5. Худайбердиев Н.Т, Худайкулов С.И.Сейсмические давление и разрушение уединенной волны. IQRO JURNALI / 2023 VOL – 1 ,ISSUE – 2. GUVOHNOMA № 060680 https://wordlyknowledge.uz/.

6. Khaydarov Sh.E., Khudaikulov S. I. Calculations of regulation of the drain front of the Rezaksay reservoir. NOVATEUR PUBLICATIONS INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIONS IN ENGINEERING RESEARCH AND TECHNOLOGY [IJIERT] ISSN: 2394-3696 Website: ijiert.org VOLUME 10, ISSUE 3, Mar. -2023. 55-59.

QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA INFRATUZILMASINI AVTOMATLASHTIRISHDA SENSOR VA ROBOTLASHTIRISH TIZIMLARINING O‘RNI

Oxunov Shohjaxon Obidjon o‘g’li

Shoxjaxonoxunov@gmail.com.

Farg’ona davlat texnika universiteti, assistenti

Annotatsiya. *Mazkur maqolada qayta tiklanuvchi energiya infratuzilmasini avtomatlashtirishda sensorlar va robotlashtirish tizimlarining o‘rni keng yoritilgan. Quyosh, shamol, gidro, geotermal hamda biomassa kabi energiya manbalarida avtomatlashtirish texnologiyalarining joriy etilishi samaradorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashga xizmat qilishi tahlil qilingan. Shuningdek, sun’iy intellekt, IoT va raqamli egizaklar (digital twins) texnologiyalarining integratsiyasi orqali energiya tizimlarini optimallashtirish, bashoratli texnik xizmat ko‘rsatishni yo‘lga qo‘yish hamda xavfsizlikni oshirish masalalari ko‘rib chiqilgan. 2025 yil uchun prognozlar asosida AI va robotika texnologiyalari energiya ishlab chiqarish samaradorligini 20–30% ga oshirishi va uglerod chiqindilarini 15–20% ga kamaytirishi qayd etilgan. Maqola yakunida ushbu sohadagi qiyinchiliklar, ularning yechimlari hamda kelajakdagi istiqbollar haqida xulosa berilgan.*

Kalit so‘zlar: *Qayta tiklanuvchi energiya, avtomatlashtirish, sensorlar, robotlashtirish tizimlari, sun’iy intellekt (AI), IoT, raqamli egizaklar, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, gidroenergiya, energiya saqlash tizimlari, ekologik barqarorlik, smart grid.*

Kirish. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari, ya’ni quyosh, shamol, gidro, geotermal va biomassa, global energetika sohasida muhim o‘rin egallamoqda. Jahon Energiya Agentligi (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, 2022-2027 yillarda qayta tiklanuvchi energiya quvvati 2400 gigavattga yetishi kutilmoqda, bu Xitoyning hozirgi umumiy energiya quvvatiga teng. Bu o‘sish infratuzilmani rivojlantirishda yangi texnologiyalarni joriy etishni talab qiladi. Sensorlar va robotlashtirish tizimlari avtomatlashtirish jarayonida asosiy rol o‘ynaydi, chunki ular energiya ishlab

chiqarishni optimallashtiradi, xarajatlarni kamaytiradi va ekologik muammolarni hal qiladi.

Sensorlar atrof-muhitdagi o‘zgarishlarni, masalan, harorat, shamol tezligi, quyosh nurlanishi yoki suv oqimi kabi parametrlarni aniqlaydi va real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ib, tahlil qiladi. Robotlashtirish tizimlari esa avtonom yoki yarim avtonom qurilmalar (dronlar, robot qo‘llar, avtomatik tizimlar) orqali inson mehnatini minimallashtirib, jarayonlarni tezlashtiradi va xavfsizlikni oshiradi. Ushbu texnologiyalar quyosh, shamol, gidro va energiya saqlash tizimlarida keng qo‘llanilmoqda, bu infratuzilmani barqaror va samarali qiladi.

2025 yilda sun’iy intellekt (AI) va robotika qayta tiklanuvchi energiya sohasida katta o‘zgarishlarni keltirib chiqarmoqda. Masalan, AI va robotlarning integratsiyasi texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini 30% ga kamaytiradi va energiya ishlab chiqarish samaradorligini 20-30% ga oshiradi. AI-powered dronlar energiya aktivlarini real vaqt rejimida kuzatib, bashoratli texnik xizmat ko‘rsatishni ta’minlaydi. Ushbu texnologiyalar nafaqat ishlab chiqarishni optimallashtiradi, balki uglerod emissiyasini kamaytirib, ekologik barqarorlikka hissa qo‘shadi.

Quyosh energiyasida sensor va robotlashtirishning o‘rni

Quyosh energiyasi qayta tiklanuvchi energiyaning eng jadal rivojlanayotgan turi hisoblanadi. Yevropa Quyosh Energiyasi Assotsiatsiyasi (SolarPower Europe) ma’lumotlariga ko‘ra, 2030 yilga kelib Yevropada quyosh energiyasi quvvati 600 GVt ga yetadi. Quyosh panellarini o‘rnatish va ularga texnik xizmat ko‘rsatishda robotlar va sensorlar muhim rol o‘ynaydi.

Quyosh panellarini o‘rnatishda robotlashtirish tizimlari jarayonni avtomatlashtiradi. Masalan, robotlar quyosh panellarini aniq joylashtirib, inson xatolarini kamaytiradi va o‘rnatish jarayonini 3-5 barobar tezlashtiradi. Bu nafaqat vaqtni, balki mehnat xarajatlarini ham qisqartiradi. Sensorlar quyosh nurlanishini o‘lchab, panellarni optimal burchakda joylashtirishni ta’minlaydi, bu esa energiya ishlab chiqarishni 20-30% ga oshiradi. Misol uchun, quyosh fermalarida ishlatiladigan termografik va infraqizil sensorlar panellardagi nuqsonlarni aniqlaydi, bu esa erta ta’mirlash orqali energiya yo‘qotishlarini oldini oladi.

Texnik xizmat ko‘rsatishda dronlar va robotlar keng qo‘llanilmoqda. Quyosh fermalarida chang, qum va boshqa axlatlarni tozalash uchun maxsus robotlar ishlatiladi. Bu robotlar changni kimyoviy moddalarsiz tozalaydi, bu esa panellarning umrini uzaytiradi. Raqamli egizaklar (digital twins) texnologiyasi quyosh fermalarini loyihalashtirish va boshqarishda qo‘llaniladi. Bu tizimlar AI va sensorlar yordamida real vaqt rejimida ma’lumotlarni tahlil qilib, ishlab chiqarishni optimallashtiradi va xarajatlarni 30% ga kamaytiradi. 2025 yilda quyosh hujayralarining mikroskopik nuqsonlarini aniqlash uchun AI va robotika qo‘llanilmoqda, bu esa sifatni oshiradi.

Shuningdek, quyosh energiyasi infratuzilmasida IoT (Internet of Things) sensorlari energiya oqimini kuzatadi va talabga qarab tizimni sozlaydi. Masalan, ob-havo ma’lumotlarini tahlil qilib, panellarni moslashtirish orqali energiya samaradorligi oshiriladi. Quyosh energiyasi sohasida sensorlar va robotlar nafaqat samaradorlikni oshiradi, balki xavfsizlikni ta’minlaydi, chunki xavfli sharoitlarda inson mehnati o‘rniga robotlar ishlaydi.

Shamol energiyasida sensor va robotlashtirishning o‘rni

Shamol energiyasi qayta tiklanuvchi energiyaning muhim segmenti bo‘lib, 2030 yilga kelib uning quvvati 500 GVt dan oshishi prognoz qilinmoqda. Shamol turbinalari odatda baland va uzoq joylarda joylashgan bo‘lib, ularga texnik xizmat ko‘rsatish qimmat va xavflidir. Sensorlar va robotlar bu muammoni hal qilishda muhim yordam beradi.

Shamol turbinalarini inspektsiya qilishda dronlar keng qo‘llaniladi. Yuqori aniqlikdagi kameralar va termal sensorlar bilan jihozlangan dronlar turbina pichoqlaridagi nuqsonlarni, masalan, yoriqlar yoki eskirishlarni aniqlaydi. Bu jarayon an’anaviy usullarga nisbatan vaqtni 50% ga qisqartiradi va xavfsizlikni oshiradi. Dengizdagi (offshore) shamol fermalarida robotlar og‘ir ob-havo sharoitlarida ishlaydi, bu esa ta’mirlash jarayonini 25% ga tezlashtiradi. Masalan, X-Laboratory kompaniyasi dengizdagi turbinalarni o‘rnatishda kranlarni boshqaruvchi robotik tizimlarni ishlab chiqmoqda.

Robot qo‘llar turbina pichoqlarini ta’mirlash va silliqlashda ishlatiladi. Bu jarayonlar an’anaviy usullarga nisbatan soatlab vaqtni tejaydi va pichoqlarni

muvozanatlashda yuqori aniqlikni ta’minlaydi. Sensorlar shamol tezligi, turbina aylanishlari va ichki komponentlarning holatini real vaqt rejimida kuzatadi. Bu ma’lumotlar bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish (predictive maintenance) uchun ishlatilib, kutilmagan nosozliklarni oldini oladi. 2025 yilda AI-powered dronlar shamol turbinalarini real vaqt rejimida kuzatib, nosozliklarni erta aniqlash imkonini beradi.

Shamol energiyasi sohasida AI va sensorlar talab va ta’minotni bashorat qilishda muhim rol o‘ynaydi. Masalan, ob-havo ma’lumotlari va energiya iste’moli tahlil qilinib, turbinalar optimal rejimda ishlaydi, bu esa energiya yo‘qotishlarini 15-20% ga kamaytiradi. Offshore shamol fermalarida suv osti robotlari ta’mirlash ishlarini bajaradi, bu esa xodimlar uchun xavfli vazifalarni yo‘q qiladi.

Gidroenergiya va boshqa qayta tiklanuvchi manbalarda sensor va robotlashtirish

Gidroenergiya suv oqimidan energiya olish uchun ishlatiladi va global qayta tiklanuvchi energiyaning muhim qismidir. Robotlar gidro turbinalarining qismlarini, masalan, wicket darvozalarni payvandlashda ishlatiladi. Bu darvozalar katta va murakkab bo‘lib, an’anaviy usullar bilan payvandlash uzoq vaqt talab qiladi. Robotlar esa aniqlikni oshirib, jarayonni tezlashtiradi.

Geotermal energiyada robotlar burg‘ulash va texnik xizmat ko‘rsatishda qo‘llaniladi. Suv osti robotlari geotermal zavodlarda ishlaydi, bu esa xavfli sharoitlarda inson mehnatini kamaytiradi. Masalan, Ispaniyaning NIDO Robotics kompaniyasi geotermal tizimlar uchun maxsus suv osti robotlarini ishlab chiqargan.

Biomassa energiyasida robotlar xom ashyoni qayta ishlashni avtomatlashtiradi. Masalan, biomassni elektr energiyasiga aylantirish jarayonlari robotlar yordamida tezlashtirilmoqda. Sensorlar esa biomassning sifati va energiya ishlab chiqarish jarayonini kuzatadi, bu esa samaradorlikni oshiradi.

Sensorlar barcha qayta tiklanuvchi energiya manbalarida muhim: ular ma’lumotlarni yig‘ib, tahlil qilib, tizimlarni optimallashtiradi. 2025 yilda robotika va masofaviy operatsiyalar xavfsizlikni oshirib, chiqindilarni 10-15% ga kamaytiradi.

Energiya saqlash tizimlarida sensor va robotlashtirish

Energiya saqlash tizimlari qayta tiklanuvchi energiyaning barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Robotlar batareyalarni zaryadlash va almashtirishni avtomatlashtiradi. Masalan, avtomatik batareya almashtirish tizimlari energiya saqlash inshootlarida ish vaqtini qisqartiradi va tizimning uzluksiz ishlashini ta’minlaydi.

Sensorlar batareya holatini, masalan, harorat, zaryad darajasi va eskirishni kuzatadi. Bu ma’lumotlar bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish uchun ishlatiladi, bu esa kutilmagan nosozliklarni oldini oladi. AI algoritmlari energiya ta’minoti va talabini tahlil qilib, saqlash tizimlarini optimallashtiradi. 2025 yilda AI energiya saqlash tizimlarida, masalan, ma’lumotlar markazlari uchun qo‘llanilmoqda, bu esa energiya samaradorligini 25% ga oshiradi.

Adabiyotlar

1. International Energy Agency (IEA). Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2027. Paris: IEA Publications, 2023.
2. SolarPower Europe. EU Solar Market Outlook 2023–2027. Brussels, 2023.
3. X-Laboratory. Offshore Wind Robotics and Automation Report. London, 2024.
4. NIDO Robotics. Subsea Robotics for Geothermal Applications. Madrid, 2023.
5. IEA Technology Report. Digitalization and Artificial Intelligence in Energy Systems. Paris, 2022.
6. UNIDO (2024). Robotics and AI in Renewable Energy Infrastructure. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.

BINO VA INSHOOTLARDA QO‘LLANILADIGON ISSIQLIK TA’MINOTI TIZIMIDA ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH

Xakimov Temurbek Boxodirjon o’g’li
Andijon davlat texnika instituti assistenti
Tel.: +998-94-567-56-67
E-mail: temurxakimov5667@gmail.com

Har qanday issiqlik ta’minoti tizimining vazifasi iste'molchilarini kerakli miqdorda va talab qilingan parametrli issiqlik bilan ta'minlashdan iborat. Issiqlik manbalarining iste'molchilarga nisbatan joylashishiga qarab issiqlik ta'minoti tizimlari markazlashtirilmagan va markazlashtirilgan turlarga bo'linadi. Markazlashtirilmagan tizimlarda issiqlik manbalari bilan iste’molchilarning issiqlikni qabul qiluvchi moslamalari yagona bir qurilmaga birlashtirilgan bo‘ladi yoki ular shunchalik o‘zaro yaqin joylashgan bo‘ladiki, issiqlikning manbadan iste'molchiga uzatilishi oraliq bo'g'insiz. ya'ni issiqlik tarmog‘isiz amalga oshiriladi. Markazlashtirilmagan issiqlik ta’minoti tizimlari shaxsiy va mahalliy turlarga bo‘linadi. Shaxsiy issiqlik ta’minoti tizimida har bir iste’molchi alohida manbadan ta’minlanadi. Bu tizimlarga, xususan, pechli isitish kiradi. Issiqlik ta’minotining mahalliy tizimlarida har bir bino alohida issiqilik manbayidan, odatda, mahalliy qozonxonadan ta'minlanadi. Markazlashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimlarida issiqlik manbayi va iste’molchilarning issiqlikni qabul qiluvchi moslamalari bir-biriga nisbatan alohida, ko‘pincha uzoq masofada joylashgan bo‘ladi [1-3].

Issiqlik tashuvchi muhitni tayyorlash, uzatish va undan foydalanishga mo‘ljallangan qurilmalarning uyg‘un birligi markazlashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimini tashkil qiladi. Issiqlikni uzoq masofalarga uzatish (tashish) uchun ikki muhit: suv va suv bug'i qo'llaniladi. Odatda, mavsumiy yuklamalarni va issiq suv ta'minoti yuklamasini qoplash uchun issiqlik tashuvchi muhit sifatida suvdan va sanoatning texnologik yuklam asi uchun esa bug'dan foydalaniladi [4].

Issiqlik ta'minotining suvli tizimlari: Markazlashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimlari issiqlik tashuvchisiga qarab suvli va bug‘li turlarga bo‘linadi. Suvli

tizimlarning ikki turi qo‘llaniladi: yopiq va ochiq tizimlar, Yopiq tizimlarda issiqlik tarmog‘idagi suvdan faqat issiqlikni tashuvchi muhit sifatida foydalaniladi va u issiqlik tarmog'idan chetga olinmaydi. 1892-yili akademik L.A. Melentyev va boshqalar tomonidan issiqlik ta’minotining bir quvurli tizimi ishlab chiqildi va amalda qo‘llash uchun taklif qilindi. Bu taklifning asosiy g'oyasi — isitish qurilmasidan keyin issiq suv ta’minotiga berilgan tarmoq suvining hammasi unda foydalaniladi. Bunday tizimlarlarda qaytish quvuriga hojat qolmaydi, shuning uchun issiqlik tarmog‘ini qurish uchun ketadigan boshlang'ich xarajatlar keskin kamayadi, Shunga qaramasdan, bu tizim lar kam ishlalatiladi, chunki ulardagi suvning sarfi mijozlar tomonidan iste’mol qilinayotgan suv miqdoriga teng bo‘lishi kerak, bu shartni bajarish uchun esa har doim ham imkoniyat bo‘lavermaydi. Ammo bir quvurli tizimlar issiqlik manbayidan katta masofalarda (5-10 km) joylashgan iste’molchilar guruhigacha issiqlikni yetkazish uchun foydalanilishi mumkin. Bu holda iste’molchilar guruhi joylashgan tuman chegarasida ikki va ko'p quvurli issiqlik tarmog‘i va tuman chegarasidagi issiqlik tarmog‘i turlicha gidravlik va issiqlik holatlarida ishlaydi. Tumanning issiqlik tarmog‘i oddiy ikki quvurli ochiq tizim sifatida ishlab iste’molchilarni qondirishi mumkin. Bir quvurli uzatish tarmog'i esa tuman issiqlik tarm og‘ini suv bilan uzluksiz ta’minlash vazifasini bajaradi. Ochiq tizimlarda issiqlik tarmog‘idagi suv qisman yoki to‘laligicha iste’molchilar tomonidan ishlatiladi. Suvli issiqlik ta'minoti tizimlari quvurlarning soni bo'yicha bir, ikki. uch. to‘rt va ko‘p quvurli bo’lib, bu quvurlar ichida issiqlik tashuvchisi sifatida suv xizmat qiladi. [5].

Markazlashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimlarida issiqlik binolarni isitishga, ventilatsiya va havoni konditsiyalash qurilmalarida xonalarga uzatiladigan havoni qizdirishga, issiq suv ta’minotiga, shuningdek, sanoat korxonalarida past haroratli (300-350°C gacha bo‘lgan) texnologik jarayonlarga sarflanadi [6].

1.1-rasm. Zamonaviy isitish tizimining umumiy ko‘rinishi

Ko‘pchilik materiallar va ulardan tayyorlangan buyumlar ishlatilish jarayonida tashqi kuch va yuklanishlar ta’sirida bo‘ladi. Misol sifatida po‘latdan tayyorlangan avtomobil valini yoki aluminiy qotishmasidan yasalgan samolyot qanotini aytishimiz mumkin. Barcha holatlarda ularni to‘g‘ri loyihalash va keragidan ortiq deformatsiyalanishi oqibatida sinish ro‘y bermasligi uchun materiallar xossalarini bilish zarur.

Mexanik xossa deganda, materialga yuklangan yuk (yoki deformatsiya)ga bardoshliligi tushuniladi. Asosiy mexanik xossalarga qattiqlik, mustahkamlik, plastiklik va o‘ta qattiqlik kiradi. Materiallar mexanik xossalar buyumni real yuklanish holatini aks ettiruvchi mustahkam loyihalangan va tayyorlangan laboratoriya jihozlarida sinaladi. [7-10].

Foydalanilgan adabiyotlar

1 . Zuhritdinov Alisher Faraxidin o'g'li, Yo'lchiyev Mash'albek Erkinovich, Xakimov Temurbek Bahodirjon o'g'li. (2023). QATTIQ JISMLARNING CHIZIQLI KENASH KOEFFİSİENTINING HARORATGA BOG'LILIGINI O'rganish. AMALIY FAN VA TEXNOLOGIYALARNING XALQARO BULLETENI, 3(5), 888–893. https://doi.org/10.5281/zenodo.7969053

2. Alijanov, DD, & Topvoldiyev, NA (2022). Fotoelektrik quyosh panellari energiyasining fizik va texnik asoslari. Nazariy va amaliy fanlar, 501-505.

3. Donyorbek Dilshodovich Alijanov , . , & O'tkirbek Akramjonovich Axmadaliyev, . (2020). Avtomatik faralarning o'ziga xos xususiyatlari. Amerika amaliy fanlar jurnali, 2(10), 13–16. https://doi.org/10.37547/tajet/Volume02Issue10-03

4 . Olimov, L., & Anarboyev , . I. (2023). NANO-TUZILGAN SI ASOSLANGAN ENERGIYA KONVERTERI. Amaliy fan va texnologiya xalqaro byulleteni, 3(6), 248–252. https://researchcitations.com/index.php/ibast/article/view/1852 dan olindi

5 . Sharobiddinov,S., & Mamarasulov,Q. (2023). QUYOSH HAVO ISITISH KOLLEKTORINI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH. Sharh va tadqiqotlar.

6. Xolmirzayev, J. YU. (2022). ZONALNOE STROENIE KRISTALLOV V PRIBLIJENII MNOGOZONNOY (KEYNA) MODELI. Sharq Uyg'onishi: Innovatsion, ta'lim, tabiiy va ijtimoiy fanlar, 2(12), 748-753.

7. Zuhritdinov Alisher Faraxidin o'g'li, Yo'lchiyev Mash'albek Erkinovich, Xakimov Temurbek Bahodirjon o'g'li (2023). QATTIQ JISMLARNING CHIZIQLI KENASH KOEFFİSİENTINING HARORATGA BOG'LILIGINI O'rganish. AMALIY FAN VA TEXNOLOGIYA XALQARO BULLETENI SJIF = 5.955 , https://doi.org/10.5281/zenodo.7969053 .

8. Xakimov Temurbek Boxodirjon o`g`li , Rahmonov Asliddin Abdulhamid o'g'li. (2024). QUYOSH xujayrasi uchun INVERTORLAR VA NAZORATCHILARNI TANLASH. LUChShIE INTELLEKTUALNYE ISLEDOVANIYA.149-152.

9. Muhiddin Atajonov , Qudratbek Mamarasulov , Odilbek Dexqonboyev , Temur Xakimov .(2024). Fotovoltaik modul asosida quyosh panellari modelini tadqiq qilish. https://doi.org/10.1063/5.0241785 . Amaliy fan va texnikaning zamonaviy muammolariga bag'ishlangan xalqaro ilmiy konferentsiya AIP Conf. Proc.

10. Xakimov Temur , Abdumutalipov - Orzumurod o'g'li Shahobiddin .(2024). ISHLAB CHIQARISH KOMPARALARIDA ENERGIYA SAMARALILIGINI OSHIRISH UCHUN ENERGIYALARNI BOSHQARUV TIZIMINI TAMOQLASH. LUCHShIE INTELLEKTUALNYE ISLEDOVANIYA. ISSN : 3030-3680 . 81-86.

HAR BIR TUMANDA CHIQINDIXONA YONIGA MINI ZAVODLAR QURISH ORQALI ENERGIYA ISHLAB CHIQARISH

Abduxalilova Shaxnozaxon Baxtiyorbek qizi

e.mail: shaxnozaxon.abduxalilova@fstu.uz

Farg‘ona davlat texnika universiteti assistenti, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida chiqindilarni qayta ishlash va ularni yoqish orqali energiya ishlab chiqarish imkoniyatlari tahlil qilingan. Har bir tumanda chiqindixona yoniga mini energiya ishlab chiqaruvchi zavodlar qurish g‘oyasi asosida energiya ta’minotini barqarorlashtirish, atrof-muhit ifloslanishini kamaytirish va “yashil iqtisodiyot” tamoyillarini rivojlantirish masalalari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, chiqindilarni energiyaga aylantirish texnologiyasining ishlash prinsipi, iqtisodiy samaradorligi va ekologik afzalliklari bayon etiladi.*

Kalit so‘zlar: *chiqindilarni qayta ishlash, energiya ishlab chiqarish, mini zavod, ekologiya, chiqindixona, barqaror rivojlanish, yashil texnologiya, issiqlik energiyasi.*

Kirish. So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida ekologik muammolar, ayniqsa chiqindilarni to‘plash, tashish va qayta ishlash masalalari dolzarb muammo sifatida e’tirof etilmoqda. Aholining o‘sishi, urbanizatsiya va iste’mol hajmining ortishi tufayli chiqindilar hajmi yildan-yilga ko‘paymoqda. Statistika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, mamlakat bo‘yicha yiliga o‘rtacha 8 million tonnadan ortiq maishiy chiqindilar hosil bo‘ladi, shundan 90 foizdan ortig‘i chiqindixonalarga tashlanadi. Shu bois chiqindilarni qayta ishlash va ulardan energiya olish masalasi O‘zbekiston uchun strategik ahamiyatga ega.

Asosiy qism

1. Chiqindilardan energiya olish texnologiyalari

Chiqindilardan energiya olishning asosiy usullari quyidagilardan iborat:
- Yondirish (termik ishlov berish) – chiqindilarni yuqori haroratda yoqish orqali issiqlik energiyasi hosil qilish.
- Piroliz – chiqindilarni kislorodsiz muhitda parchalanishi natijasida gazsimon, suyuq va qattiq yoqilg‘i olinadi.

- Gazifikatsiya – chiqindilardan sun’iy gaz (sintez-gaz) ishlab chiqarish va uni yoqilg‘i sifatida ishlatish.
- Biometan ishlab chiqarish – organik chiqindilarni mikrobiologik parchalanish orqali biogazga aylantirish.

Bu texnologiyalar orasida mini chiqindini yoqish zavodlari O‘zbekiston sharoitida eng amaliy va iqtisodiy jihatdan qulay yechim hisoblanadi.

2. Har bir tumanda mini zavod qurish g‘oyasi

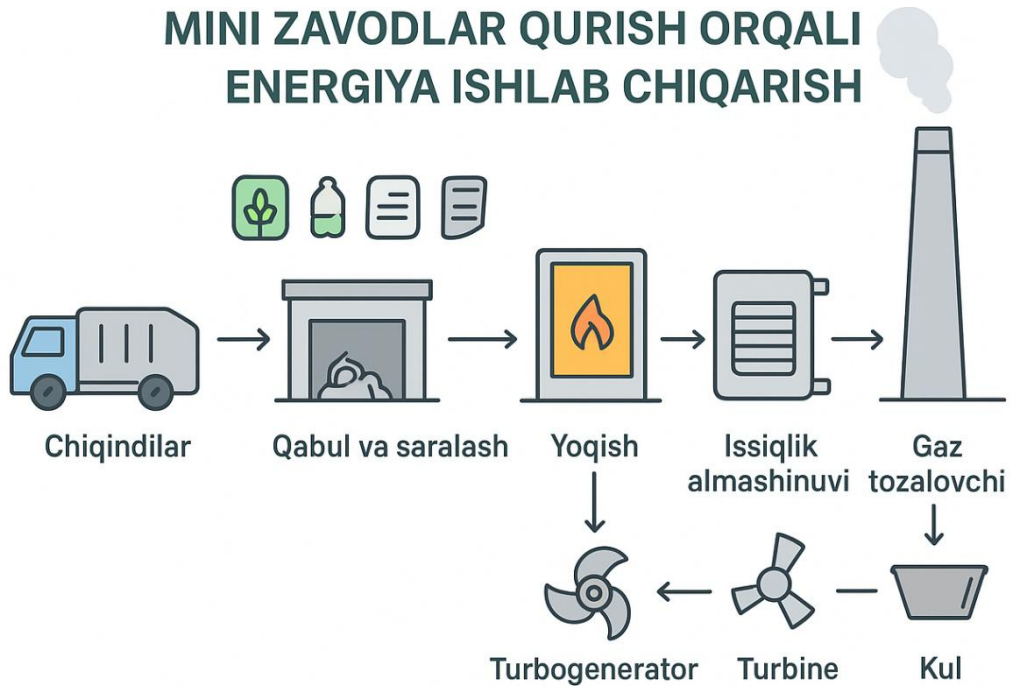
Mini chiqindi yoqish zavodi ishlash printsipi

Chiqindilarni yoqish orqali energiya olish mini zavodining ishlash prinsipi quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. Chiqindilarni yig‘ish va saralash

Har bir tumandagi chiqindixonaga maxsus konteynerlar orqali chiqindilar olib kelinadi. Zavodda chiqindilar organik, plastmassa, metall va shisha kabi turlarga ajratiladi.Faqat yoqilishga yaroqli chiqindilar (organik, plastmassa, qog‘oz, mato) keyingi bosqichga o‘tkaziladi.

2. Quritish va tayyorlash jarayoni



1-rasm. Mini chiqindi yoqish zavodining umumiy sxemasi.

Nam chiqindilar quritish barabanida 80–120°C haroratda quritiladi. Quritishdan maqsad — chiqindining issiqlik samaradorligini oshirish va barqaror yonishni ta’minlash.

3. Yoqish pechi (piroliz kamerasida)

Tayyor chiqindilar piroliz yo‘li bilan 800–1100°C haroratda yoqiladi. Yopiq tizimda kislorod cheklangan sharoitda yoqilgani sababli, chiqindidan piroliz gazi hosil bo‘ladi. Bu gaz issiqlik almashinish tizimiga yo‘naltiriladi.

4. Issiqlik almashinish tizimi

Piroliz gazining issiqligi suv qizdirgich orqali bug‘ hosil qilishga sarflanadi. Hosil bo‘lgan bug‘ bug‘ turbinasiga yo‘naltiriladi.

5. Bug‘ turbina va generator

Bug‘ turbina pichoqlarini aylantirib, mexanik energiya hosil qiladi. Generator esa bu mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiradi. Shu tariqa chiqindidan elektr energiyasi olinadi.

6. Gaz tozalash tizimi

Yoqish jarayonida hosil bo‘lgan tutun filtrlash tizimi (siklon, elektrofiltr, karbon filtri) orqali tozalanadi. Natijada havoga chiqariladigan gazlar ekologik me’yorlarga javob beradi.

Har bir tuman yoki shahar chiqindixonasi yoniga kichik quvvatli (mini tipdagi) chiqindini yoqish zavodlarini qurish orqali chiqindilarni joyida qayta ishlash imkoniyati yaratiladi.

Bu zavodlar quyidagi asosiy afzalliklarga ega:

- Transport xarajatlarini kamaytiradi – chiqindilar uzoq masofaga tashilmaydi.

- Atrof-muhitni tozalaydi – chiqindixonalardagi chiqindilar hajmi 60–70 foizgacha kamayadi.

- Energiya ishlab chiqaradi – har 1 tonna maishiy chiqindidan o‘rtacha 500–650 kVt·soat elektr energiyasi olish mumkin.

- Iqtisodiy foyda – ishlab chiqilgan energiya mahalliy tarmoqlarga uzatiladi yoki ijtimoiy obyektlarni ta’minlashda ishlatiladi.

Masalan, Farg‘ona viloyati sharoitida bitta tuman chiqindixonasida o‘rtacha 100 tonna chiqindi to‘planadi. Agar shu miqdor yoqilsa, bir sutkada 50 ming kVt·soat elektr energiyasi olish mumkin. Bu esa o‘rtacha 3 mingta xonadonning kunlik elektr ehtiyojini qoplaydi.

3. Ekologik foyda

Mini zavodlar chiqindilarni yoqish jarayonida hosil bo‘ladigan zararli gazlarni filtratsiya tizimlari yordamida zararsizlantiradi. Buning yordamida havo ortiqcha ifloslanmaydi va aholi sog‘lig‘iga ziyon yetmaydi.

Yangi avlod texnologiyalari (masalan, “plazmatik yoqish” yoki “issiq siklonli filtrlar”) havoga chiqadigan dioksin va azot oksidlarini 95 foizgacha kamaytiradi.

Shu tariqa, chiqindixonalarda yillab chirib yotadigan plastmassa, polietilen, oziq-ovqat qoldiqlari o‘rniga toza energiya olinadi.

4. Ijtimoiy va iqtisodiy ahamiyati

Har bir tumanda chiqindini qayta ishlovchi mini zavodlar quyidagi natijalarga olib keladi:

- Ish o‘rinlari yaratiladi.
- Mahalliy iqtisod rivojlanadi.
- Aholining ekologik madaniyati ortadi.
- Import energiya manbalariga qaramlik kamayadi.

5. Amaliy tajribalar

Jahon tajribasiga ko‘ra, chiqindidan energiya ishlab chiqarish tizimi Yaponiya, Germaniya, Janubiy Koreya va Shvetsiyada muvaffaqiyatli yo‘lga qo‘yilgan.

Masalan, Shvetsiya o‘z chiqindilarining 99 foizini qayta ishlaydi va hatto qo‘shni mamlakatlardan chiqindi import qilib, undan energiya oladi.

O‘zbekiston ham “Yashil iqtisodiyot strategiyasi – 2030” doirasida chiqindilarni energiyaga aylantirish bo‘yicha dasturlarni bosqichma-bosqich amalga oshirmoqda.

Xulosa. Har bir tumanda chiqindixona yoniga mini chiqindini yoqish zavodlarini qurish tashabbusi O‘zbekiston uchun ekologik, energetik va iqtisodiy jihatdan nihoyatda foydali yo‘nalishdir. Bu tizim chiqindilarni kamaytiradi, toza

energiya ishlab chiqaradi, atrof-muhitni himoya qiladi va mahalliy aholiga yangi ish o‘rinlari yaratadi.

Shu bois, bunday mini zavodlar mamlakatning har bir tumani uchun ekologik innovatsion infratuzilma sifatida qaralishi lozim.

Ular nafaqat chiqindilarni yo‘qotadi, balki kelajak avlodlar uchun toza havo va barqaror energiya manbai yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi” to‘g‘risidagi qarori, 2023-yil.

2. Abduxalilova Shaxnozakhon Baxtiyorbekqizi. Modern equipment for ecology protection. Engineer International Scientific Journal, 2025, vol. 1, special issue part 1, pp. 63–64. Toshkent davlat transport universiteti nashriyoti.

3. Xalqaro energiya agentligi (IEA) ma’lumotlari, Waste-to-Energy Outlook 2024.

4. O‘zbekiston Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi rasmiy ma’lumotlari, 2024.

5. Rahimov B. va boshqalar. Ekologik toza texnologiyalar va chiqindilarni energiyaga aylantirish. Toshkent, 2023.

ZAMONAVIY ALOQA TIZIMLAR SIGNALLARINING RIVOJLANISH TENDENTSIYASI

Ismoilov Ma’murjon Muxtorovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti
ismoilov_2722262@mail.ru, tel: 90 272 22 62

***Annotatsiya**. Maqoladi zamonaviy aloqa tizimlar signallarining rivojlanish tendentsiyalari qatorida bir necha qirralar ko’rib, o‘rganib chiqilgan. Hamda uzatishga oid usullar o‘rganib cuiaqilib tahlil o‘tkazilgan. Taqqoslashlar natijasida samarali usllarga urg’u berilgan. Xulosalarda tegishli qirralarning samaradorligi hamda halaqitbardoshligi takidlangan.*

***Абстрактный**. Среди тенденций развития сигналов современных систем связи рассмотрены и изучены несколько аспектов. Также были изучены и проанализированы способы передачи. В результате сравнений акцент был сделан на эффективных методах. В выводах подчеркивается эффективность и взаимодействие соответствующих аспектов.*

***Kalit so'zlar:** DWDM, tola-optik aloqa tarmog'i, kogorent qabul qilish, spektrial samaradorlig, modulyatsiya formati, belgi darajasi, spektrni shakllantirish, spektrni boshqarish, FlexGrid, NyquistWDM, super kanal, bir modali va ko'p modali tolalar.*

***Ключевые слова:** DWDM, волоконно-оптическая сеть связи, когерентный прием, спектральная эффективность, формат модуляции, символьный уровень, формирование спектра, управление спектром, FlexGrid, NyquistWDM, суперканал, одномодовые и многомодовые волокна.*

Kirish. Trafikni uzatishga bo'lgan talab doimiy ravishda o'sib bormoqda, bu esa shaharlararo optik aloqa tizimlarining ishlashini oshirish extiyojni keltirib chiqaradi [1]. 2000 yillarning oxirida birinchi bo’lib tijorat kogorent tizimlari 40G va 100G ishlab chiqildi. 2013–2014 yillarda dunyoning eng yirik aloqa operatorlari magistral kanallarning asosiy turi sifatida 100G kanallariga kogorent o'tishga o'tdilar. 100 Gbit/s kanal yerdagi DWDM tizimlarda odatda 50 GGts diapazonda uzatiladi (spektral samaradorlik SE = 100G/50 =2 bit/s/Gts).

2015 yilda 50 GGts diapazonda bitta tashuvchi orqali 200 Gbit/s tezlikda uzatishni ta'minlaydigan birinchi tijorat optik qurilmalari yaratildi. 2016 yil boshida bunday bloklarni Acacia, ClariPhy, NEL kabi barcha yetakchi ishlab chiqaruvchilar taqdim etishdi. Ushbu turdagi optik bloklarning spektral samaradorligi 4 bit/s/Gts ni tashkil qilgan. Bu 100G tizimiga qaraganda ancha yuqori xisoblangan. 2017 yil boshlarida har bir tashuvchiga 400 Gbit/s tezlikka ega optik bloklar paydo bo'ldi.

Shunday qilib, mavjud bo'lgan DWDM aloqa tizimining bitta tolaga sig'imi C-diapazonda 9,6 Tbit/s (96 100G kanallari), kengaytirilgan C + L-diapazonida-27 Tbit/s (270 100G kanallari) foydalanishga topshirildi. SE = 4 bit/s/Gts bo'lgan tizimga o'tishda maksimal quvvat mos ravishda 19,2 yoki 54 Tbit/s gacha oshadi. Mavjud nazariy hisob-kitoblarga ko'ra, 400G kanal 50 GGts li diapazonda (SE = 8) uzatilishi

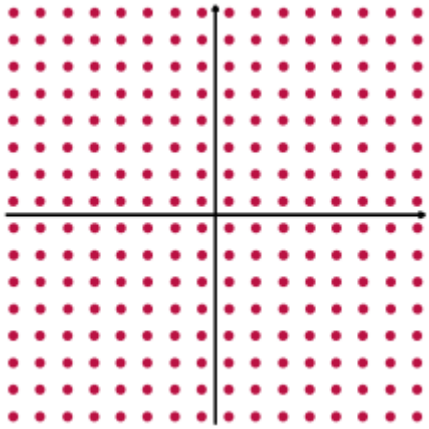
mumkin, bu nazariy jihatdan C+L-diapazonida (270 400G) bitta tola ichida 100 Tbit/s sig'imga erishish imkonini beradi. Amalda, kengaytirilgan spektr diapazondan foydalanish (C+L), shuningdek, spektr samaradorligini oshirish bir qator texnologik muammolarni hal qilishni talab qiladi.

Kogerent aloqa tizimlarida elektromagnit maydonning to'rtta erkinlik darajasini ishlatishga imkon beradi: har ikki qutblanishning har birida amplituda va faza (yoki ikkita kvadrat). Bu, masalan DP -QPSK formatida (dual polarization – quater phase shift keying) har bir belgi uchun 4 bitni bitta quvvat darajasidan foydalangan holda uzatish imkonini beradi. Shunga ko'ra, kogorent detektorlash, simvol tezligini oshirmasdan ma'lumot uzatish tezligini oshirish imkonini beradi. Ya'ni to'lqin uzunligi bo’yicha multipleksrlangan (50 GGts) chastotada qabul qilingan signalni o'zgartirmaydi.

Usullar. To'g'ridan-to'g'ri kogorent detektorlashga o'tish yangi avlod aloqa tizimlarida tabiiy hol. Bu spektral va polarizatsiya bo’yicha kanallarni zichlash, shuningdek spektral samarali modulyatsiya formatlari, xususan DP-QPSK formatidan foydalangan holda uzatiladigan axborot hajmini ko'paytirish imkonini beradi. So'nggi bir necha yil ichida 10 Gbit/s takrorlash tezligida ishlaydigan quvvat modulyatsiyasi tizimining almashtirilishi tasodif emas. Ular 40 va 100 Gbit/s takrorlash chastotasiga ega bo’lgan kogorent modulyatsiya formatlarini oldi [2-3].

DP-QPSK formatidagi optik signalning strukturasi quyidagi rasmda keltirilgan.

Signalda ortogonal polarizatsiyalar bo'yicha QPSK formatida ikkita axborot komponenti mavjud. Bu shuni anglatadiki, polarizatsiya multipleksrlash orqali amalga oshiriladi. Shuning uchun bu formatni belgilash DP-QPSK qisqartmasi bilan bir qatorda PM-QPSK qisqartmasi ishlatiladi. O'z navbatida, QPSK formatidagi ikkita ortogonal polarizatsiyalangan signallarning har biri p/2 ga o'zgargan ikkita BPSK binary fazali signallarining kombinatsiyasi sifatida ifodalanishi mumkin.



1-rasm. 256 QAM formatidagi signalning tuzilishi:

Zamonaviy aloqa tizimlarining transponderlari 30 va 40 G bod simvolli tezliklardan foydalanadi. Ularning ichida eng keng tarqalgani 30 G bod ga yaqin simvolli tezlikdagi aloqa tizimlaridir. Aynan mana shu belgilar DP-QPSK formatida ma'lumotlarni uzatish tezligi eng keng tarqalgan 100 Gbit/s bo'lgan kogorent transponderlarda amalga oshiriladi. Simvollar tezligini oshishi tarmoqni boshqarish sifatini yaxshilanishini ta'minlaydi. Potentsial ravishda regeneratsiya punktlari va aloqa tarmoqlari tugunlarida energiya sarfi va uskunalarning (hajmining) kamayishiga olib keladi. Bundan tashqari, yangi kanal tezligiga o'tish vazifasi - har bir kanal uchun 400 Gbit/s va 1 Tbit/s - aloqa xizmatlari iste'molchilar tomonidan belgilanadi.

Belgilar tezligini oshirishga asosiy to'siq - elektronikaning cheklangan ishlashi hisoblanadi. Buni optik texnologiyalar, xususan, "spektral yopishtirish" [4] yoki optik vaqtli bo'linish ko'paytirish (OTDM texnologiyasi) [5,6] yordamida bartaraf etish mumkin. Texnologiyadan foydalanish OTDM 100 G bod dan yuqori bo'lgan simvol tezligiga erishdi. Bu elektronika usullari yordamida hali mavjud emas.

Aloqa liniyalari orqali uzatilishini osonlashtirish uchun yuqori tezlikdagi oqimlarni parallellashtirish g'oyasi yangi emas. U turli darajadagi aloqa tizimlarida va turli to'lqin uzunligi diapazonlarida ishlatiladi. Xususan, signalni parallellashtirish uchun bir nechta umumiy kanallarning har qanday to'plamidan foydalanish mumkin. Magistral aloqa tarmoqlarida, umuman olganda, yuqori tezlikda birlashtirilgan kanalning tarkibiy qismlari guruhini optik darajada boshqarish imkoniyatiga ega

bo'lish maqsadga muvofiq. Bu imkoniyat optik super kanallar texnologiyasi bilan ta'minlangan.

Optik super kanallar texnologiyasining mohiyati shundan iboratki, ma'lum miqdordagi (odatda ikkitadan o'ngacha) chastotali kanallar yig'ilgan superkanalga birlashtirilgan bo'lib, ular optik tarmoqdan o'tishda optik qurilmalar tomonidan bitta kanal sifatida yo'naltiriladi.

Spektral samaradorlikni oshirish uchun (va shuning uchun uzatish tarmoqli kengligi bilan aloqa tizimining o'tkazuvchanligi) maksimal zichlikdagi kanallarni ajratish kerak. To'rtburchaklar signal modulyatsiyasi spektriga ega kanallarni iloji boricha mahkam joylashtirish mumkin. Belgilangan spektral xususiyatlarga ega signallarni ishlab chiqarish usullari "spektral muxandislik" deb nomlanadi. Bunday kanallarni zich joylashtirish texnologiyasi Nequist-WDM deb nomlanadi va iqtisodiy jihatdan samarali tijorat aloqa tizimini yaratish maqsadida nazariy hamda eksperimental tarzda keng o'rganildi.

Fotonik integratsiyalashuv darajasini oshirish yanada ixcham fotonik qurilmalarni yaratishga qaratilgan bo'lib, bu ishlab chiqarish xarajatlari va energiya xarajatlarini kamaytirish imkonini berdi [7,8]. Fotonik integral mikrosxemalar kiritilishidan kutilayotgan iqtisodiy effekt optik tolali aloqa tizimlari uchun komponentlar ishlab chiqaruvchilarning tadqiqot sohasiga bo'lgan qiziqishini ortib borayotganligini aniqlaydi.

Bitta fotonli integral qurilma (PLC) da birlashtirilishi mumkin bo'lgan ko'plab komponentlar orasida nurni ajratuvchi (beam splitters), panjara (gratings), muftalar (couplers), polarizatorlar (polarizers), interferometrlar (interferometers), nurlanish manbalari, kuchaytirgichlar va detektorlar mavjud.

Integratsiya ketma-ket va parallel ravishda amalga oshirilishi mumkin. Ketma-ket integratsiya paytida (masalan, telekommunikatsiya qurilmalari uchun) chipning turli elementlari: lazer va lazer quvvat manbai, modulyator va boshqaruv elektronikasi, foto qabul qiluvchi ketma-ket ulanadi. Parallel integratsiyada chip kuchaytirgichlar, fotodetektorlar, multipleksorlar va demultipleksatorlar to'plamidan iborat bo’ladi. Ikki

arxitekturaning kombinatsiyasi kirish-chiqish modullari, kalitlari va o'zaro bog'liqliklari yordamida bo’lishi mumkin.

Xulosalar. Zamonaviy aloqa tizimlar signallarining rivojlanish tendentsiyalari qatorida maqolasi usullar o‘rganib cuiaqilib samarali usllarga urg’u berdi va 256 QAM, QPSK, DP-QPSK, BPSK formatidagi signalning tuzilishi xulosalarida tegishli samaradorligi, halaqitbardoshligini ta‘kid etgan.

Yangi jismoniy texnika va ular kelajak avlodning yutuq, texnologiyalari, muntazam o‘zlashtirib boorish muhim omil desa bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Исмоилов М. Роль аномальных фото напряжений в развитии сетей смарт-городов //Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions". – 2023.
2. Исмоилов М. The Effect of Multiplicity of Carrier Circulation on the Efficiency of Single-Contour Thermoisiphon Systems of Sollor Hot-Water Supply //Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions". – 2023.
3. Исмоилов М. Suv tarmoqlarining eksplutatsiyasi qilish jarayonlari //Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions". – 2023.
4. Исмоилов М. М. On the issue of increasing the efficiency of flat solar collectors in heat supply systems by optimizing their operating parameters //European Journal of Emerging Technology and Discoveries. – 2023. – Т. 1. – №. 7. – С. 4-7.
5. Iskandarov U., Ismoilov M., Yuldashev N. Develop and usage virtual schemes of remote acoustic laser microphones with visible and invisible waves //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 452. – С. 03008.
6. Рашидов Ю. К. и др. Повышение эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров //Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность-2019. – 2019. – С. 1366-1371.
7. Rashidov Y. K., Aytmuratov B., Ismailov M. M. Increasing the thermal performance of flat plate solar collectors //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – Т. 2762. – №. 1.

8. Рашидов Ю. К. и др. Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъемным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции при действии объёмных сил //Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность-2019. – 2019. – С. 1377-1382.
9. Исмоилов М. М. Повышение эффективности систем солнечного теплоснабжения с плоскими солнечными коллекторами: основные резервы и возможные пути их реализации //Central asian journal of mathematical theory and computer sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 12. – С. 79-84.
10. Исмаилов М. М. Разработка энергоэффективного солнечного коллектора //Central asian journal of mathematical theory and computer sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 12. – С. 207-210.
11. Rashidov Y. K., Ramankulov S. A. Improving the Efficiency of Flat Solar Collectors in Heat Supply Systems //CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – С. 152-159.
12. Рашидов Ю.К., Исмоилов М.М. К вопросу повышения тепловой эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров //сантехника, отопление, кондиционирование Учредители: ООО Издательский дом" МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ". – №. 9. – С. 52-55.
13. Ismailov M. M. The effect of multiplicity of carrier circulation on the efficiency of single-contour thermoisiphon systems of sollor hot-water supply //GOLDEN BRAIN. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 371-373.
14. Зокиров С., Исмоилов М. Calculation of geometric dimensions and hydrodynamic characteristics of venturi pipes of a self-draining solar circuit //Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions". – 2023.
15. Islamov A. et al. Edges of improving the efficiency of wireless communication networks //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 10. – С. 226-228.

16. Исмоилов М. Использование машинного обучения для выявления аномальных фото напряжений в электросетях //Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions". – 2023.

GIDRAVLIK QARSHILIK KOEFFISENTINI ANIQLASHNING MATEMATIK MODELI

I.Mo‘minov, S.A.Mo‘minova.
Magistrant, Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: im20021030@gmail.com

Annotatsiya. *Gidravlik qarshilikni aniqlash bo‘yicha matematik modellar suv ta’minoti va sug‘orish tizimlarining samaradorligi, ishonchliligi hamda energiya tejamkorligini oshirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *Turbulent oqim, laminar oqim, Darsi-Vesbax formulasi, B.D.Shifrinsova formulasi, A.D.Altshul formulasi, gidravlik qarshilik.*

Abstract. *Mathematical models for determining hydraulic resistance hold significant scientific and practical importance in enhancing the efficiency, reliability, and energy conservation of water supply and irrigation systems.*

Keywords: *Turbulent flow, laminar flow, Darcy-Weisbach formula, B.D. Shifrinsov formula, A.D. Altshul formula, hydraulic resistance.*

Аннотация. *Математические модели определения гидравлического сопротивления имеют важное научное и практическое значение для повышения эффективности, надежности и энергосбережения систем водоснабжения и орошения.*

Ключевые слова: *Турбулентный поток, ламинарный поток, формула Дарси-Вейсбаха, формула Б.Д.Шифринсона, формула А.Д.Альтшуля, гидравлическое сопротивление.*

Turbulent va laminar oqimda devorlar g‘adur-budurligining oqimning gidravlik qarshiligiga bevosita ta’siri sharoitida tajriba natijalaridan keng foydalaniladi. Nikuradze sirtini silliq deb hisoblash mumkin bo‘lgan latun quvurlar va tekis donador g‘adur-budurlikka ega bo‘lgan quvurlar ustida tadqiqotlar olib bordi. Sun’iy tekis

donador g‘adir-budurlik quvurning ichki yuzasiga bir xil o‘lchamdagi qum zarrachalarini lak yordamida yopishtirib hosil qilindi. Quyida keltirilgan formulalardan quvurlardagi suyuqlik va gazlarning turbulent yoki laminar harakati natijasida hosil bo‘ladigan gidravlik qarshiliklarni Renolds soniga bog‘liq bo‘lgan, bog‘liq bo‘lmagan hollarini o‘rganish uchun foydalanamiz.

Darsi-Vesbax formulasi:

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}, \quad (1)$$

B.D.Shifrinsova formulasi:

$$\lambda = 0.11 \cdot \left(\frac{k_e}{d}\right)^{0.25}, \quad (2)$$

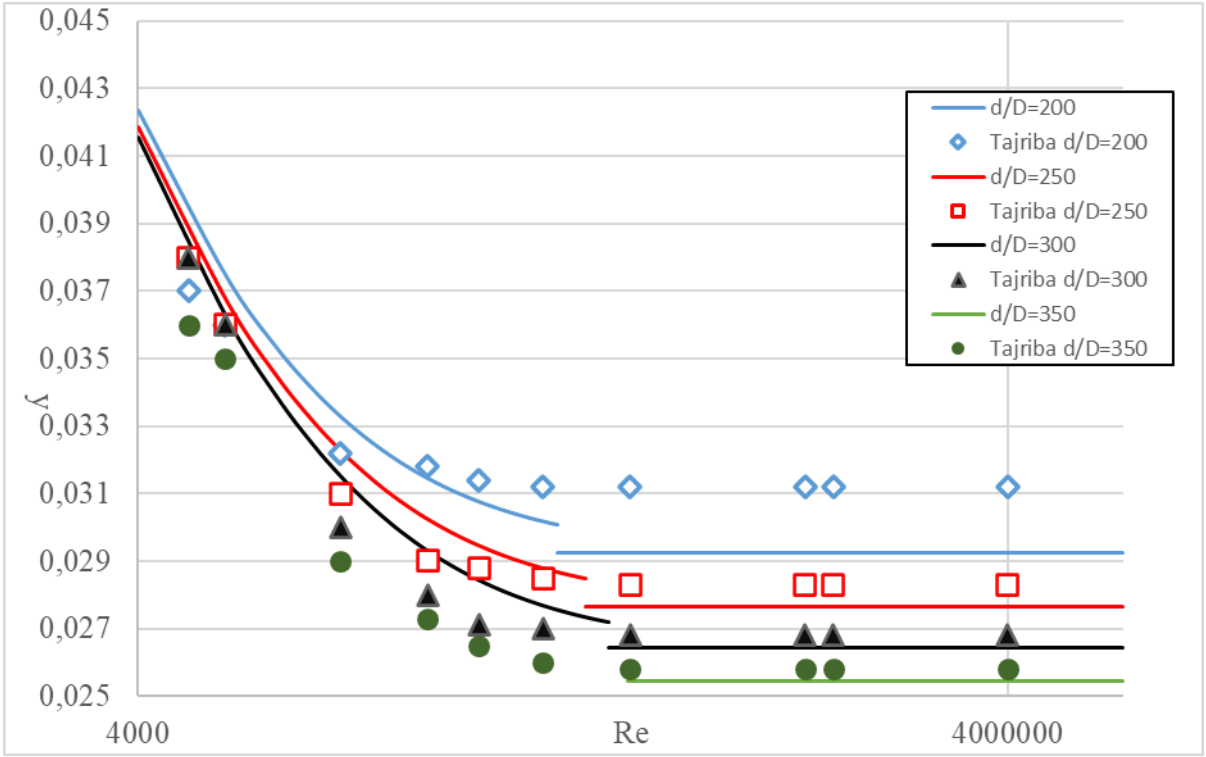
A.D.Altshul formulasi:

$$\lambda = 0.11 \cdot \left(\frac{k_e}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0.25}, \quad (3)$$

Bu yerda: λ – gidravlik qarshilik koeffisenti; d – quvur diametri: Re – Renolds soni: k_e – g‘adur-budurlik koeffisenti.

Quyidagi sxemada yuqoridagi formulalar yordamida k_e/d=3000, 5000, 10000, 15000 bo‘lgan qiymatlarda hamda tajriba natijasida olingan λ qiymatlari tasvirlangan.

Gidravlik qarshilik koeffisenti λ ni aniqlash sxemasi:



1-rasm.

Xulosa. Gidravlik qarshilikni aniqlash bo‘yicha matematik modellar suv ta’minoti va sug‘orish tizimlarining samaradorligi, ishonchliligi hamda energiya tejamkorligini oshirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu modellar oqimning laminar va turbulent rejimlari, quvur devorlarining qo‘poligi hamda boshqa fizik parametrlarni hisobga olib, bosim va oqim yo‘qotishlarini aniq prognoz qilish imkonini yaratadi.

So‘nggi tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, ilg‘or matematik yondashuvlar gidravlik tizimlarning optimal dizaynini ta’minlashda va resurslarni samarali boshqarishda samarali vosita hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Д.Андерсон, Дж.Таннехилл.Р.Плетчер “ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА И ТЕПЛООБМЕН.

2. M.J.(1973). Boundary Condition Calculation Proceedures for Inviscid Supersonic Flow Fields. – Proc. AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, Palm Springs, California, p. 153-172.

3. Evans, Lawrence C. Partial Differential Equations. AMS, Graduate Studies in Mathematics, 2010. — ISBN: 9780821849743

4. https://ocw.mit.edu

UDC: 621.314.25

PROBLEMS OF TRANSFORMER TECHNICAL CONDITION CLASSIFICATION AND WAYS TO SOLVE THEM

D.R.Abdullabekova, O.M.Kutbidinov

abdullabekova_94@mail.ru,.

[1]University of Information Technologies named after Al Khorazmi, Tashkent, Uzbekistan

[2]Tashkent State University of transport, Tashkent, Uzbekistan

***Abstract**. Accurate classification of the technical condition of power transformers is a fundamental task in ensuring the reliability of modern power systems.*

However, due to the complexity of the aging processes, multi-factor diagnostics, and lack of unified criteria, existing classification methods often lead to inconsistent assessments. This paper presents an analytical overview of the main classification problems, their causes, and potential solutions. Based on statistical data from power systems in Eastern Europe and Central Asia (2018–2024), the study identifies that 63% of transformer failures were preceded by misinterpretation of diagnostic indicators. The paper also proposes a hybrid classification model using fuzzy logic and probabilistic methods to improve reliability and minimize classification uncertainty.

***Keywords**: power transformer, classification, diagnostics, reliability, fuzzy logic, machine learning, probability methods, fault detection, condition monitoring, SCADA integration.*

Introduction

The technical condition classification of power transformers is one of the critical elements in predictive maintenance systems. It directly affects operational safety, energy efficiency, and the economic performance of power systems. Despite advances in diagnostics and automation, utilities continue to face challenges in harmonizing evaluation criteria and integrating heterogeneous data from various monitoring systems.

According to IEC 60076 and CIGRÉ technical reports, about 45% of unplanned transformer shutdowns are associated with incorrect or delayed condition classification. The lack of standardized approaches to interpreting chromatographic, thermographic, and electrical measurements often leads to diagnostic ambiguity and maintenance errors.

Current problems in transformer condition classification: Inconsistency of evaluation criteria: Different diagnostic methods (chromatographic, physicochemical, resistance, thermal) use distinct numerical scales and reference limits. When combined, these parameters often yield conflicting assessments of the same transformer’s state.

A survey conducted in 2023 among 50 regional energy companies in Central Asia showed that 72% of engineers encountered contradictions between gas analysis and thermal diagnostic results.

Insufficient data integration: Most condition assessment systems operate as independent subsystems. Integration with SCADA or IoT-based monitoring is limited. The absence of unified databases complicates the formation of historical trends and statistical classification.

Fig. 1. General architecture of a transformer monitoring suite showing integrated sensors (temperature, DGA, PD, bushing monitoring), local condition monitoring unit (CMU), communication gateways, and connection to SCADA/cloud analytics platform.

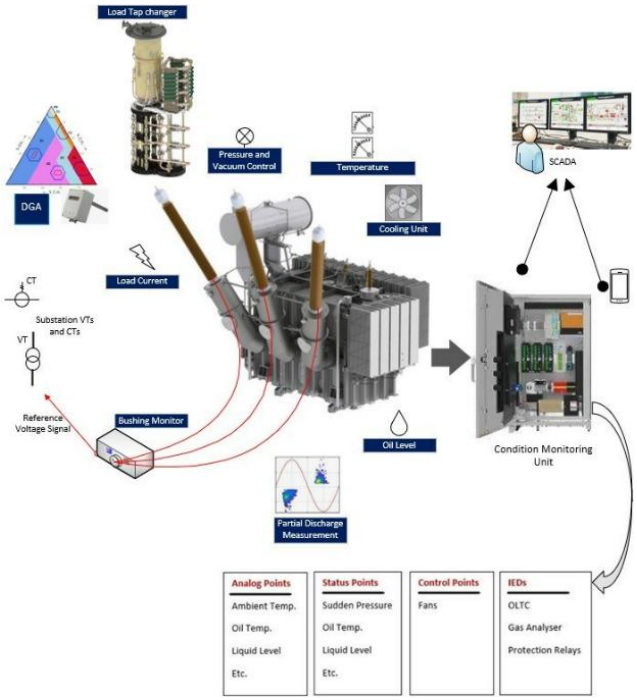


Fig. 1. General architecture of a transformer monitoring suite

Subjectivity in expert assessment: In cases where diagnostic results are near threshold values, experts rely on subjective interpretation, which introduces human error. Statistical evaluation of 400 expert reports (2020–2024) revealed a 14% discrepancy between expert conclusions for the same measurement dataset.

Lack of adaptability in classification models: Traditional threshold-based classification does not account for operational context such as load cycles, ambient temperature, or previous failure patterns. Consequently, many transformers are categorized as “medium condition” without actionable recommendations.

Statistical analysis of classification errors

type of error	frequency (%)	main cause	potential solution
misclassification (gas analysis)	28	inconsistent thresholds	fuzzy logic classification
overestimation of condition	22	expert subjectivity	probabilistic modeling
data integration errors	18	incomplete sensor data	iot/scada synchronization
underestimation of condition	15	aging models not updated	ai-based learning systems
other	17	mixed factors	hybrid approach

Fuzzy logic models: The use of fuzzy sets allows modeling of uncertainty between condition states (“good”, “medium”, “bad”). The Mamdani-type fuzzy inference system effectively integrates gas content, temperature, and resistance data.

Probabilistic bayesian classification: Bayesian networks enable estimation of condition probability under incomplete data. This approach was tested on 120 high-voltage transformers, improving classification accuracy by 18% compared to deterministic models.

Hybrid AI-based system: Integration of machine learning with fuzzy inference (hybrid neuro-fuzzy systems) provides adaptive classification based on historical data. The hybrid approach (Figure 2) showed up to 90% accuracy in condition prediction compared to 76% for traditional systems.

Conclusion

The classification of transformer technical condition remains a complex task due to multi-parameter uncertainty, lack of standardization, and human factors. The combination of fuzzy logic, probabilistic analysis, and AI provides a promising direction for achieving reliable, objective, and adaptive condition assessment. Implementation of such hybrid systems into SCADA networks can reduce diagnostic errors by 30–35%, enhancing the reliability and safety of power infrastructure.

References

1. IEC 60076-1: Power Transformers – General. International Electrotechnical Commission, 2023.
2. CIGRÉ WG A2.49, *Condition Assessment of Power Transformers*, Paris, 2022.
3. Li, J., et al. “Fuzzy Multi-Parameter Diagnosis of Transformer Insulation.” *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 38, no. 2, 2023, pp. 1554–1563.
4. Ahmed, S., and K. Kumar. “Integration of AI Techniques in Transformer Health Monitoring.” *Electric Power Systems Research*, 2022.
5. Zhang, Y., et al. “Probabilistic Models for Transformer Condition Classification.” *IEEE Access*, vol. 10, 2024, pp. 19870–19881.
6. Gubkin, A., et al. “Diagnostics of High-Voltage Equipment Based on Fuzzy Inference Systems.” *Energy Reports*, 2023.
7. CIGRÉ Technical Brochure No. 863, *Transformer Lifetime Management*, 2022.
8. Khan, R., and P. Patel. “Statistical Evaluation of Diagnostic Inconsistencies in Power Transformers.” *Energies*, vol. 16, no. 3, 2023.
9. ISO 55000: *Asset Management – Overview, Principles and Terminology*, 2021.
10. Abdullabekova, D. “Improvement of Transformer Technical Condition Assessment Methods Using Fuzzy Logic.” *Energy and Systems Journal*, 2024.

ИЧИМЛИК СУВИ ТОЗАЛАШ ТИЗИМЛАРИДА ЛОЙҚАЛАНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИНГ АТРОФ-МУҲИТ КЎРСАТГИЧЛАРИГА ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ ВА МОНИТОРИНГ УСУЛЛАРИ

Акрамов Ахрор Адхамжон ўғли

ahrorakramov717@gmail.com

Фарғона давлат техника университети

Мамлакатимизда аҳолини тоза ичимлик суви билан таъминлаш, атроф-муҳит ҳолатини яхшилаш ва барқарор ривожланишни таъминлаш мақсадида

қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш, шунингдек сув ресурсларини тежаш ва уларни оқилона бошқаришга қаратилган иқтисодий ҳамда ташкилий-ҳуқуқий асослар яратиш бўйича кенг кўламли ишлар амалга оширилмоқда.

Ичимлик суви таъминоти тизимларида қайта тикланувчи энергия технологияларини жорий этиш нафақат сув ресурсларидан самарали фойдаланишни таъминлайди, балки атроф-муҳит кўрсатгичларининг барқарорлигини ҳам оширади. Шу билан бирга, республика миқёсида сув тозалаш иншоотларини модернизация қилиш, уларнинг энергия тежамкорлигини ошириш, эксплуатация муддатини узайтириш ва сув баланси ҳисобини замонавий мониторинг усуллари асосида такомиллаштириш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Наманган вилояти мисолида, ер усти сув манбаларидан фойдаланиб аҳолини ичимлик суви билан таъминлаш жараёнларида қайта тикланувчи энергия тизимларини интеграциялаш ҳамда атроф-муҳит кўрсатгичларига таъсирини баҳолаш бўйича илмий асосланган тавсиялар ишлаб чиқиш муҳим амалий аҳамиятга эга.

Тадқиқот объекти ва муаммонинг қўйилиши. Маълумки, аҳолини тоза ичимлик суви билан таъминлашда сув тозалаш иншоотлари муҳим технологик звено ҳисобланади. Хусусан, Наманган шаҳридаги 1,5 миллионга яқин аҳолининг ичимлик сувига бўлган талабининг 60 фоиздан ортиқ қисми ер усти сув манбаларидан олинадиган сувни тозалаш орқали қондирилади. Ер усти сув тозалаш иншоотларининг иш режими фасллар ва метеорологик шароитларга боғлиқ ҳолда ўзгарувчан бўлиб, айниқса қор ёмғирли мавсумларда сув тозалаш жараёнининг самарадорлиги сезиларли даражада пасаяди.

Қизил Ровот сув тозалаш иншооти мисолида, Катта Наманган каналидан 3 м³/с миқдордаги сув олиниб, суткасига 200 м³ гача тозаланади. Бироқ ёғин кўп бўлган кунларда сувнинг лойқалик даражаси 200 мг/л дан ошиши натижасида тиндиргичларнинг гидравлик режими издан чиқади ва айрим ҳолларда иншоот фаолияти тўхтайди. Баъзи вақтларда сувдаги лойқалик 1000 мг/л гача етган

ҳолатлар қайд этилган бўлиб, бу шароитда коагулянтлар қўлланилган тақдирда ҳам сувни самарали тиндириш имкони чекланади.

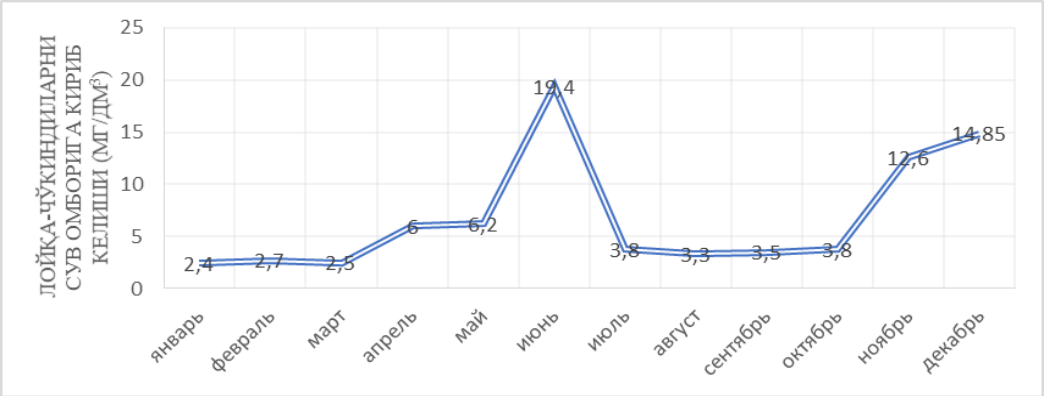
Шу нуқтаи назардан, ер усти сув манбаларидан самарали фойдаланиш ва сув тозалаш тизимларининг барқарор ишлашини таъминлаш мақсадида қайта тикланувчи энергия манбаларини интеграция қилиш, лойқалик жараёнларининг динамикасини экологик ва гидрологик мониторинг асосида баҳолаш илмий ва амалий жиҳатдан долзарб ҳисобланади.

Ҳозирги кунда Қизил ровот сув тозалаш иншооти ҳозирги кунда 112.4 минг $м^3$/сутка сув тоза ичимлик сувини аҳолига етказиб бермоқда. Бундан Чортоқ тумани учун 25.4 минг $м^3$/сутка, Уйчи тумани аҳолиси учун 28.0 минг $м^3$/сутка ва Наманган шаҳри аҳолиси учун 59,0 минг $м^3$/суткасига тоза ичимлик суви аҳолига етказиб берилмоқда

Катта Наманган канали сув сарфининг кескин ўзгариш холатларининг 30% ёғин жалалари хисобига юзага келади. Бунинг натижасида тозаланаётган ичимлик сувининг лойқалик миқдори ошиши ҳисобига тиндиргичлар иш фаолияти секинлашади. Ёғин миқдори кузатилмаган ҳолатларда иншоотнинг иш фаолияти бир маромда давом этади. Чунки сув манбаи сифатида Катта Наманган канали Норин дарёсидан сув олади. Норин дарёси сувининг лойқалик миқдори ёғин кузатилмаган даврларда, Токтогул сув омборидан сув келиши ҳисобига кам лойқалик миқдорини кузатишимиз мумкин. Шундай бўлсада аҳолини узксиз ичимлик суви билан таъминлаш мақсадида ёғинлар даврида иншоот сув манбаининг умумий лойқалик кўрсаткичлари фарқини ўрганиш зарур ҳисобланади.

Су тозалаш иншооти кириш канали қопламали бўлганлиги сабабли доимий равишда сув оқими билан бирга, секундига 100-120 гр миқдорида лойқа оқиб келади. Ёмғирли даврларда эса бу кўрсаткич юқори даражада ортиб кетади. Лойқа босиш миқдори бўйича Наманган вилояти Қизил ровот сув тозалаш иншоотида ўтказилган табиий дала шароитидаги тадқиқотлар таҳлили натижасига кўра, агар йил давомида бир неча марта ёғинлар оқими келиши кузатилса, уларнинг гидрографларидаги қаттиқ оқим миқдори *(сувнинг*

лойқалиги) бир хил сув сарфига нисбатан таққосланса, бир биридан анча фарқ қилиши аниқланди.



1-расм. Қизил ровот сув тозалаш иншооти кириш қисмидаги сувнинг таркибидаги лойқа миқдорининг табиий оқим сарфига боғлиқлиг графиги.

Бу эса, ўз навбатида, аҳолини бир хилда тоза ичимлик суви билан таъминлашдаги узилишлар келиб чиқишага сабаб бўлади. Табиий дала шароитида канал ўзанининг сув қабул қилиш иншоотига қуйилиш қисми сувидан олинган лаборатория таҳлиллари асосида сув тозалаш иншоотига табиий оқим билан биргаликда кириб келаётган лойқа чўкиндилар миқдори бўйича хулосалар қилинди. Кириш каналидаги оқим сарфининг даврлар бўйича ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда, Қизил ровот сув тозалаш иншоотининг лойқаланиш даражаси 2021 йил ойлар кесимида, қуйидагича келтирилди (1-расм).

Хулосалар. Олиб борилган табиий дала шароитидаги тадқиқотлар натижаларидан маълум бўладики, қизил ровот сув тозалаш иншоотига кириб кетаётган табиий оқим таркибидаги лойқа чўкиндилар миқдори ва уларнинг фракцион таркиби иншоот иш режимига салбий таъсири ортмоқда. Бундан келиб чиқиб сув тоазалш иншоотининг бугунги кундаги аҳолига узлуксиз ичимлик суви етказиб беришдаги сабаблари ва унинг салбий оқибатлари тўғрисида хулосалар қилинди. Яъни ушбу сохадаги муаммоларга бағишланган техник адабиётлар маълумотлари, ер усти сув манбаидан фойдаланиб сув тозалаш иншоотлари бўйича эксплуатация материалллари ва ўтказилган табиий-дала ва лаборатория шароитларидаги тадқиқодлар натижалари тахлили шуни

кўрсатадики, сув тозалаш иншоотини лойқа чўкиндилардан бутунлай химояланишнинг амалий жихатидан имконияти йўқлиги, аммо бази чора-тадбирларни ишлаб чиқиб сув тозалаш иншооти тиндиргичларида кириб келаётган лойқа чўкиндилар миқдорини камайтириш мумкинлиги ўз исботини топди.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Practical Method Proposed to Estimate Silting’s Rate in Small and Hillside Dams, Naima Alahiane1, Ahmed El Mouden1, Abderrahmane Ait Lhaj2, Said Boutaleb1 Received 5 April 2014;
2. Arifjanov A.M, Distribution of Suspended Sediment Particles in a Steady-State Flow. Water Resources Volume 28, Issue 2, 2001, Pages 164-166
3. Arifdjanov A.M., Samiev L.N., Hydraulic calculation of changeable irrigation sediment reservoir//European Science Review. – Austria, Vienna, 2016.-p.122
4. Merina, N. R., Sashikkumar, M., Rizvana, N., & Adlin, R. (2016). Sedimentation study in a reservoir using remote sensing technique. Applied Ecology and Environmental Research,14(4), 296–304.
5. Arifjanov A.M., Gapparov F.A., Apakxujayeva T.U., Xoshimov S.N. (2020) Determination of reduction of useful volume in water reservoirs due to sedimentation // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614, 012079 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012079.
6. Khodjiev, A., Ikramova, M., Akhmedkhodjaeva, I., Xoshimov, S. (2020) Estimation of sediment volume in Tuyamuyun hydro complex dam on the Amudarya River. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 883(1), 012048 doi:10.1088/1757-899X/883/1/012048
7. Rakhimov K., Ahmedkhodjayeva I., Xoshimov S. (2020) Theoretical bases of hydraulic mixture in round cylindrical pipelines // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012095 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012095
8. Arifjanov A.M., Apakxo’jaeva T.U., Dusan H. Sediment movement modein Rivers of Uzbekistan environmental Aspects // Acta Horticulturae et regiotecturae Journal. (Nitra. Slovaca) 2018y.Pp.-10-13

9. Арифжанов А.М., Самиев Л.Н., Ахмедов И.Г. Ирригационное значение речных наносов // Актуальные проблемы естественных наук. М, 2013. №06(53) –С. 286-289
10. Апакхужаева Т.У., АхмедовИ.Ғ. Сув омбори сув ташламаси сарфининг гидравлик ҳисоби // Архитектура, қурилиш, дизайн. Тошкент,2 017;-№3-4. Б.166-169. (05.00.00; №4).

BIR JINSLI BO‘LMAGAN YUPQA PARDALARNING VOLT AMPER BOG‘LANISHINI O‘RGANISH

A.A.Yuldashev

abror.yuldashev1970@gmail.com

Farg’ona davlat universiteti

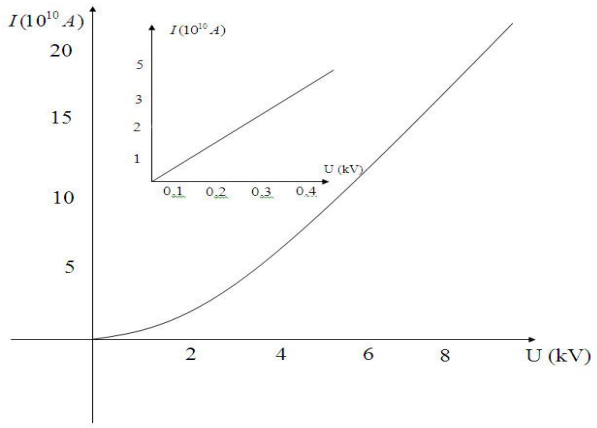
Annotatsiya: *Maqolada xalkogenid yupqa pardalarida olib borilgan volt-amper tekshirish natijalari keltirilgan. Ularga asosan xalkogenid yupqa pardalarida davriy takrorlanuvchi p-n- o‘tishlardan iborat ketma-ket zanjirlarning bir jinsli emas sohalari mavjudligi aniqlangan.*

Kalit so‘zlar: *Xalkogenid, AFN effekt, anizatrop bug‘latish, geterofotoelement*

Xalkogenid yupqa pardalarning qariyib ko‘pchiligida bir jinsli emasliklar kuzatiladi. Maxsus texnologik rejimda anizotropik bug‘latish yo‘li bilan vakuum sharoitida olingan bunday bir jinsli emas xalkogenid yupqa pardalarda AFN-effekt kuzatiladi [1]. Bunday bir jinsli emas yupqa pardalardagi volt-amper bog‘lanish (VAX)larni tashqi maxsus manba yordamida tekshirish natijasida bir jinsli emasliklarning (BJE) tuzilishi va tabiatini aniqlash mumkin. Shu maqsadda xalkogenid BJE yupqalarning VAX sini katta elektr maydon vositasida o‘rganildi. VAX da ikkita uchastka kuzatildi. Dastlab koordinata boshidagi chiziqli soha; bu soha maydonning 500 V/sm qiymatlarigacha saqlanib, tekshirilgan xalkogenid moddalar yupqa pardalarida kuzatildi. Chiziqli (Om qonuni) holatdan chetga chiqish maydonning 500 V/smdan katta qiymatlarida boshlanib, $5\cdot10^4$ V/sm gacha saqlandi. VAXda chiziqli emas sohada tok va kuchlanish orasidagi bog‘lanish asosan $I = \beta U^n \ (n \approx 1,4)$ qonuniyatga mos keldi. Bunda namunaga yorug‘lik tushishi bilan VAX to‘g‘rilana

boshlaydi va yorug‘likning yetarli katta qiymatlarida (intensivligi) to‘g‘ri chiziqqa aylanadi. Lekin, eksperimental VAXning birortasida ham tokning chiziqli holatdan tezroq o‘sishi yoki kamayib to‘yinish sohasiga o‘tishi kuzatilmaydi. Tajribada topilgan VAX 1-rasmda ko‘rsatilgan.

Tok va kuchlanish orasidagi bunday bog‘lanish $I = \beta U^n$ xalkogenid moddalarning yupqa pardalarida keng tarqalgan o‘ta ko‘p qatlamli (SMS-struktura) tuzilmalari asos bo‘lib, asosan yarimo‘tkazgich yupqa pardalarida kuzatiladigan bir jinsli bo‘lmagan p-n-o‘tishlar (yoki getero o‘tishlar) ketma-ket zanjirlarida kuzatiladi. Shu bilan birga eksperimentda kuzatilgan VAX bog‘lanish p-n-o‘tishlaridagi rekombinatsion-generatsion toklar, silqish toklaridan ustunlik qiladigan p-n-o‘tishli tizimlar uchun xarakterlidir. Elektron-teshik o‘tishlarining bunday o‘ta ko‘p ketma-ketlikdan iborat zanjirli tizimlarining nazariyasiga muvofiq VAXdagi dastlabki chiziqlilikdan so‘ng tokning chiziqlilikdan tezroq o‘suvchi $\left(I = \beta U^n\right)$ qismi kuzatiladi. Biroq nazariyaga asosan VAXdagi $I = \beta U^n$ qonuniyatli ikkinchi qismdan so‘ng yana chiziqli qism boshlanishi kerak. Tajribada (1-rasm), bu ikkinchi chiziqli VAX bog‘lanishi kuzatilmaydi. Bundan shunday xulosa qilish mumkinki, nazariy VAXdagi ikkinchi chiziqlilik p-n o‘tishlar qatoridagi qo‘shni p-n-o‘tishlarning o‘zaro ta’siri ya’ni tok tashuvchilar (zaryad) almashinuvi mavjudligini bildiradi.



1-rasm. *Namuna yoritilmagan hol (B=0) uchun tajribada kuzatilgan VAX*

Demak, real p-n-o‘tishli AFN-strukturalarda p-n-o‘tishlar qatoridagi qo‘shni p-n-sohalar orasida tok tashuvchilar (zaryad) almashuvi yo‘q, ya’ni p-n-o‘tishlar orasida

o‘zaro ta’sir mavjud emas. Tajribadan olingan bu xulosalarni fotomagnit o‘lchashlar, elektron-mikroskopik kuzatishlar to‘la tasdiqlaydi, ya’ni, diffuziya uzunligi (L), bitta o‘tish uzunligidan (w)’ (kengligi) kichik (w>L). Yarimo‘tkazgich yupqa pardalarida yutilish spektrini (spektral adsorbsiya) o‘rganish, moddalarning sirtidagi yutilish xarakterini ochib beradi. Xususiy yutilish sohasi va fundamental yutilishning kam energiyali tomonidan olingan chekkalarini tekshirish yupqa qatlamlarda valent va o‘tkazuvchanlik zonalari orasidagi minimal oraliqni aniqlash bilan bir qatorda spektr, foton va zonalar bilan bog‘liq energiya yo‘qotishlarini bilish va nazorat qilish imkoniyatini beradi. Shu sababli fundamental yutilish sohasining chekka qismlari murakkab nozik tuzilishga ega bo‘lib uni batafsil o‘rganish yupqa qalinligi 0,1-1 mkm bo‘lgan pardalarda tekshirilganda yaxshi natija berish aniqlandi. Buning natijasida xalkogenid yupqa pardalaridan tayyorlanadigan GFE va AFN-elementlarning sifati va samaradorligi ortib, ular asosida tayyorlanadigan geliooptoelektron qurilmalarning sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Fotoelementlarning yupqa xalkogenid pardalarini tayyorlash uchun ularga fizik parametr va xususiyatlari mos keladigan tagliklar tanlash kerak. Fizikaviy tekshirishlarga asoslanib, optronlar uchun tayyorlanadigan GFE va AFN-elementlarda asosan shisha, slyuda, keramika, getinaks va dielektrik yo‘qotishlari kichik bo‘lgan boshqa dielektrik materiallar qo‘llaniladi. Kadmiy, ruh xalkogenidlari uchun eng qulay taglik sifatida televizion (maxsus) slyuda, shisha kristall material tipidagi “pirokeram”lar eng qulay material hisoblanadi. Tadqiqotlar ko‘rsatishicha bu materiallarga ishlov berish, kerakli formaga kiritish, temperaturaviy turg‘unligi, chidamliligi talabga javob beradi. Ular yordamida sifatli GFE va AFN-elementlar yaratish mumkin, chunki bu materiallardan tayyorlangan tagliklarning sirt yuzasi bilan pardaning sirtini bog‘lovchi yuzasining kattalashtirishga erishish mumkin. Taglik va parda yuzasini bog‘lovchi qismdagi fizik jarayonlar xalkogenid ($A^{II}B^{III}$ guruh) yupqa pardalarining sifatini belgilaydi (adgeziya). Chunki, masalan termik bug‘latib olish jarayonida katta energiyasi, og‘ir atomlar taglik sirtiga chuqurroq kirib taglik va pardani bog‘lovchi yuzaning kattalashishiga sabab bo‘ladi. Bunga taglik haroratini va molekulyar oqimning uchish tezligini optimallashtirish orqali erishish mumkinligini

tajribada isbotlandi. Sifatli, mustahkam parda olish uchun taglik sirtini tozalash ham muhim. Fotoelementlarda ishlatiladigan pardalar qalinligi $(10-10^4)\mathring{A}^0$ tartibida bo‘lib, har qanday yot atomning sirtda joylashishi, taglik va parda bog‘lanishiga (adgeziyasiga) salbiy ta’sir qilishi tajribada aniqlangan. Taglik sirtini tozalashning effektiv usullari mavjud. Shisha, slyuda va keramika dastlabki tozalash uchun ximiyaviy tozalash, qulay, yuqoriroq sifatli tozalash uchun vakuumda qizdirish, elektron oqimi va ultratovush usullaridan foydalanish yuqori samara beradi.

Yupqa pardaga kontakt tanlashga ham talab yuqori kadmiy, ruh xalkogenlarining yupqa pardalari uchun vaqtinchalik foydalanishlarda indiy va “akvadag”dan foydalaniladi. Doimiy ishlatishda kumush kontaktdan foydalaniladi. Indiy va kumush kontaktlari maxsus maska orqali termik usul bilan vakuumda kerakli joyiga, tanlangan formada o‘tkazilib, ularga tashqi elementlar zanjirlariga bog‘lovchi o‘tkazgichlarni payvandlash qulay va mustahkamligi yetarli bo‘ladi. Kontaktlarni o‘tkazish va sxemaga ulashning fizikasi va texnikasi adabiyotlarda keng yoritilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Рахимов Н.Р., Хайдаров А.Х., Юлдашев А.А. Ярим шаффоф суюқликларнинг ранг анализатори // Ўзбекистон Республикаси фан ва техника давлат комитети Давлат патент идораси дастлабки патенти Uz IDP 05057. 31.03.2000. 1-4 б.
2. Onarkulov, K. E., Naymonboyev, R., Yuldashev Sh, A., & Yuldashev, A. A. (2021). Preparation of photo elements from chalcogenide thin curtains. *Electronic journal of actual problems of modern science, education and training*, *7*(2).
3. Onarkulov, M., Nasriddinov, S., Yuldashev, S., & Yunusaliev, L. (2020). TECHNOLOGICAL FEATURES OF OBTAINING STRENGTH SENSITIVE POLYCRYSTALLINE FILMS Bi2-XSbXTe3. Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering, 2(3), 27.
4. Onarkulov, K. E., Naymanbayev, R., Yuldashev, A. A., & Yuldashev Sh, A. (2021). Халкогенид бирикмалари устида тадқиқотлар. Eurasian journal of academic research, 1(6), 136-137.
5. Онаркулов, К. Э., Юлдашев, Ш. А., & Юлдашев, А. А. (2022). ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЙ. Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS), 2(3), 427-434.

6. Egamberdievich, O. K., Abrorovich, Y. S., Abduvositovich, Y. A., & Qizi, Y. S. A. (2022). Determination of Microparameters of Halcogenide Thin Movies. *Journal of Optoelectronics Laser*, *41*(5), 523-530.
7. Онаркулов, К., & Юлдашев, А. (2017). ВИСМУТ-СУРМА ТЕЛЛУРИД ЮПҚА ПАРДАЛАРНИНГ ЭЛЕКТРОФИЗИК ХОССАЛАРИГА ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁННИНГ ТАЪСИРИ. *Scientific journal of the Fergana State University*, (2), 2-2.

POLIKRISTAL YUPQA PARDALAR ZARYAD TASHUVCHILARNING HARAKATLANISH KINETIKASINI O‘RGANISH

Sh.A.Islomova

shaxrizodayuldasheva646@gmail.com

Farg’ona davlat universiteti

Annotatsiya: *Nanostrukturali yupqa pardalar namunalarini monokristallardan farqlovchi yagona holati, ya’ni nanostrukturalarning fizikaviy xususiyatlarini monokristallarnikidan ajralib turishi alohida kristallitlarning xususiyatlari bilan emas, kristallitlar chegarasidagi kontakt sohalar xossalari bilan aniqlanadi. Eksperimental tadqiqotlardan olingan natijalarni interpretatsiya qilish natijalari yupqa pardalarni elektrofizik xususiyatlari kristallitlar chegarasidagi sirt holatlarning parametrlariga bog’likligi aniqlandi.*

Kalit so‘zlar: *nyupqa parda, nanostruktura, kristall, temperatura, kontsentratsiya, oriyentatsiya, monoenergetik.*

Polikristal yupqa pardalar ma’lum o’lchamlarga ega bo’lgan kristalltlardan tuzilgan bo’ladi. Kristallitlar sirtida oksidlar hosil bo’lishi natijasida ular bir-biridan ajralib, bir jinsli bo’lmagan strukturaga ega bo’ladi. Odatda kristallitlarning o’lchamlari 300-1000 nm, ular orasidagi qatlam esa taxminan 5-50 nmni tashkil qiladi.

Kristallitlar yassi chegarasini ko‘rib chiqamiz va unga perpendikulyar bo‘lgan X yo‘nalishini tanlaymiz (X=0 kristallitlar chegarasi yuzasiga mos keladi). Kristallitlar chegarasida N_s kontsentratsiyali aktseptor tipidagi elektron sirt holatlari mavjud bo‘ladi. E_s sirt holatlarining monoenergetik sathi ta’qiqlangan zonada joylashgan bo‘lsa $E_s<0$, $E \geq 0$ (E-o‘tkazuvchanlik zonasidagi elektronning energiyasi).

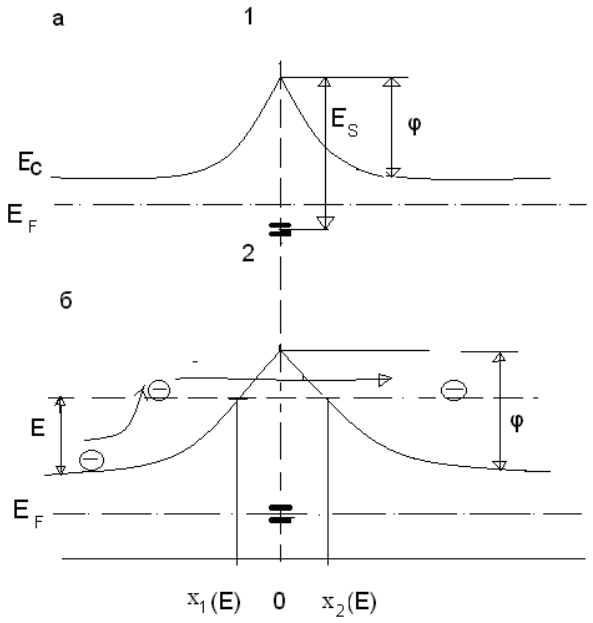
Natijalarning barcha yo‘nalishlar uchun umumiyligini nazarda tutib, eletkronlarning X yo‘nalishi bo‘yicha ko‘chishi holatini ko‘ramiz. Agar yupqa parda materiali Fermi sathi $E_F>E_s$ darajada legirlangan bo‘lsa sirt holatlari o‘tkazuvchanlik elektronlarini tutadi va kristalitlar chegarasida potentsial to‘siqlar hosil bo‘ladi. Bunda ikkita chegaraviy holatlarni farqlash zarur: elektronlar gazi aynamagan holat (Boltsman taqsimoti) va elektronlar gazining to‘liq aynigan holati (Fermi-Dirak taqsimoti). Bular kristalitlar chegarasida potentsialni tarqalishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Elektronlar gazi aynimagan holatda potentsial to‘siq balandligi Puasson tenglamasini yechish orqali beriladi va quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi.

$$\varphi(x)=\frac{e^2Nd}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{l}{2}-x\right)^2 \qquad (1)$$

bunda $\varepsilon\varepsilon_0$ - kristallit hajmini dielektrik singdiruvchanligi; $l=gfN_S/N_d$ - to‘siq qalinligi (kristallitlar chegarasi yaqinida ortiqcha zaryadlar ekranizatsiyasi radiusi); g -sirt holatlarini aynimaslik darajasi faktori ($g=1$ yoki $g=2$); f -sirt holatlarini elektronlar bilan to‘ldirilish funktsiyasi:

$$f=\left[1+\exp\left(\frac{\varphi(0)-E_F+E_S}{kT}\right)\right]^{-1} \qquad (2)$$



1-rasm. *Birlamchi yaqinlashishda to‘siq ko‘rinishi*

$\varphi(0)+E_s<E_f$ bo‘lganda $f=1,\ \varphi(0)=\dfrac{e^2g^2N_s^2}{8\varepsilon\varepsilon_0N_d}$. Bunda

$$N_s<\sqrt{\frac{8\varepsilon\varepsilon_0N_d\left(E_F-E_S\right)}{e^2g^2}}=N_S^* \tag{3}$$

va to‘siq 1a-rasmdagidek ko‘rinishda bo‘ladi.

(1.3) shart buzilsa, $N_S<N_S^*$, $\varphi(0)$ ni (1.1) va (1.2) tenglamalarni birgalikda yechish orqali izlash zarur. Birlamchi yaqinlashishda yechish

$$\varphi_0\approx E_F-E_S+kT\ln\left(\frac{N_S}{N_S^*}-1\right), \tag{4}$$

ko‘rinishda bo‘lib, uning ko‘rinishi 1b-rasmdagidek bo‘ladi.

Agar sirt holatlari kontsentratsiyasi katta bo‘lsa shunday vaziyat sodir bo‘ladi. Fermi sathi va sirt holatlari kT darajadagi aniqlikda o‘zaro "bog‘lanadi".

XULOSA

Eksperimental tadqiqotlardan olingan natijalarni interpretatsiya qilish va kristallitlar chegarasi strukturasi bilan aniqlanmaydigan nanostrukturali yupqa pardalarning xususiyatlarini maqsadli boshqarish uchun ularning atom modeli ishlab chiqiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Zaynolobidinova, S. M. (2023). POLIKRISTALL YUPQA PARDALAR XUSUSIYATLARIGA CHET KIRISHMALARINING TA’SIRI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(3), 283-288.

2. Onarkulov, K. E., Naymanbayev, R., Yuldashev, A. A., & Yuldashev Sh, A. (2021). Халкогенид бирикмалари устида тадқиқотлар. Eurasian journal of academic research, 1(6), 136-137.

3. Онаркулов, К., & Юлдашев, А. (2017). ВИСМУТ-СУРМА ТЕЛЛУРИД ЮПҚА ПАРДАЛАРНИНГ ЭЛЕКТРОФИЗИК ХОССАЛАРИГА ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁННИНГ ТАЪСИРИ. *Scientific journal of the Fergana State University*, (2), 2-2.

EKO SHAHAR LOYIHASIDA GPON TEXNOLOGIYASI VA TARMOQ MONITORINGI

A.D.Yo‘ldoshev

Far‘gona davlat texnika universiteti

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Farg‘ona shahrida qurilayotgan “Eko shahar” loyihasida yuqori tezlikli va ishonchli telekommunikatsiya tizimini yaratishda GPON texnologiyasini qo‘llash imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. GPON tarmog‘ining arxitekturasi, afzalliklari, uy-joylarda raqamli xizmatlarni joriy etish va tarmoq monitoringini tashkil etish masalalari tahlil qilinadi.*

Kalit so‘zlar: *GPON, tarmoq monitoringi, Eko shahar, city, optik tolali aloqa, passiv optik tarmoq, ONT, raqamli infratuzilma, yuqori tezlikli internet, aqlli uy tizimlari, energiya samaradorligi, virtual modellashtirish.*

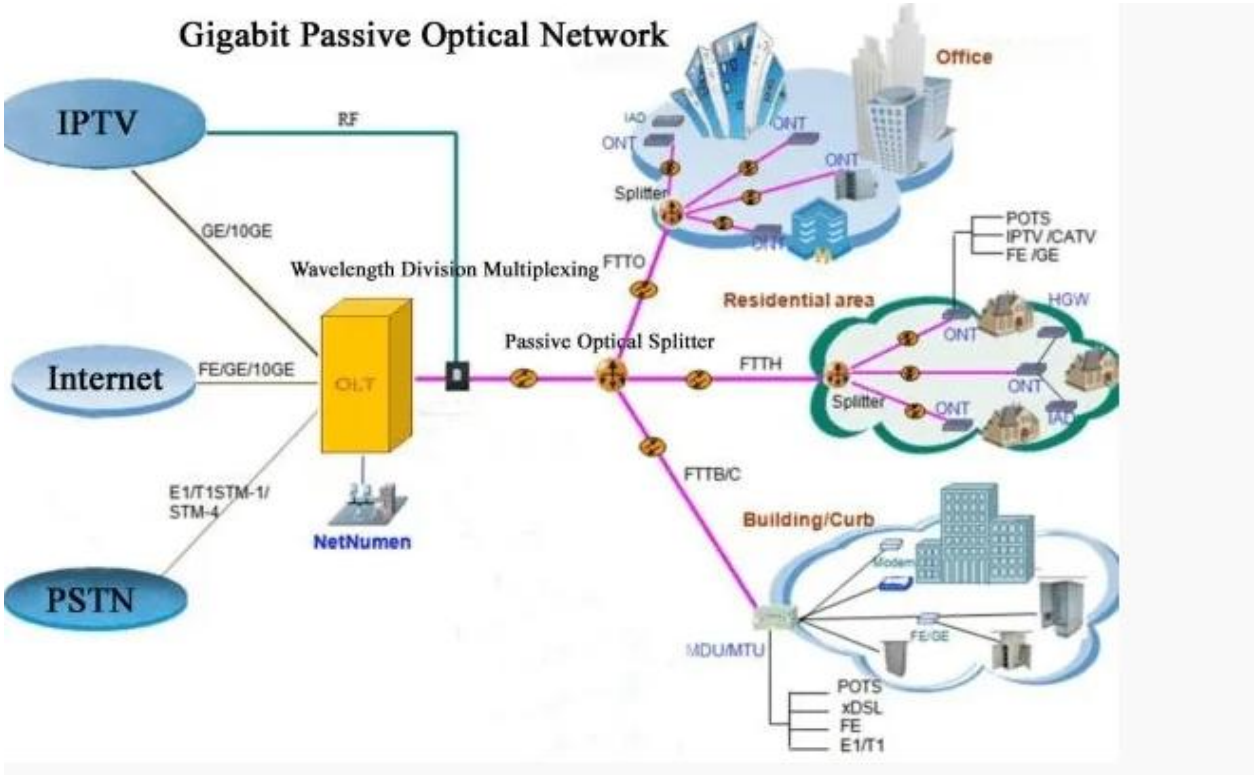
Hozirgi kunda butun dunyo miqyosida global tendensiyalarda smart shahar konsepsiyasi va raqamli infrastrukturani yaratish ustuvor yo’nalishlarga aylangan. Farg’onada qurilayotgan “Eko shahar” – 300 gektar maydon, 40 ming aholiga mo’ljallangan zamonaviy shahar bo’lib, unda 25 qavatgacha bo’lgan uylar, ijtimoiy infratuzilma obyektlari va 70 gektar maydonda “Yangi O’zbekiston” bog‘i bunyod etilmoqda. Bunday kompleks loyiha uchun yuqori sifatli va ishonchli telekommunikatsiya tizimi zarurligi ajralib turadi. Shu nuqtai nazardan, GPON (Gigabit Passive Optical Network) texnologiyasi loyiha uchun tez, ishonchli va energiya samarador aloqani ta’minlashda muhim rol o’ynaydi.

1-rasm. *Eco shahar.*

GPON texnologiyasining asosiy xususiyatlari sifatida yuqori o’tkazuvchanlik, barqarorlik va shu bilan birga GPON texnologiyasi optik tolalar yordamida gigabit tezlikda internet, telefon va video xizmatlarini taqdim eta olishini alohida ta’kidlash joiz. Passiv taqsimlagichlar orqali signalning samarali tarqalishi va past kechikishi kafolatlanadi. Passiv elementlar ishlatilishi tufayli, GPON tizimi kam energiya talab qiladi va shu bilan birga atrof-muhitga zararli ta’sirlarni minimallashtiradi.

Zamonaviy arxitektura va qurilish standartlariga mos keladigan GPON tarmog’i, inshoot ichidagi mavjud axborot-kommunikatsiya texnologiyalari bilan birlashtirilishi, raqamli xizmatlar ekosistemasini yaratishda juda qo’l keladi.

“Eko shahar” loyihasi – ekologik toza, zamonaviy va raqamlashtirilgan shahar modelidir. Shaharda uy-joylar, ofis binolari, jamoat xizmatlari va yashil zonalar samarali rejalashtirilgan. Har bir uy-joyning ichki va tashqi qismida raqamli tizimlarni integratsiya qilish, shaharni smart shahar sifatida rivojlantirish maqsadida amalga oshiriladi. Energiya monitoringi, xavfsizlik, aqlli yoritish va transport tizimlari kabi xizmatlarni yaratish uchun yuqori tezlikli va ishonchli tarmoqlar talab etiladi.



2-rasm. GPON texnologiyasi arxitekturasi.

GPON texnologiyasining Eko shaharga integratsiyasi bunda alohda o’rin tutadi. Qurilish bosqichida texnik infratuzilmani rejalashtirish juda xam muhimdir:

- a)Fiber-optik kabellarni joylashtirish: Har bir yangi quriladigan binoda markaziy optik tarmoqga ulanadigan fiber-optik kabel yo’llari rejalashtiriladi. Bu kabel tizimi binoning asosiy telekommunikatsiya markazi sifatida xizmat qiladi. Passiv taqsimlagichlar va terminal bo’limlar: Binoning har bir qavatida joylashgan passiv optik taqsimlagichlar yordamida signal bir necha xonadonlarga tarqatiladi. Terminal qurilmalar (ONT – Optical Network Terminal) orqali foydalanuvchi joylariga yuqori sifatli ulanish ta’minlanadi.
- b) Xonadonlardagi raqamli xizmatlar: Internet, televideniye va telefon aloqa xizmatlari bevosita GPON tizimi orqali har bir uyga yuqori tezlikli internet ulanishi, IP-telefoniya va interaktiv televideniye xizmatlari uzatish imkoniyati yaratiladi. Aqlli uy tizimlari – xavfsizlik kameralar, energiya monitoringi, masofaviy boshqaruv va boshqa IoT qurilmalari GPON tarmog’i orqali samarali ishlaydi. Bu esa, uy aholisi uchun qulaylik va xavfsizlikni ta’minlaydi.
- c) GPON texnologiyasi yuqori o’tkazuvchanlik, past kechikish va signal yo’qotilishining minimal darajasi bilan kelajakdagi kengaytmalar va texnologik yangilanishlarga moslashadi. Boshlang’ich investitsiya yuqori bo’lishiga qaramay, tizimning kam texnik xizmat ko’rsatish xarajatlari va uzoq muddatli ishonchliligi uni iqtisodiy jihatdan maqbul yechimga aylantiradi. Energiya tejamkorligi va atrof-muhitga minimal zararli ta’siri shaharning yashil va ekologik toza konsepsiyasiga mos keladi.

Har bir xonadonga yetkaziladigan signalning sifatini ta’minlash uchun zarur bo’lgan optik komponentlar va ularning konfiguratsiyasi batafsil tahlil qilinadi. Binolarda GPON tarmog’ini o’rnatish jarayoni, kabel tortish uskunalari va ularning joylashuvi, shu bilan birga, qurilish jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo’lgan texnik qiyinchiliklar aniqlanib, ularning yechimlari taklif qilinadi.

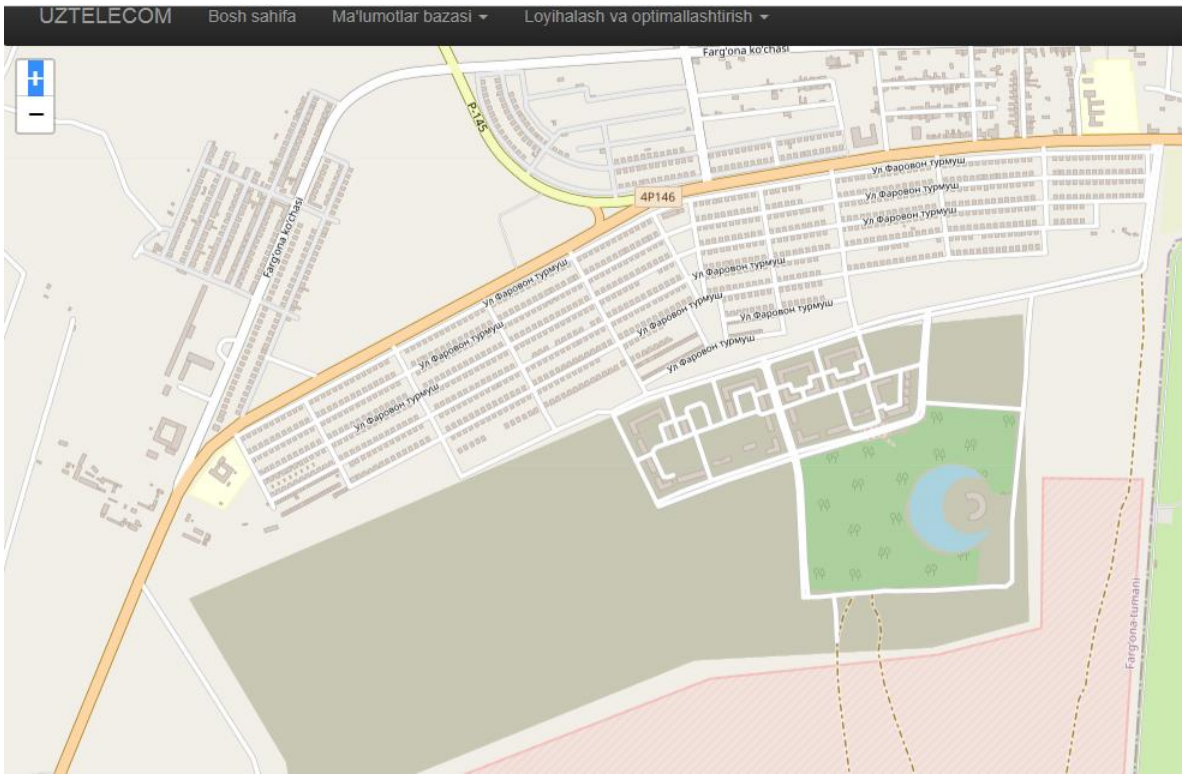
GPON texnologiyasini joriy etish uchun zarur bo’lgan boshlang’ich investitsiyalar, o’rnatish va texnik xizmat ko’rsatish xarajatlari hamda uzoq muddatli

foyda tahlili keltiriladi. Loyihaning keng ko’lamdagi raqamli infratuzilmasi, foydalanuvchilarga ko’rsatiladigan xizmatlar qiymati va iqtisodiy samaradorligi asosida investitsiyani qaytarish muddati hisob-kitob qilinadi.

“Eko shahar”ning telekommunikatsiya infratuzilmasi, xonadonlarga ulanishlar va GPON tizimining barcha elementlari dasturiy ta’minot yordamida virtual tarzda yaratiladi. Ushbu bosqichda tarmoq konfiguratsiyasi, optik tolalar, taqsimlagichlar va boshqa passiv elementlar o’rtasidagi aloqalar modellashtiriladi.

Virtual modellashtirish natijalari asosida tizimning signal uzatish samaradorligi, o’tkazuvchanligi, kechikishlari va energiya iste’moli kabi ko’rsatkichlari aniqlanadi. Shuningdek, foydalanuvchi talablariga javob berish darajasi va kengaytiriluvchanlik tahlili o’tkaziladi.

Virtual bosqichda tizim samaradorligi va texnik afzalliklari ishonchli darajada tasdiqlangach, loyihaning amaliy tadbiqoti bosqichi rejalashtiriladi. Ushbu bosqichda, real sharoitlarda GPON texnologiyasini o’rnatish va tizimni ishga tushirish ishlari amalga oshiriladi. Ushbu yondashuv loyiha xavfsizligi, texnik ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligini yuqori darajada kafolatlaydi hamda innovatsion yechimlarni amaliyotga tatbiq etishda muhim ahamiyat kasb etadi.



3.rasm. Farg’ona shahar “Eco shahar” loyihasi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, GPON texnologiyasini “Eko shahar” loyihasida qo’llash telekommunikatsiya tarmoqlarining yuqori samaradorligini, energiya tejamkorligini va raqamli xizmatlarning sifatini ta’minlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Loyihaning virtual simulyatsiya bosqichi orqali olingan natijalar, kelajakdagi amaliy tadbiqotga asos bo’lib, smart city konsepsiyasini muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching Of The Degradation Process Of Laser Diodes Used In Optical Transport Networks. In 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-4). IEEE.
2. Отажонов С. М., Жураев Н., Алижанов Д. Д. Фотодетектор для регистрации рентгеновского и ультрафиолетового излучения //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2011. – Т. 5. – №. 1. – С. 107-111.
3. Абдурахмонов С. М., Жураев Н. О. Прием-передачи информации по интерфейсу RS-485 по беспроводном каналам в системах АСУ ТП //Научно-технический журнал ФерПИ. – 2016. – Т. 20. – №. 3. – С. 154-157.
4. Jurayev N. M., Xomidova N. Y. SAFETY EVALUATION OF CRYPTOGRAPHY MODULES WITHIN SAFETY RELATED CONTROL SYSTEMS FOR RAILWAY APPLICATIONS //CUTTING EDGE-SCIENCE. – 2020. – С. 197.
5. Juraev N. M., Iskandarov U. U., ugli Abdujabborov I. I. RESEARCH OF REAL EFFICIENCY OF THE INDICATOR 10_MT_20GY DUI //Scientific Bulletin of Namangan State University. – 2020. – Т. 2. – №. 1. – С. 132-137.

ENERGIYA XAVFSIZLIGI VA IQLIM O‘ZGARISHIGA QARSHI KURASHDA MILLIY VA XALQARO STRATEGIYALAR: O‘ZBEKISTON MISOLIDA TAHLIL

Qurbonova Sarvinoz Nosirali qizi

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Mazkur maqolada global iqlim o‘zgarishi va energiya xavfsizligi o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik, shuningdek, xalqaro va milliy strategiyalar tahlil qilinadi. Maqola O‘zbekiston misolida energiya tizimining raqamli ko‘rsatkichlari, qayta tiklanuvchi manbalar ulushi, issiqxona gazlari chiqindilarining kamayishi va barqaror rivojlanish maqsadlariga erishish yo‘llari bilan tanishtiradi. Tadqiqot taklif qiladi: power mix diversifikatsiyasi, energiya samaradorligini oshirish, investitsiyalarni jalb qilish, va ijtimoiy adolat tamoyilini ta’minlash.*

Kalit so‘zlar: *energiya xavfsizligi; iqlim o‘zgarishi; qayta tiklanuvchi energiya; O‘zbekiston; statistik tahlil; milliy strategiya.*

Kirish. XXI asrda dunyo energiya resurslari bo‘yicha yangi chaqiriqlarga duch kelmoqda: aholi sonining o‘sishi, sanoat va transportda energiyaga bo‘lgan talabning kuchayishi, va iqlim o‘zgarishi oqibatidagi ekstrim haroratlar energiya xavfsizligini zaiflashtirmoqda.

O‘zbekiston boshqa Markaziy Osiyo davlatlari kabi tabiiy gazga katta darajada tayanadi, lekin so‘nggi yillarda RTE (qayta tiklanuvchi energiya) sohasida sezilarli o‘sish kuzatilmoqda. Shu bilan birga elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmi, aholi va iqtisodiy o‘sishning ta’siri ostida, har yili o‘sib bormoqda. Global miqyosda Energiya Agentligi (IEA) va IPCC kabi tashkilotlar “2030 / 2050” strategiyalarini ilgari surmoqda, ularning maqsadi issiqxona gazlarini sezilarli darajada kamaytirish va energiya xavfsizligini mustahkamlashdir.

Nazariy asoslar: energiya xavfsizligi va iqlim o‘zgarishi. **Energiya xavfsizligi**: energiyaning barqarorligi, ta’minot manbalarining xilma-xilligi, importga qaramlikni kamaytirish, infratuzilma chidamliligi (rezerv qobiliyat, grid mustahkamligi).

Iqlim o‘zgarishi: parnik gazlari (CO_2, CH_4 va boshqalar) konsentratsiyasining oshishi natijasida harorat o‘sishi, qurg‘oqchilik, suv resurslarining kamayishi, qishloq xo‘jaligiga va iqtisodiyotga zarar.

Nazariy sinergiyalar va tashqaridagi to‘siqlar: qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish iqlimga foyda, lekin investitsiya, texnologiya, siyosiy barqarorlik va ijtimoiy omillar to‘siq bo‘lishi mumkin.

Xalqaro strategiyalar va tajribalar. **Parij kelishuvi (2015-yil)**: har bir davlat NDC (Nationally Determined Contributions) ni belgilab, global harorat oshishini 2 °C dan pastda, mumkin bo‘lsa 1,5 °C da ushlashga intiladi.

IPCC hisobotlari (AR6 WG3 va Synthesis Report): energiya tizimlarida samara darajasini oshirish, elektrlanish (transport, isitish), uglerod tutish texnologiyalari (CCS), qayta tiklanuvchi energiyalar (quyosh, shamol, gidro) hamda bioenergiya tafsiyalarini beradi.

IEA hamda boshqa xalqaro tashkilotlar: energiya investitsiyalarini oshirish (ayniqsa yashil texnologiyalarga), global energiya ta’minot zanjirlarini barqaror qilish, energiya samaradorligi choralarini kengaytirish.

Misol: Dubay Enerji haftaligida ko‘plab davlatlar energetika diversifikatsiyasi va qayta tiklanuvchi energiya qo‘shish bo‘yicha konkret loyihalar e’lon qilishmoqda.

O‘zbekiston: Raqamli ko‘rsatkichlar va milliy strategiyalar. Quyida O‘zbekiston bo‘yicha so‘nggi statistik ma’lumotlar va energiya sohasidagi milliy siyosat tahlili:

1-jadval

Ko‘rsatkich	**Statistik ma’lumot**
Qayta tiklanuvchi energiya (quyosh va shamol) ulushi 2024-ning oxiriga — elektr ishlab chiqarishda	**18 %** ni tashkil etishi rejalashtirilgan. Tashkent Times+1
Umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarish (taxminiy)	2024 yilda ~ **81 milliard kWh** ga yetishi taxmin qilinmoqda. newscentralasia.net

Qayta tiklanuvchi energiya (quyosh va shamol) tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi (2024 yil o‘n oyida)	**4 milliard kWh**; quyoshdan ~3,5 milliard kWh, shamoldan ~506 million kWh. intellinews.com
Qayta tiklanuvchi energetika quvvati maqsadi 2030 uchun	27 GW quvvatga ega bo‘lish, va elektr ishlab chiqarishda RTE ulushini **40 %** ga yetkazish. Enerdata+1
Havo ifloslanish va emissiyalarni kamaytirish bo‘yicha manfaat	RTE orqali tabiiy gaz sarfi kamayishi va 34 million tonna CO_2 chiqindilarini qisqartirish imkoniyati mavjud. Enerdata

Milliy siyosat va tashabbuslar:

2019-yilda “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida” qonun qabul qilindi;

“Yashil iqtisodiyot” dasturi va boshqa prezident qarorlari orqali RTE loyihalari kengaytirilyapti;

Nur Navoi, Jizzax, Samarqand viloyatlarida quyosh va shamol elektr stansiyalari barpo etilmoqda;

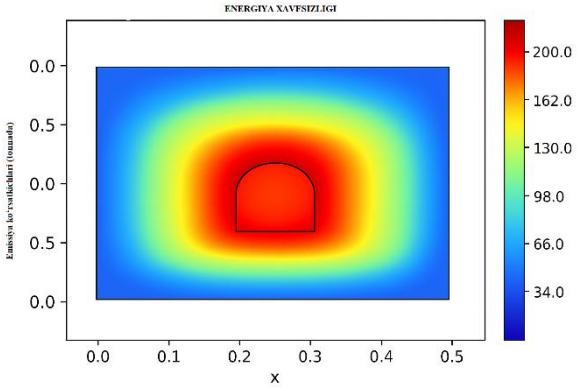
Energiya samaradorligi choralarini kuchaytirish bo‘yicha dasturlar mavjud, jumladan, infratuzilmani modernizatsiya qilish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish.

Iqlim siyosati va barqaror rivojlanish o‘rtasidagi aloqalar. Iqtisodiy o‘sish: energiya tizimi barqaror bo‘lsa, investitsiyalar ortadi, yangi ish o‘rinlari yaratiladi. Masalan, RTE loyihalarida qurilish, texnologiya, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatishda ishchi kuchi talab etiladi.

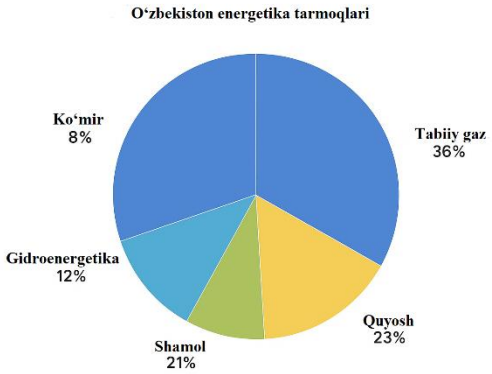
Ekologik foyda: kamroq CO_2 chiqindilari, havoning tozaroqligi, sog‘liqni saqlash xarajatlarining kamayishi.

Ijtimoiy adolat: elektr energiyasidan foydalanish imkoniyati markaziy shaharlardan chekka hududlargacha teng bo‘lishi, energiyaning narxi arzon va ishonchli bo‘lishi.

Saqlash va texnologik barqarorlik: energiya saqlash tizimlari (battery storage, pumped storage), aqlli tarmoqlar, mikrogridlar.



1-rasm.



2-rasm

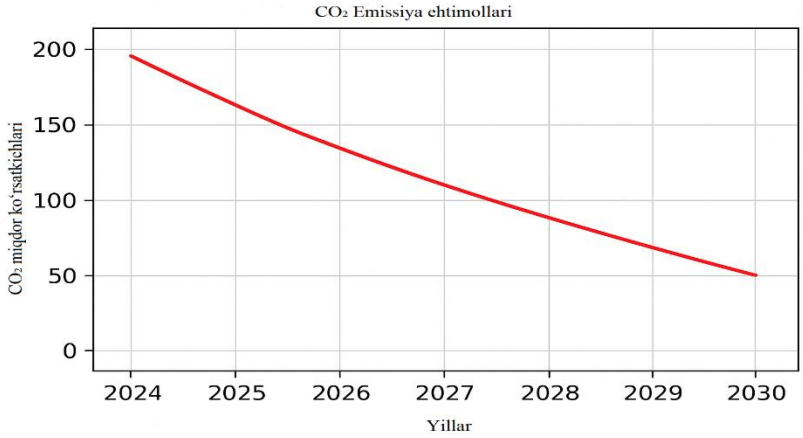
Tadqiqot takliflari va istiqbolli yondashuvlar. Tadqiqot fikriga ko‘ra, O‘zbekiston sharoitida quyidagi yo‘llar orqali energiya xavfsizligi va iqlim o‘zgarishiga qarshi kurash samarasi oshirilishi mumkin:

Kuchli diversifikatsiya: faqat quyosh va shamol bilan chegaralanmay, bioenergiya, gidroenergiya, chiqindidan energiya olish texnologiyalarini ham rivojlantirish.

Energiya samaradorligi standartlarini joriy etish va nazorat: binolar, transport, sanoat sohalarida yo‘qotishlarni kamaytirish bo‘yicha qat’iy standartlar; energiya tejamkor qurilish texnologiyalarini rasmiylashtirish.

Soliq va moliyaviy rag‘batlar: investorlarga soliq imtiyozlari, subsidiyalar, yashil moliya vositalari orqali RTE loyihalarini jalb qilish; shuningdek, davlat kafolatlari va grantlar.

Texnologik innovatsiyalar va kadr tayyorlash: universitetlarda qayta tiklanuvchi energiya texnologiyalari markazlarini ochish; ilmiy-tadqiqot institutlari bilan hamkorlikni kuchaytirish; amaliy laboratoriyalar va pilot loyihalar.



3-rasm

Hududiy integratsiya va energetika infratuzilmasini mustahkamlash: mikrogridlar, saqlash tizimlari, ilg‘or tarmoqlar (smart grids) va elektr taqsimot tarmoqlarini modernizatsiya qilish.

Xalqaro hamkorlik: texnologiya transferi, moliyaviy yordam, eksport-import energetik loyihalar, hamda iqlim moliyasi (marjon fondlar, xalqaro banklar) bilan ishlash.

Ilmiy muhokama. Energiya transformatsiyasi keraksiz xatarlar va to‘siqlarsiz emas. Raqamli va statistik ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki:

Garchi qayta tiklanuvchi energiya ulushi oshsa, lekin uning o‘zgaruvchanligi (masalan, quyosh va shamolda) energiya ta’minotidagi barqarorlikka ta’sir ko‘rsatishi mumkin; shu bois saqlash texnologiyalari zarur.

Investitsiya va moliyalashtirish: xususiy sektorni jalb qilishda huquqiy barqarorlik, sug‘urta, risklarni boshqarish tizimlari muhim.

infratuzilma, grid va tarmoqlarning holati: eski tarmoqlarning yo‘qotishlari va qayta tiklanuvchi manbalarni ulash imkoniyati cheklangan bo‘lishi mumkin.

Ijtimoiy omil: aholining elektr energiyasi narxining oshishi, tarif siyosati, chekka hududlarga energiya yetkazib berishda logistika muammolari ko‘rinishi mumkin.

Xulosa. Energiya xavfsizligi va iqlim o‘zgarishiga qarshi kurash davlatlar, xususan O‘zbekiston uchun ikkala yo‘nalishda ham strategik ahamiyatga ega. Raqamlar (qayta tiklanuvchi energiya ulushi, elektr ishlab chiqarish, emissiyalarni

kamaytirish) ko‘rsatadiki, mamlakat bu yo‘lda sezilarli yutuqlarga erishyapti, lekin hali ko‘p ishlar qoldi.

Tadqiqot sifatida ta’kidlash joizki, energiya siyosati xalqaro majburiyat emas, balki milliy manfaatlar (ekologiya, iqtisodiy o‘sish, ijtimoiy barqarorlik) nuqtai nazaridan qaralishi kerak. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirish, energiya samaradorligi choralarini kuchaytirish, investitsiyalarni jalb etish va infratuzilmani modernizatsiya qilish orqali O‘zbekiston 2030 yilga kelib markaziy Osiyoda “yashil iqtisodiyot” bo‘yicha yetakchi davlatga aylanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. “Share of Uzbekistan renewable energy sources will reach 18% by the end of 2024,” *Tashkent Times*, Energy Minister ma’lumotlari. Tashkent Times
2. “Uzbekistan targets 27 GW of renewable capacity, 40% in power generation by 2030,” *Enerdata*. Enerdata
3. “Uzbekistan’s renewable energy share reaches a record 30.6%,” *Bright Uzbekistan*. Buzb.uz
4. “Uzbekistan generates 4bn kWh from renewable energy in year to October 20.” *BNE IntelliNews*. intellinews.com
5. “President: Uzbekistan plans to increase renewable energy share to 40% by 2030,” *UzDaily*.

ENGINEERING SOLUTIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIGITALIZATION OF TRANSPORT AND ENERGY INFRASTRUCTURE

Rustamov Baxtiyor Odiljon o'g'li, Kulmuradov Dilshod Istamovich
Assistant lecturer, department of Electronics and Instrumentation
Fergana State Technical University
Email: baxaoffical096@gmail.com
Phone: +998 99 702 6996
Associate professor, Department of Vehicle Engineering
Jizzakh Polytechnic Institute
Email: dilshodkulmuradov@gmail.com
Phone: ***+998 90 311 00 04***

Abstract. *This article examines the application of artificial intelligence (AI) technologies in the digitalization process of transport and energy infrastructure, focusing on their engineering solutions and efficiency factors. The study analyzes the significance of AI algorithms in managing traffic flow within transport systems, enhancing stability in energy supply, and developing automated monitoring systems. Furthermore, the paper explores the practical implementation of digital twin technology, machine learning, artificial neural networks, and predictive analytics models in engineering infrastructure.*

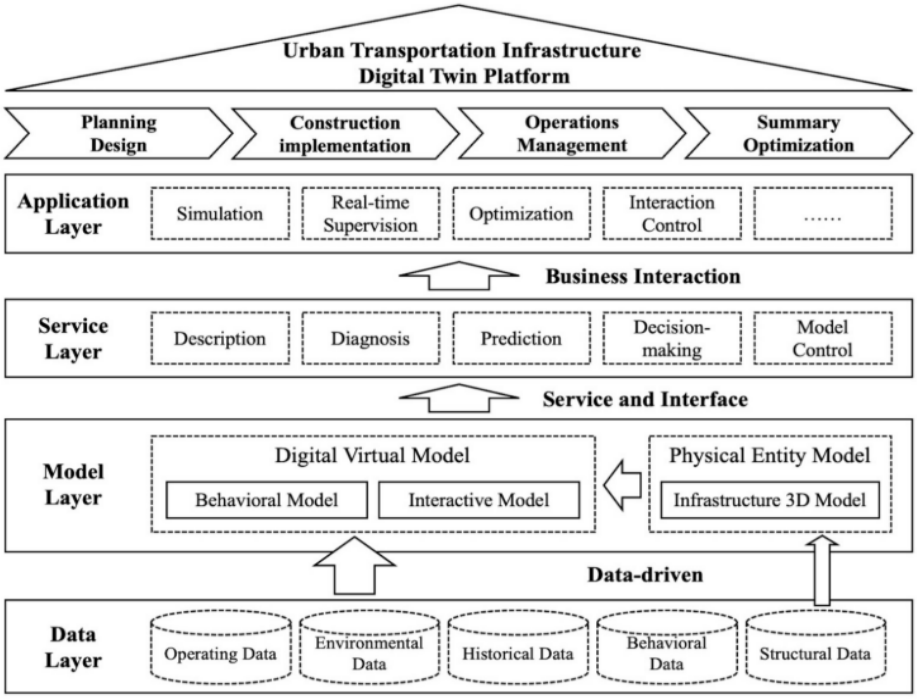
Keywords: *artificial intelligence, digitalization, transport system, energy infrastructure, engineering solutions, digital twin, predictive analytics.*

Introduction. In modern society, digital transformation processes are rapidly evolving within the transport and energy sectors. Artificial intelligence (AI) technologies play a crucial role in ensuring efficient infrastructure management, rational resource utilization, and environmental sustainability. Currently, at the global level, automated transport systems, smart grids, and energy efficiency monitoring systems are being developed and implemented through the use of AI technologies [1].

In this context, engineering solutions based on AI have become a fundamental driving factor of the digital economy.

1. AI Solutions in the Digitalization of Transport Infrastructure

The utilization of artificial intelligence (AI) in transport systems serves as a key factor in enhancing road safety, optimizing traffic flow, and improving passenger convenience. Through the application of computer vision and deep learning algorithms, road infrastructure can be automatically monitored, enabling the early detection and prediction of traffic congestion [2].



1-picture. Twin Platform for urban transportation Infrastructure

Moreover, digital twin technology enables the creation of high-fidelity virtual models of transportation assets, providing engineers and infrastructure managers with a powerful tool to accurately plan maintenance, monitor system performance, and implement modernization strategies. By simulating real-world operating conditions, these virtual models allow for predictive analysis of load distribution, traffic patterns, and potential structural stresses. For example, digital models of road networks can be employed to forecast traffic loads, identify critical wear points, and optimize maintenance schedules, thereby enhancing operational efficiency, safety, and resource allocation across the transportation system.

2. The Role of Artificial Intelligence in Energy Infrastructure

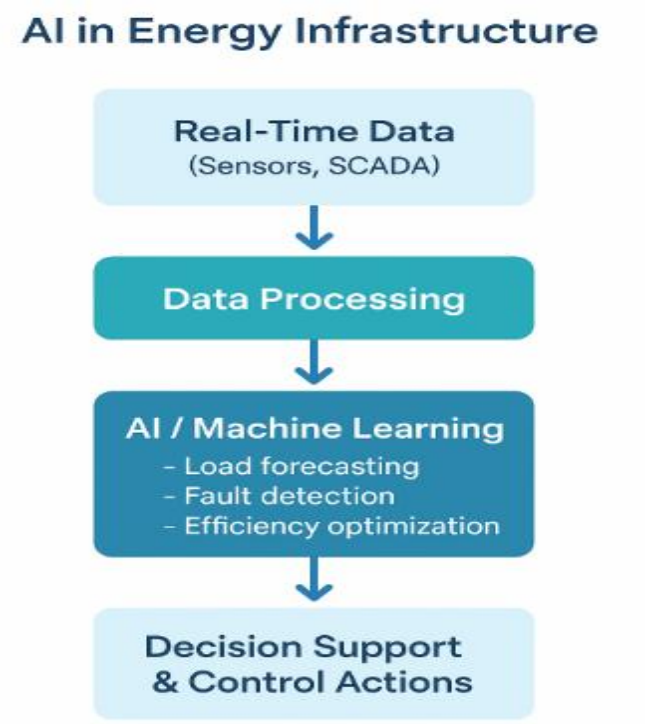
Artificial intelligence (AI) has become a key enabler in modern energy networks, automating processes in generation, transmission, distribution, and

consumption. Integrated into smart grids, AI algorithms analyze real-time data to balance loads, reduce energy losses, and predict potential faults [3].

Predictive analytics allow for proactive maintenance, extending equipment lifetimes and minimizing unexpected outages. AI also supports optimized energy management by forecasting demand, adjusting generation schedules, and identifying network congestion or anomalies. At the consumption level, AI facilitates dynamic demand response, improving overall efficiency.

Thus, AI integration ensures reliable, stable, and environmentally sustainable energy systems, highlighting its transformative impact on modern energy infrastructure.

3. An integrated modeling framework for engineering solutions in the digital transformation of transport and energy infrastructure. The Information System (IS) solutions onto a unified, platform represents a critical strategic imperative for the digital transformation of core infrastructure sectors, namely transport and energy.



2-picture. Intelligent energy management

This paradigm shift is essential for enhancing operational efficiency, ensuring sustainability, and enabling intelligent management of complex, interconnected systems. The proposed model delineates a holistic architectural framework that governs this integration process, outlining the fundamental components, data flows, and functional interactions necessary to create a cohesive digital ecosystem. By establishing a common operational picture, this framework facilitates seamless data exchange, advanced analytics, and synergistic control across previously siloed

infrastructure domains, thereby paving the way for the development of smart, resilient, and adaptive urban and regional networks.

This integrated framework facilitates seamless data exchange, enables robust automated decision-making, and ensures comprehensive system security. From an engineering perspective, this synergy is designed to optimize resource allocation, significantly enhance operational efficiency, and substantially reduce service delivery and maintenance costs.

Conclusion. The deployment of artificial intelligence within transport and energy infrastructure represents a paradigm shift, unlocking the potential for groundbreaking engineering solutions. The implementation of advanced concepts such as **digital twins** for simulation and monitoring, **intelligent grids** for dynamic energy distribution, and **predictive analytics** for proactive maintenance leads to a marked improvement in overall system efficiency, resilience, and cost-effectiveness.

References

1. International Energy Agency. (2023). *Artificial intelligence in energy systems: Applications, challenges and opportunities*. IEA Publications. Thisformatisusedforafullreportfromanorganizationalauthorwherethetitleisitalicized *Thisformatisusedforafullreportfromanorganizationalauthorwherethetitleisitalicized*
2. Kulmuradov, D. I. (2024). Pedagogical-psychological foundations of adaptive design competence in engineering education. In *Education for the future: Pedagogical innovations across disciplines* (pp. 115-118). ISCRC Conferences. https://doi.org/10.37547/iscrc-intconf39
3. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters, 3*, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001
4. Zhang, Y., Wang, L., & Li, S. (2021). AI-driven traffic management systems: Design and implementation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 22*(9), 5567–5578. https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3081636

ISSIQLIK TA’MINOTI TIZIMLARIDA ISSIQLIK IZOLYATSIYASINING AHAMIYATI VA SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI

Maxsitaliyev B.I.

assistent, Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Maqsad issiqlik izolyatsiyasining samaradorligini oshirish yo’llari ko’rib chiqilgan. Quvur izolyatsiyasining optimal qalinligini aniqlash usullari keltirilgan.*

Аннотация. *В статье рассмотрены пути повышение эффективности тепловой изоляции. Приведен метод определения оптимальный тольщины трубопроводов.*

Annotation. *The article discusses ways to increase the efficiency of thermal insulation. A method for determining the optimal thickness of pipelines is given.*

Kalit so’zlar: *bo’yoqlar, isitish, issiq suv ta’minoti, issiqlik izolyatsiya material, issiqlik o’tkazuvchanlik, optimal qalinlik.*

Ключевые слова: *краски, отопление, горячее водоснабжение, теплоизоляционный материал, теплопроводность, оптимальная толщина.*

Key words: *paints, heating, hot water supply, thermal insulation material, thermal conductivity, optimal thickness.*

Mamlakatimizda markaziylashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimining shakllanishi 1950–1970-yillarga to‘g‘ri keladi. Ushbu davrda sanoat korxonalari va aholi punktlarining jadal rivojlanishi bilan bir qatorda, issiqlik energiyasiga bo‘lgan talab ham keskin ortgan. Natijada, o‘sha davr texnik imkoniyatlari asosida ochiq suv taqsimoti inshootlariga ulangan issiqlik tarmoqlarini tashkil etish keng tarqalgan. Tizimning asosiy sxemasi issiqlik manbalaridan (qozonxona yoki issiqlik elektr markazlari — IEM) chiqayotgan suvni bevosita iste’molchiga yetkazish va undan qaytgan sovuq suvni qayta isitish prinsipi asosida qurilgan edi.

Mazkur tizimlarning o‘ziga xos jihati — montaj qilishdagi nisbatan past kapital xarajatlar, lekin ekspluatatsiya jarayonida yuqori energiya sarfi va iqtisodiy samarasizlik bilan tavsiflanadi. Ya’ni, o‘sha davrda qurilish va o‘rnatish ishlarida soddalashtirilgan texnologiyalar, arzon quvur materiallari va minimal issiqlik

izolyatsiyasi qo‘llanilgan bo‘lsa-da, bu yechimlar uzoq muddatli foydalanishda salbiy oqibatlarga olib kelgan.

Markaziylashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimlarining eng muhim kamchiliklaridan biri — ichki isitish tarmoqlari va issiqlik quvurlarining xizmat muddati qisqaligi hisoblanadi. Ko‘plab quvurlar 30–40 yil davomida almashtirilmasdan ishlatilgani sababli, ularning metall qismi korroziyaga uchragan, izolyatsiya materiali esa butunlay samarasiz holga kelgan. Natijada issiqlik tarmoqlarida issiqlik yo‘qotishlar 20–35 % gacha, ba’zi hollarda esa undan ham ko‘proq darajada kuzatilmoqda.

Tizimning yana bir muammosi — issiqlik energiyasining ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash bosqichlarida yuqori yo‘qotishlarning mavjudligidir. Qozonxonalarda yoqilg‘i sarfining yuqoriligi, tarmoqlardagi gidravlik qarshilik, suvning issiqlik tashuvchisi sifatidagi issiqlik sig‘imi yetarli darajada samarali ishlatilmasligi va tarmoqlarning eskirganligi natijasida umumiy samaradorlik 60–70 % dan oshmaydi.

Shuningdek, mavjud tizimlarda suvni transportirovka qilish va issiqlik quvvatini ta’minlash uchun katta miqdorda energiya sarfi talab etiladi. Bu esa belgilangan me’yorlardan ortiq xarajatlarni keltirib chiqaradi. Bunday sharoitda issiqlik energiyasining tannarxi oshib, iste’molchi uchun iqtisodiy jihatdan noqulay holat yuzaga keladi.

Zamonaviy sharoitda markaziylashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimlarini rekonstruksiya qilish va modernizatsiya qilish zaruriyati dolzarb masalaga aylandi. Xususan, quyidagi yo‘nalishlarda islohotlar olib borish talab etiladi:

Yuqori samarador issiqlik manbalarini joriy etish (kondensatsion qozonlar, kogeneratsiya uskunalari va IEM modernizatsiyasi);

Prefabrikatsiyalangan izolyatsiyalangan quvurlar (PIQ) tizimiga o‘tish orqali issiqlik yo‘qotishlarni kamaytirish;

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (ABT)ni joriy etish orqali harorat va bosimni optimallashtirish;

Mahalliy (avtonom) issiqlik manbalarini rivojlantirish, bu orqali tarmoqlardagi issiqlik uzatish masofasini qisqartirish

Energiya auditi va monitoring tizimini yo‘lga qo‘yish orqali resurslardan oqilona foydalanishni ta’minlash.Bugungi kunda respublikamizda mavjud issiqlik ta’minoti tizimlarining aksariyat qismi eskirgan qozonxona uskunalari va issiqlik tarmoqlariga ega. Mazkur tizimlarning jismoniy va ma’naviy eskirganligi natijasida issiqlik energiyasi manbalaridan samarali foydalanish darajasi pasaygan. Natijada, issiqlik energiyasi iste’molchilariga yetkazib berish sifati sezilarli darajada yomonlashib, tizimning energiya tejamkorligi va iqtisodiy samaradorligi kamaymoqda.

Mavjud issiqlik tarmoqlarining katta qismi yer ostidan emas, balki ochiq havoda o‘tkazilgan bo‘lib, bu ularning tashqi muhit omillariga nisbatan ta’sirchanligini oshiradi. Xususan, atmosfera yog‘inlari, namlik, haroratning keskin o‘zgarishi va mexanik ta’sirlar natijasida quvurlar tezda korroziyaga uchraydi va issiqlik yo‘qotishlari ortadi. Shuning uchun issiqlik tarmoqlarida samarali issiqlik izolyatsiyasidan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Issiqlik energiyasini tejash muammosini hal qilishda issiqlik izolyatsiyasi materiallarining sifatini va ularning ekspluatatsion xususiyatlarini optimallashtirish muhim omillardan biridir. Zamonaviy izolyatsiya materiallari issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti past, mexanik mustahkamligi yuqori, namlikka chidamli va uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun mo‘ljallangan bo‘lishi lozim. Shuningdek, ular ekologik xavfsiz, montaj qilish qulay hamda texnik xizmat ko‘rsatish jarayonida oson almashtiriladigan bo‘lishi maqsadga muvofiqdir.

Issiqlik izolyatsiyasi materiallarini tanlashda issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti (λ), issiqlik sig‘imi (C), namlik singdiruvchanlik darajasi, yonuvchanlik ko‘rsatkichi, xizmat muddati, va ekspluatatsiya harorati kabi parametrlar muhim ahamiyatga ega. Amaliyotda keng qo‘llaniladigan materiallar sirasiga bazalt tolalari asosidagi mineral paxta, ko‘pikli polietilen, poliuretan ko‘pik, hamda penopolistirol kiradi. Ushbu materiallar quvurlardagi issiqlik yo‘qotishlarini 20–40% gacha kamaytirish imkonini beradi.

1. Issiqlik tarmoqlarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirishda **issiqlik izolyatsiya qoplamasining tashqi himoya qatlami** muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu qatlam izolyatsiyani tashqi muhitning salbiy omillaridan — mexanik zarbalar, ultrabinafsha (UV) nurlanishi, yog‘ingarchilik, shamol eroziyasi hamda korrozion muhit ta’siridan himoya qiladi. Shuningdek, u izolyatsiya materialining fizik-kimyoviy xususiyatlarini uzoq muddat saqlab turishga yordam beradi.
2. Zamonaviy issiqlik tarmoqlarida keng joriy etilayotgan **prefabrikatsiyalangan izolyatsiyalangan quvurlar (PIQ)** energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirmoqda. PIQ turlari zavod sharoitida ishlab chiqarilib, ular **po‘lat quvur – poliuretan ko‘pik (PUF) – polietilen (PE)** qobig‘idan iborat ko‘p qatlamli konstruksiyaga ega. Bunday struktura issiqlik yo‘qotishlarni 25–40 % gacha kamaytiradi, issiqlik tarmog‘ining xizmat muddatini esa 30 yil va undan ortiq davrga uzaytiradi. Shu bilan birga, bu texnologiya ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish, issiqlik energiyasining uzatish samaradorligini oshirish va ta’mirlash ishlarini soddalashtirish imkonini beradi.
3. Issiqlik izolyatsiyasining **samaradorligi bevosita materialning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientiga (λ)** bog‘liq. Mazkur koeffitsient qancha kichik bo‘lsa, izolyatsiya shuncha yuqori energiya tejamkorlikni ta’minlaydi. Shu bilan birga, issiqlik izolyatsiya qatlamining **qalinligi (δ)** ham muhim parametr hisoblanadi. Qalin qatlam issiqlik yo‘qotishlarni kamaytirsa-da, og‘irlik va montaj xarajatlarini oshiradi. Shu sababli, izolyatsiya tizimini loyihalashda issiqlik muvozanati, iqtisodiy samaradorlik va mexanik mustahkamlik o‘rtasida optimal nisbat tanlanadi.
4. Izolyatsiya materialining samaradorligiga **himoya konstruksiyasi** ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, tashqi metall yoki plastmassa qoplamalar izolyatsiyani namlik va mexanik ta’sirdan himoya qiladi, shuningdek, quyosh nuri va atmosferaning fizik-kimyoviy omillaridan saqlaydi.
5. Issiqlik tarmoqlari quvurlarini izolyatsiyalashda turli shakl va tuzilishdagi materiallar qo‘llaniladi. Ular **rulon**, **qobiq (silindrsimon shakl)** yoki **to‘shama**

(plita) ko‘rinishida ishlab chiqariladi. Tanlanadigan material turi quvurning diametri, ish harorati va montaj sharoitiga qarab belgilanadi.

Mineral momiq (vata). Quvurlar uchun yetarlicha ishonchli issiqlik izolyatsion material bo’lib, katta harorat chegarasi bilan tavsiflanadi. Materialning tolasi taxminan +1000 °C haroratda eriy boshlaydi. Shu bilan birga mineral momiq o’z xususiyatlarini -60 °C dan +200 °C gacha bo’lgan harorat oralig’ida saqlaydi. Mineral momiq rulon, plita, silindir shaklida ishlab chiqariladi. U turli quvurlar tizimini izolyatsiyalashda ishlatiladi.

6. **Shisha momiq (vata).** Shisha momiq mineral momiqqa eng yaqin bo’lgan materialdir. Yaxshi issiqlik izolyatsion hususiyatlariga ega va yonishni qo’llab-quvvatlamaydi. Uning yagona kamchiligi -yuqori gigroskopligidir, shuning uchun uni himoya qatlami bilan mustaxkamlash kerak.

7. **Penopolistirol.** Quvurlar uchun penopolistirollar ikkita yarim silindrdan iborat qobiq shaklida ishlab chiqariladi. Ushbu turdagi materialning afzalligi uning yuqori issiqlik izolyatsiyasi hususiyatlari, o’rnatish qulayligi, ko’plab qayta foydalanish, kimyoviy inertligi arzon narxi hisoblanadi. Kamchiliklari nisabatan qisqa xizmati, past erish xarorati.

8. **Penopoluritan (PPU).** PPU li qobiq penopoluritlar qozonda yanada mukammal izolyatsiya hisoblanadi. Penopoluritanga o’xshab ma’lum bir afzalliklarga ega bo’lib u yuqori zichlik va mehanik ta’sirlarga chidamliroqdir. PPU issiqlik o’tkazuvchanligi bo’yicha issiqlik izolyatsiya materiallari bozorida eng yaxshi materialdir PPU -180 °C dan +130 °C haroratlar oralig’ida samaraliroqdir. Yong’in havfsizligi bo’yicha PPU qiymati yonadigan materiallar qatoriga kiradi. PPU +415 °C da yona boshlaydi, keginchalik o’z-o’zidan o’chadi. Eritish qulayligi tufayli ikki kishi 1 smenada 300 m gacha bo’lgan joyni oson izolyatsiyalaydi.

9. **Issiqlik izolyatsion bo’yoqlar**. Bu nisbatan yangi issiqlik izolyatsion materiallar bo’lib, akril polimerlar bilan bog’langan shisha yoki keramik granulalardan tashkil topgan lak yoki suv asosida tayyorlanadi. Materialning issiqlik o’tkazuvchanlik koeffitsenti kichik va haroratdan ishonchli himoya qiladi. Yaroqlilik muddati 15-20 yil. Bugungi kunda aktorm, korunt, astrobtok, al’fotler, teplonot, bronya kabi

izolyatsion bo’yoqlar ishlab chiqarilmoqda. 1-jadval. Issiqlik izolyatsiyasi materiallarining texnik va ekspluatatsion xususiyatlarini tahlili.

1-jaadval

Izolyatsiya hajmini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$Q_m = 3{,}14 \cdot (D + T) \cdot T \qquad (1)$$

bu yerda Q_m –izolyatsiya hajmi, $\frac{m^3}{m}$;

D – quvurning tashqi diametri, mm;

T – issiqlik izolyatsion qatlamining qalinligi, mm;

Quvur izolyatsiyasini hisoblashda asosiy formula quyidagicha:

$$\ln B = 2\pi\chi \cdot [K \cdot (t_T - t_0)/(q_l - R_H)] \qquad (2)$$

bu yerda χ – izolyatsiyaning issiqlik o’tkazuvchanlik koeffitsenti (jadval bo’yicha);

K – mahkamlash vositalari yoki tayanchlar orqali qo’shimcha issiqlik yo’qotishlari koeffitsenti;

t_T –tashlayotgan muhitning o’rtacha yillik harorati;

t_0 – tashqi havoning o’rtacha yillik harorati;

q_l – issiqlik oqimi;

R_H – izolyatsiya tashqi sirtidagi issiqlik o’tkazishning termik qarshiligi (jadval bo’yicha); B ning qiymati alohida hisoblanadi: $B=(d_{43} + 2\delta)/d_{tp}$,

(3)

bu yerda δ – izolyatsion konstruksionning qalinligi;

d_{43} – quvurning tashqi diametric;

d_{tp} – izolyatsiyalangan quvurning tashqi diametri;

Natijada izolyatsiya qalinligi shunday bo’lishi kerak. Uning qiymatida tenglamalarning o’ng va chap tomonlari bir-biriga teng bo’lishi kerak.

Issiqlik tarmoqlarida issiqlik izolyatsiyasining sifatini oshirish — energiya samaradorligini ta’minlash, issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish va tizimning xizmat

muddatini uzaytirishning eng muhim omillaridan biridir. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, poliuretan ko‘pik (PUF), penopolistirol (PS), mineral va shisha momiq, shuningdek zamonaviy issiqlik izolyatsion bo‘yoqlar amaliyotda yuqori samaradorlikka ega materiallar sirasiga kiradi. Ularning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti past, namlik va mexanik ta’sirlarga chidamli, ekologik xavfsiz va uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun mo‘ljallangan.

Hisoblash natijalari va formulalar (1)–(3) tahlili asosida aniqlanishicha, izolyatsiya qatlamining qalinligi (δ) va issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti (χ) orasidagi optimal nisbat issiqlik oqimi (q_l)ni minimal darajada ushlab turishni ta’minlaydi. Shu bois, quvur izolyatsiyasini loyihalashda harorat farqi (t_T – t_0), izolyatsiya materiali turi hamda tashqi himoya konstruksiyasi parametrlari muvofiqlashtirilgan holda tanlanishi zarur.

Zamonaviy issiqlik tarmoqlarida **prefabrikatsiyalangan izolyatsiyalangan quvurlar (PIQ)**ni qo‘llash issiqlik yo‘qotishlarni 25–40 % gacha kamaytirish, tizimning xizmat muddatini 30 yil va undan ortiq davrga uzaytirish, hamda ekspluatatsiya xarajatlarini sezilarli darajada qisqartirish imkonini beradi. Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (ABT) va energiya auditini joriy etish issiqlik energiyasidan oqilona foydalanishni ta’minlaydi.

Umuman olganda, markaziylashtirilgan issiqlik ta’minoti tizimlarining modernizatsiyasi quyidagi asosiy yo‘nalishlar orqali amalga oshirilishi lozim:

yuqori samarador issiqlik manbalarini (kondensatsion qozonlar, kogeneratsiya bloklari) joriy etish;

-energiya tejamkor izolyatsiya materiallari va PIQ texnologiyalarini keng tatbiq etish;

-avtomatlashtirilgan monitoring va nazorat tizimlarini joriy etish;

-mahalliy avtonom issiqlik manbalarini rivojlantirish.

Natijada, energiya resurslaridan samarali foydalanish, issiqlik energiyasi tannarxini pasaytirish, ekologik barqarorlikni ta’minlash va aholining issiqlik bilan ta’minlanish sifatini oshirishga erishish mumkin.

Adabiyotlar ro’yxati.

1. ShNQ 2.04.14-22 “Uskunalar va quvur o’tkazgichlarni issiqlik izolyasiyasi ”. Toshkent. 2022 yil. 14 dekabr, 243-son.

2. Земленков.Ю.Д. “Методика определения оптимальной толщины изоляции. Нефтегаз, №3 март 2014, ст 77-81

3. Петров.П.В. Определения оптимальной толщины тепловой изоляции ограждающих зданий. Омский государственный университет научный вестник, 2015, №5, ст 254-258

4. Щербин.С.А. Оптимальная толшина стеновой изоляции, ссылка: https://www.elibrary.ru

5. Осипов Р. В. Оптимизация толщины изоляции теплопровода при канальной прокладке. Екатеринбург 2019. — 84 ст

BIR O‘LCHAMLI FAZODA TOLQIN TARQALISH TENGLAMASINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

D.M.Davronova; M.U.Sodiqov

Magistrant, Farg‘ona davlat texnika universiteti

Bir o‘lchamli fazoda to‘lqin tarqalishining matematik modelini yaratish uchun **qaytariluvchi to‘lqinlar**ni tahlil qilishda ko‘p ishlatiladigan **to‘lqin tenglamasi**dan foydalaniladi. Bu tenglama **yagona fazoviy o‘lchovda** vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradigan to‘lqinni tasvirlash imkonini beradi. To‘lqin tenglamasi o‘zgarishi shuni anglatadiki to‘lqinning har bir nuqtasida vaqt o‘tgan sari qanday o‘zgarish bo‘layotgani, shuningdek, fazoviy tarqalish kuzatiladi. Ushbu model orqali turli fizik hodisalarni, shu jumladan, suv to‘lqinlari, tovush to‘lqinlari yoki elektromagnit to‘lqinlarining harakatini tahlil qilish mumkin.

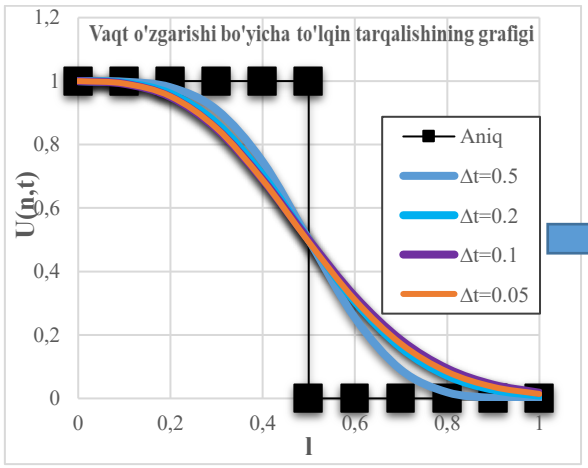
$$\frac{\delta u}{\delta t} + c\frac{\delta u}{\delta x} = 0; \quad (1)$$

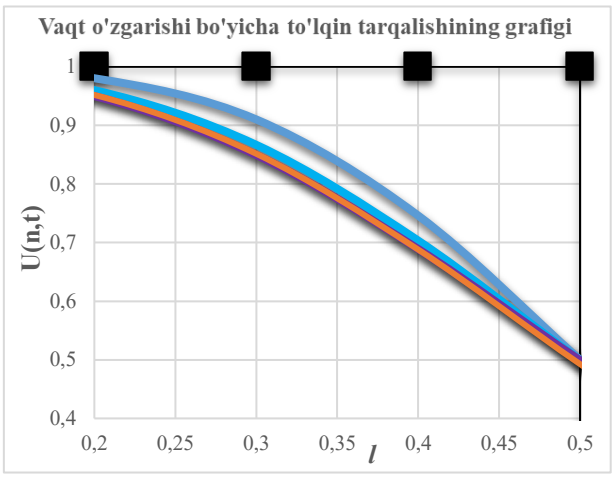
(1) Tenglamani quyidagi ko‘rinishga o‘tkazamiz:

$$U_i^{n+1} = U_i^n - \Delta t c \frac{U_i^n - U_{i-1}^n}{\Delta x}; \quad (2)$$

Bu yerda: *U(n,t)* — to‘lqinning fazo va vaqt bo‘yicha **dispersiya funksiyasi**, ya’ni to‘lqinning *x* va *t* koordinatalariga bog‘liq amplitudasi; *x* — fazo koordinatasi; *t* — vaqt; *c* — to‘lqin tezligi, ya’ni to‘lqinlarning fazoda qanday tezlikda tarqalishini belgilovchi doimiy koeffisent (muhitga qarab farq qiladi).

Quyida Δt = 0.5; 0.2; 0.1; 0.05 va c=0.02; Δx= 0.1 o‘zgarmas bo‘lgan qiymatlar uchun bir o‘lchamli fazoda to‘lqin tarqlishi tenglamasining matematik modelini ko‘rib chiqdik.





1-rasm 2-rasm

2-rasmda ko‘rib turgan garfigimiz 1-rasmdagi U(0.6;05) va *l* (1;0.5) oralig‘ini ko‘rsatadi.

Hulosa

To‘lqin tarqalishi – bu fizik hodisa bo‘lib energiya tarqalishi demakdir.

Natija shuni ko‘rsatdiki vaqt o‘zgargani sari masala yechimining aniqlik darajasi ortadi, shu bilan birga aniqlikka erishish uchun sarflanadigan vaqt ortadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, to‘lqin tenglamalarining aniq va barqaror yechimlari to‘lqin tarqalishining mexanizmlarini sifatli prognoz qilish va boshqarish imkonini beradi. Bundan tashqari, modellashtirish metodlarining takomillashuvi simulyatsiya jarayonlarida aniqlik va hisoblash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Ushbu yondashuvlar murakkab fizik tizimlarni modellashtirishda va kelajakdagi ilmiy tadqiqotlarda muhim asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1.Д.Андерсон, Дж.Таннехилл.Р.Плетчер “ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА И ТЕПЛООБМЕН.

2.M.J.(1973). Boundary Condition Calculation Proceedures for Inviscid Supersonic Flow Fields. – Proc. AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, Palm Springs, California, p. 153-172.

3. Evans, Lawrence C. **Partial Differential Equations.** AMS, Graduate Studies in Mathematics, 2010. — ISBN: 9780821849743

4. https://ocw.mit.edu

MOBIL TARMOQLARIDA ZAXIRA ENERGIYA TA’MINOT MANBASINI PRINTSIPIAL SXEMASINI ELEKTR HISOBI

Madaminov Muhriddin Ro‘ziboy o‘g‘li,
muhriddinmadaminov1996@gmail.com
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada mobil tarmoqlarda zaxira energiya ta’minot manbalarining elektr hisoblash usullari tahlil qilingan. Energiya manbasi sifatida avtomobil akkumulyatori asosida ishlovchi o‘zgartirgich sxemasi ko‘rib chiqilgan. Tranzistor, transformator va rezistorlarning tanlanish mezonlari hamda ularning elektr parametrlari hisoblangan. Hisob natijalari asosida tizimning samaradorligi va ishonchliligi oshirish imkoniyatlari aniqlangan.*

Kalit so‘zlar: *zaxira energiya manbai, mobil tarmoq, o‘zgartirgich, tranzistor, transformator, elektr hisob, samaradorlik, ishonchlilik.*

Kirish. Bugungi kunda mobil aloqa tarmoqlari hayotimizning ajralmas qismiga aylangan bo‘lib, ularning uzluksiz ishlashi ko‘p jihatdan elektr energiyasi ta’minotining ishonchliligiga bog‘liqdir. Telekommunikatsiya tizimlarida, ayniqsa, uzatish va qabul qilish qurilmalari, bazaviy stansiyalar, serverlar va signal kuchaytirgichlar doimiy ravishda barqaror quvvat manbaiga muhtoj bo‘ladi. Elektr ta’minotidagi qisqa muddatli uzilishlar ham signal sifatining pasayishiga, aloqa uzilishiga yoki tarmoq ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, zaxira

energiya ta’minot tizimlarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini oshirish masalasi dolzarb hisoblanadi.

Zaxira energiya manbalari odatda akkumulyator, invertor va o‘zgartirgich bloklaridan tashkil topadi. Ushbu elementlarning to‘g‘ri tanlanishi hamda ularning o‘zaro muvofiqligi tizimning foydali ish koeffitsientini va ishlash barqarorligini belgilaydi. Shu nuqtai nazardan, o‘zgartirgich sxemasining elektr parametrlarini hisoblash, tranzistorlar, transformator va qarshilik elementlarini tanlash muhim amaliy ahamiyatga ega.

Tahlil. Mazkur maqolada mobil tarmoqlarda qo‘llaniladigan zaxira energiya ta’minot manbasi uchun printsipial sxema ishlab chiqildi hamda uning elektr hisoblashlari bosqichma-bosqich amalga oshirildi. Hisoblash natijalari asosida tranzistor, transformator va rezistorlarning optimal qiymatlari tanlandi. Shuningdek, sxemaning samaradorligini oshirish va issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqildi.

Ushbu ishning maqsadi — zaxira energiya manbasining elektr parametrlarini aniqlash orqali mobil tarmoqlar uchun ishonchli, ixcham, tejamkor va samarali quvvat manbai yaratish imkoniyatlarini o‘rganishdan iborat. Maqolada zaxira energiya ta’minot manbasini samaradorligini oshirish maqsadida uning printsipial va struktura sxemalari loyihalanadi. U albatta eng avvalo ixcham, kam sarfli, ishonchli va tejamkor bo‘lishi lozim bo‘ladi. Endi elektr hisobni amalga oshirish uchun eng avvalo dastlabki ma’lumotlar bilan ishlash lozim bo‘ladi, bular ta’minot manbaning kuchlanishi (bizning xolatda avtomobil akkumulyatori): U_0=12 V; o‘zgartirgichning chiqish kuchlanishi U_{KE}=25 V; ikkilamchi o‘ramning maksimal toki I_2=2 A; o‘zgartigichning generatsiya chastotasi f=10 kGts. [5]

Elektr hisobi:

1. Ochiq tranzistorning tokini aniqlaymiz

$$I_{kto'y} = I_{2maks}U_2 / \eta U_0 = 2 \cdot 25 / 0.9 \cdot 12 = 4.6A \qquad (1)$$

2. Endi o‘zgartirgichni tranzistori yopiq xolatidagi maksimal kuchlanishni topamiz U_{KEmaks}=(2,2÷2,4) U_0 demak U_{KEmaks}=2,4·12=28,8 V. (2)

3. I_{Kmaks} maksimal tok bo‘yicha va U_{KEmaks} maksimal kuchlanishlari bo‘yicha VT1 va VT2 tranzistorlarni tanlaymiz

$$I_{Kmaks}=2\cdot I_{Kmaks}=2\cdot 4,6=9,2 \text{ A}. \quad (3)$$

Biz ma’lumotnomadvn bizga kerak bo‘lgan tranzistorlarni sal kattaroq qiymatlari bilan tanlab olamiz, bizning uchun eng ma’qul keladigan tranzistor bu KT902A bo‘lib uning quyidagi parametrlari mavjuddir: $I_{K\ maks}=5$ A; $P_{Kmaks}=30$ Vt; f=30 mGts; $h_{21E}=15$; $U_{KE}=2$ V; $U_{EBmaks}=2$ V. (4)

4. Ma’lumotnomadvn olingan ma’lumotlardan foydalangan xolda

$$I_{Bto‘y}=1,3\cdot I_{K\ to‘y}/ h_{21E} \quad (5)$$

$$I_{Bto‘y}=1,3\cdot 4,6/15=0,39 \text{ A}$$

5. Baza o‘ramlarining kuchlanishi 3 V deb belgilab olmiz.

6. Barcha olingan ma’lumotlardan foydalangan xolda sxemadagi R_B qarshiligini hisoblaymiz:

$$R_B=2/ I_{Bto‘y}=2/0,39=5,13 \text{ Om} \quad (6)$$

Ushbu qarshilikni 10 Om deb olamiz va baza tokini aniqlaymiz $I_{Bto‘y}=2/10=0,2$ A, R_1 va R_2 rezistorlarida ajralib chiqayotgan quvvat qiymatiga teng:

$$R_{R1;\ R2}=I^2_{Bto‘y}\cdot R_B=(0,39)^2\cdot 10=1,5 \text{ Vt} \quad (7)$$

S2 – 23 – 2 – 10 rezistorni tanlaymiz, uning quvvati 2 VT ga teng.

Bu ma’lumotdan kelib chiqgan xolda R_2 qarshilik kattaligini topamiz $R_2=(3-0,5)/0,39A=6,5$ Om, endi R_1 qarshilik qiymatini topamiz

$$R_1= I_{Bto‘y}\cdot R_B/0,5 =12\cdot 6,5/0,5=15,6 \text{ Om} \quad (8)$$

Baza qarshiligidagi kuchlanish tushuvini hisoblaymiz:

$$U_{RB}= I_{Bto‘y}\cdot R_B =0,39\cdot 10=3,9 \text{ V} \quad (9)$$

Siljitish xolatida oqib o‘tayotgan tok qiymatini aniqlaymiz:

$$I_{sil} = U_0/(R_1+ R_2)=12/(15,6+6,5)=0,5 \text{ A} \quad (10)$$

R_1 va R_2 qarshiliklarida ajralib chiqayotgan quvvat kattaligini topamiz:

$$R_{R1}= I^2_{Bto‘y}\cdot R_1 =(0,5)^2\cdot 15,6 =3,9 \text{ Vt} \quad (2.11)$$

Bu rezistorni S2 – 23 – 4 – 15 Om deb tanlaymiz, endi R_2 rezistor quvvatini hisoblaymiz:

$$R_{RB}= I^2_{sil} \cdot R_2=(0,5)^2 \cdot 6,5=1,6 \text{ Vt} \quad (12)$$

Bu qarshilikni esa S2 – 23 – 2 – 6 Om deb tanlaymiz. Ushbu qarshilikning quvvati 2 Vt.

7. Transformator parametrlari hisobi. O‘zi mustaqil qo‘zg‘aluvchi o‘zgartirgichlarning transformatori gisterezis sirtmog‘i to‘g‘ri burchakli bo‘lgan materialdan tayyorlanadi ya’ni bizga 50NP o‘zak materiali to‘g‘ri keladi.

Endi birlamchi, ikkilamchi ya’ni baza o‘ramlari sonini aniqlaymiz:

$$W_1 = U_0 \cdot 10^4 /(4 \cdot f \cdot B \cdot S_{CT} \cdot K_C) = 12 \cdot 10^4 /(4 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 0,93 \cdot 1,5) = 15ma \quad (13)$$

$$W_2 = (U_2 / U_0) W_1 = (25/12) \cdot 15 = 31ma \quad (14)$$

$$W_Б = (U_Б / U_0) W_1 = (3/12) \cdot 15 = 3,5ma \quad (15)$$

Transformatorimizning foydali ish koeffitsienti η=0,92 ga teng bo‘lmoqda, bu o‘z navbatida yaxshi natijaga olib keladi, transformatorimizning quvvati esa quyidagiga teng bo‘ladi:

R=25·2=50 Vt ga teng bo‘ladi. (16)

8. Tranzistorlarni qizib ketish temperaturasini aniqlash uchun avvalo ularda sarf qilinayotgan (yo‘qotilayotgan) quvvatni aniqlab olamiz. Otsechka rejimidagi quvvat yo‘qolishi quyidagicha hisoblanadi:

$$R_{ots}= I_{KB0} \cdot U_{KE} \quad (17)$$

$$R_{ots}= 0,01 \cdot 2=0,02 \text{ Vt}$$

To‘yinish rejimidagi quvvat yo‘qotilishi

$$R_{to‘y}= I_{KEto‘y} U_{KEto‘y} \quad (18)$$

formula orqali aniqlanadi:

$$R_{to‘y}= 9,2 \cdot 0,6=5,52 \text{ Vt}$$

Dinamik yo‘qotilishlar koeffitsienti K_g =0,5 ga teng.

Bundan esa

$$P_{T.дин} = I_{кн} \cdot U_{КЭн} \cdot \tau \cdot f_n \cdot K_g \quad (19)$$

kelib chiqadi. Buni hisoblaymiz: $P_{T.дин} = 5 \cdot 28,8 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 0,5 = 0,15Bm$

Tranzistorda umumiy quvvat yo‘qotilishi o‘z navbatida $P_к = P_{ОТС} + P_{тўй} + P_{т.дин}$ teng bo‘ladi. $P_ê = 0{,}15 + 0{,}002 + 5{,}52 = 5{,}69 Âò$ ga teng.

9. O‘zgartirgich impulsining davomiylik frontini $t_f=10^{-5}$sek deb belgilab olamiz va bizga kerak bo‘lgan tekislovchi sig‘im filtrini

$$C_ô \approx \frac{I_0 \cdot U_2 \cdot t_ô}{U_{02} \cdot U_0} \qquad (20)$$

formula yordamida aniqlaymiz:

$$C \approx \frac{2{,}22 \cdot 25 \cdot 10^{-5}}{0{,}25 \cdot 25} \approx 88 \mu F \qquad (20)$$

Xar xil sharoitdagi kondensatorni sig‘imini kichrayishi hisobini olgan xolda va texnik xarakteristikalarni turli xilligi sababli K52 – 2 – 50V – 100 mkFli kondensatorni tanlaymiz.

Xulosa. Ushbu tadqiqot ishida mobil tarmoqlarda zaxira energiya ta’minot manbalarining samaradorligini oshirishga qaratilgan elektr hisoblash va elementlarni tanlash masalalari ko‘rib chiqildi. Zaxira energiya manbasi sifatida 12 voltli avtomobil akkumulyatori asosida ishlovchi o‘zgartirgich sxemasi loyihalandi. Hisoblash jarayonida o‘zgartirgich tranzistorlarining ish rejimlari, ularning maksimal kuchlanish va tok qiymatlari, shuningdek, baza qarshiligi, quvvat sarfi va issiqlik yo‘qotishlari aniqlandi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, KT902A turidagi tranzistorlar o‘zgartirgich sxemasi uchun eng maqbul variant bo‘lib, ularning parametrlari — 5 A gacha bo‘lgan tok, 30 Vt quvvat va 30 mGts chastotali ishlash imkoniyati — yuqori ishonchlilikni ta’minlaydi. Transformator tanlashda 50NP o‘zak materiali optimal yechim sifatida aniqlanib, tizimning foydali ish koeffitsienti 0,92 ga teng natija berdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. X.T.Yuldashev, M.R.Madaminov. Quyosh panellaridan foydalanish samaradorligi. “Axborot – kommunikatsiya texnologiyalari va

telekommunikatsiyalari soxasida zamonaviy muammolar va yechimlar”. Respublika ilmiy-texnik anjumani 15-16 aprel Farg‘ona 2022.198-201 B

2. Источники вторичного електропитания / В.А. Головацкий, Г.Н. Гулкович, Ю.И. Конев и др.; Под ред. Ю.И. Конева –М.: Радио и связ, 2010. –420 с.
3. 2. Источники електропитания радиоелектронной аппаратури: Справочник / Г.С. Найвелт, К.Б. Мазел, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвелта. –М.: Радио и связ, 2015. –576 с.
4. X.T.Yuldashev, S.V.Mamajonova, D.D.Xosilov, M.R.Madaminov. Uzluksiz ta’minlash manbaasining energetik samaradorligini oshirish. “Yarimo‘tkazgichlar fizikasi, mikro va nanoelektronikaning fundamental va amaliy muammolari” I-xalqaro anjumani Toshkent 2021-yil 28-29 oktabr –r. 201-202

SUV TOZALASHDA ARZON ENERGIYADAN FOYDALANISHNING SAMARADOR USULLARI

Qurbonova Sarvinoz Nosirali qizi

Farg‘ona davlat texnika universiteti, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Mazkur maqolada suvni tozalash jarayonlarida arzon va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari o‘rganildi. Quyosh, shamol va biomassa energiyalarining suvni mexanik, biologik hamda kimyoviy tozalash bosqichlaridagi qo‘llanilishi tahlil qilindi. Energiya tejamkor texnologiyalar suv ta’minotining barqarorligini oshirishi, ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishi va ekologik yukni pasaytirishi asoslab berildi.*

Kalit so‘zlar: *suv tozalash, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, shamol turbinalari, fotokataliz, biogaz, energiya tejamkor texnologiyalar.*

Abstract. *This article examines the potential of using cheap and renewable energy sources in water treatment processes. The use of solar, wind, and biomass energy in mechanical, biological, and chemical water treatment stages is analyzed. It is argued that energy-efficient technologies can increase the stability of water supply, reduce operating costs, and reduce environmental burden.*

Keywords: *water treatment, renewable energy, solar energy, wind turbines, photocatalysis, biogas, energy-efficient technologies.*

Аннотация. *В статье рассматривается потенциал использования дешёвых и возобновляемых источников энергии в процессах водоподготовки. Проанализировано использование энергии солнца, ветра и биомассы на этапах механической, биологической и химической очистки воды. Утверждается, что энергоэффективные технологии могут повысить стабильность водоснабжения, снизить эксплуатационные расходы и уменьшить нагрузку на окружающую среду.*

Ключевые слова: *водоподготовка, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, ветрогенераторы, фотокатализ, биогаз, энергоэффективные технологии.*

Kirish. Bugungi kunda dunyo miqyosida suv resurslari tanqisligi va energiya ta’minoti muammolari bir-biriga chambarchas bog‘liq. Aholi sonining ortishi, sanoatlashtirish va iqlim o‘zgarishi natijasida toza ichimlik suvi ta’minoti ko‘plab hududlarda murakkablashmoqda. Shu sababli suvni tozalash tizimlarida **arzon,** qayta tiklanuvchi va ekologik toza energiya manbalaridan foydalanish zaruriy ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston sharoitida suvni quyosh energiyasi yordamida bug‘latish, fotokatalitik reaksiya asosidagi tozalash (masalan, TiO_2 nanomateriallar bilan), hamda shamol energiyasi yordamida ishlaydigan aeratorlar joriy etilishi istiqbolli yo‘nalishlardandir.

Asosiy qism

1. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va suv tozalash texnologiyalari

Quyosh energiyasi asosida suv bug‘latish: quyosh kollektorlaridan foydalanib, sho‘r suvlarni distillatsiya qilish.

Fotokatalitik suv tozalash: ultrabinafsha nurlanish yordamida ifloslantiruvchi organik moddalarni parchalaydigan yarimo‘tkazgich katalizatorlar (TiO_2, ZnO) qo‘llaniladi.

Shamol energiyasi asosida aeratsiya tizimlari: biologik tozalash jarayonlarida suvdagi kislorod darajasini oshirish uchun shamol turbinalaridan foydalanish.

Biogaz energiyasi: chiqindi suvlar loyqalarini anaerob parchalanishi natijasida olinadigan biogazdan energiya sifatida foydalanish.

2. Energiya tejamkor texnologiyalar

Suv tozalash tizimlarida energiya sarfini kamaytirish va samaradorlikni oshirish maqsadida turli **energiya tejamkor texnologiyalar** joriy etilmoqda. Bunday texnologiyalar suv nasoslari, tozalash bosqichlari hamda chiqindi suvlar bilan bog‘liq issiqlik va gidroenergiya resurslaridan qayta foydalanish imkonini beradi.

2.1. Past quvvatli nasos tizimlari va invertor asosidagi boshqaruv

An’anaviy nasoslar doimiy quvvatda ishlaydi va energiya sarfini orttiradi. Zamonaviy **invertor (variable frequency drive, VFD)** tizimlari esa nasos tezligini real ehtiyojga qarab avtomatik boshqaradi. Bu esa energiya sarfini **20–40% gacha kamaytiradi**. Shu bilan birga, bosimning barqarorligi ta’minlanadi, nasoslarning xizmat muddati uzayadi hamda ekspluatatsiya xarajatlari qisqaradi. Masalan, Farg‘ona viloyatidagi ayrim suv ta’minoti tarmoqlarida invertor o‘rnatilgan nasoslar yordamida yillik elektr energiyasi iste’moli **25 ming kVt·soatgacha tejashga erishilgan**.

2.2. Gidroenergiya qayta ishlatish

Suv tozalash inshootlarida chiqayotgan oqimning potensial energiyasi ko‘pincha isrof bo‘ladi. Shu sababli chiqish quvurlarida **mikro-gidroelektr generatorlar** o‘rnatish orqali energiyani qayta olish mumkin.Bu usul suv sathlaridagi tabiiy bosim farqidan foydalanadi va kichik hajmdagi elektr energiyasini ishlab chiqadi. Hosil bo‘lgan energiya nasoslarni quvvatlantirish, yoritish yoki avtomatik boshqaruv tizimlarida ishlatilishi mumkin.Tajribalarga ko‘ra, o‘rtacha quvvatli tozalash inshootida bu tizim yordamida **yillik energiya xarajati 10–15% gacha kamayadi**.

1-jadval

Texnologiya turi	O‘rtacha energiya tejalishi (%)	Afzalliklar

Invertorli nasos tizimi	35	Barqaror bosim, uzoq xizmat muddati
Mikro-gidro generator	12	Ichki energiya ishlab chiqarish
Issiqlik almashgich	25	Issiqlik yo‘qotilishini kamaytirish

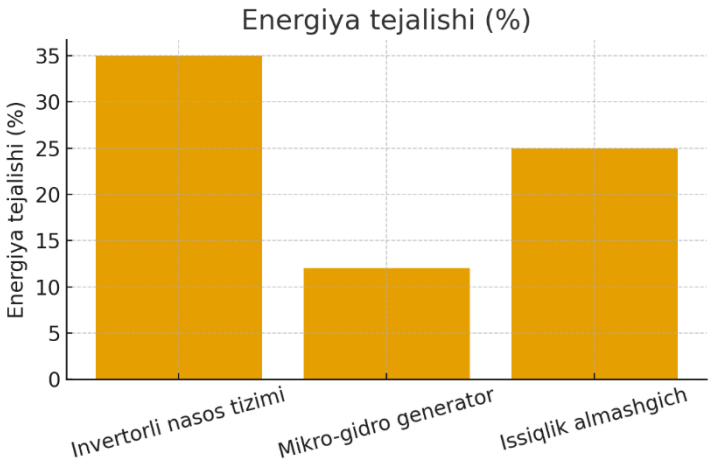
2.3. Issiqlik energiyasini qayta tiklash

Tozalash inshootlaridan chiqayotgan suv ko‘pincha atrof-muhit haroratidan issiqroq bo‘ladi. Bu **issiq** chiqindi suvdan issiqlik almashinish orqali energiya tejash imkonini beradi. Issiqlik almashgichlar yordamida bu energiya qayta olinib, suvni oldindan isitish, binolarni isitish yoki boshqa texnologik jarayonlarda ishlatiladi. Natijada, issiqlik energiyasi iste’moli 15–30% gacha kamayadi. Shuningdek, bu usul suv haroratining keskin pasayishini oldini olib, ekotizimga termal yukni kamaytiradi, bu esa ekologik jihatdan ham foydali.

3. Amaliy tajriba va natijalar (misollar)

Issiqlik energiyasini qayta tiklash. Suv tozalash inshootlarida chiqindi suvlar odatda ma’lum miqdorda issiqlik energiyasiga ega bo‘ladi. Ayniqsa, maishiy, sanoat va hammomlardan kelayotgan oqimlarning harorati 25–40°C atrofida bo‘ladi, bu esa atrof-muhit haroratidan sezilarli darajada yuqoridir. Bunday suvlar tabiiy ravishda chiqarib yuborilganda, ularning tarkibidagi issiqlik yo‘qotiladi. Shu sababli issiqlik energiyasini qayta tiklash texnologiyalari yordamida bu energiyani qayta ishlatish — energiya tejamkorlikning muhim yo‘nalishlaridan biridir.

Texnologiyaning mohiyati. Issiqlik energiyasini qayta tiklash tizimlari issiqlik almashgichlar (heat exchangers) yordamida ishlaydi. Bu qurilmalar issiq chiqindi suv bilan toza yoki sovuq suv oqimi o‘rtasida issiqlik almashinuvini amalga oshiradi.



1-rasm.

Natijada, chiqindi suvning issiqligi yangi suvni qisman isitadi va umumiy energiya sarfini kamaytiradi.Bu jarayon quyidagi formulaga asosan baholanadi:

$$\boldsymbol{Q = mc\Delta T} \quad (1)$$

bu yerda:

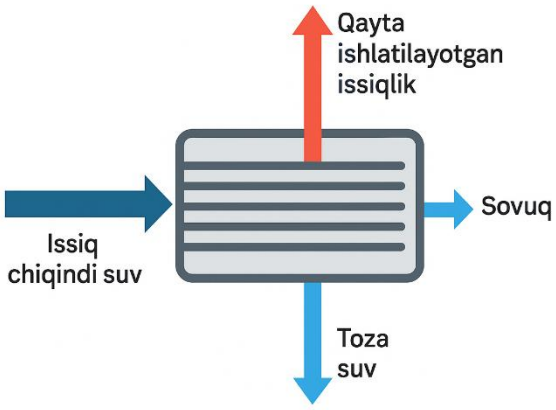
Q — qayta olingan issiqlik energiyasi (kJ),

m — suv oqimining massasi (kg/s),

c — suvning issiqlik sig‘imi (4.18 kJ/kg·°C),

ΔT — haroratlar farqi (°C).

Agar chiqindi suv harorati 35°C, toza suv esa 15°C bo‘lsa, harorat farqi 20°C ni tashkil etadi va har 1 m³ suv oqimida o‘rtacha 84 MJ energiya tejash imkonini beradi.



2-rasm.

Qo‘llanilish sohalari

Issiqlik almashinish tizimlari turli bosqichlarda samarali qo‘llaniladi:

1. Tozalash inshootlarida suvni oldindan isitish – biologik jarayonlar samaradorligini oshirish uchun.

2. Binolarni isitish yoki texnologik suv tayyorlash – chiqindi suvdagi issiqlik issiqlik nasoslari orqali qayta ishlanadi.

3. Sanoat korxonalari – metall yuvish, oziq-ovqat sanoati, sut zavodlari va kir yuvish sexlarida chiqayotgan issiq suvdan energiya tiklanadi.

Masalan, Germaniya va Niderlandiyada kanalizatsiya tizimlari orqali issiqlik nasoslari yordamida olingan energiya ko‘p qavatli turar joy binolarini isitishda qo‘llanilmoqda. Natijada umumiy energiya iste’moli 25–30% gacha kamaygan.

Ekologik va iqtisodiy samaradorlik

Issiqlik energiyasini qayta tiklash texnologiyasi ikki asosiy foyda beradi:

Energiya tejash: issiqlik nasoslari yoki issiqlik almashgichlar yordamida qayta olingan energiya an’anaviy gaz yoki elektr yo‘qotishlarini kamaytiradi.

Atrof-muhitni himoya qilish: chiqindi suvning haroratini pasaytirish orqali termal ifloslanish kamayadi, bu esa suv havzalarining ekologik muvozanatini saqlashga yordam beradi.

Bundan tashqari, bunday tizimlarni joriy etish orqali CO_2 chiqindilari 10–20% gacha kamayadi, bu esa SDG 13 (“Iqlim o‘zgarishiga qarshi kurash”) maqsadi bilan hamohangdir.

Natija. Demak, issiqlik energiyasini qayta tiklash texnologiyasi suv tozalash inshootlari uchun ikki tomonlama afzallikka ega — u nafaqat energiya sarfini kamaytiradi (15–30%), balki ekotizimlarga termal yukni kamaytiradi, energiya barqarorligini oshiradi va ishlab chiqarish jarayonlarini ekologik jihatdan tozalaydi.

Xulosa. Suv tozalash inshootlarida arzon va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik barqarorlikni ham ta’minlaydi. O‘zbekiston sharoitida quyosh, shamol va biogaz energiyalarini birgalikda qo‘llovchi gibrid tizimlar yaratish eng istiqbolli yo‘nalishlardan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. J Orzimatov, S Qurbonova Using membrane ultrafiltration equipment for drinking water disinfection

2. E Madaliev, M Madaliev, A Akramov, S Umurqulov, S Qurbonova Numerical simulation of the flow in a flat suddenly expanding channel based on a two-fluid turbulence model E3S Web of Conferences 508, 06001

3. J Orzimatov, S Qurbonova, Ichimlik suvlarini zararsizlantirishda membranali ultrafiltratsiya uskunalaridan foydalanish Science and innovation 1 (A7), 773-779

4. Tri Suyono, Lita Asyriati Latif va boshqalar, Suv tozalash zavodlarida mikro-gidro qo‘llash potentsiali, oqim va quvvat parametrlari, arzon energiya manbasi sifatida baholash, Proceedings of the ICST 2018 Atlantis Press

PAXTA TOZALASH KORXONALARIDA CHANGLI GAZLARNI TOZALOVCHI YANGI APPARATDA KONUSSIMON SETKALARNI QO‘LLASH

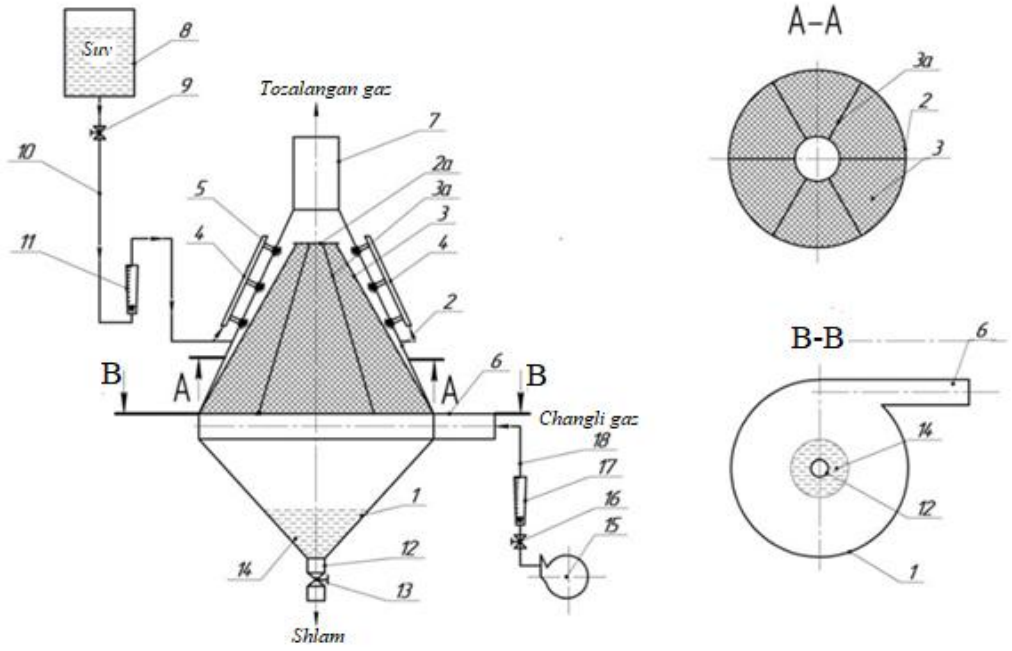
Qo‘chqarov Bobirmirzo Ulug‘bekovich
texnika fanlari falsafa doktori.,(PhD),
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Tel: +998916806177
Pochta: bqmirzo@gmail.com

Annotatsiya. *Ushbu maqolada changli gazlarni nam usulda tozalash uchun yangi apparatning konstruksiyasi keltirilgan bo‘lib, uning alohida qismlariga to‘xtalib o‘tilgan. Bunda suv purkash orqali shlam hosil bo’ladi. Hosil bo‘lgan shlam qayta tindirilib, suvidan yana changlarni tozalashda foydalanish mumkin. Buning natijasida hozirgi kundagi ekologik muammolarga ma’lum darajada yechim topiladi. Atrof-muhitga chang zarralari tarqalishining oldi olinadi.*

Kalit so‘zlar: *chang, gaz, zarra, ho‘l usul, suyuqlik, quvur, setka, gaz sarfi, konussimon setka, energiya.*

Sanoat korxonalaridan chiqayotgan chang va zaxarli gazlarni tozalash jarayonida eng arzon va qulay usul bu nam usulda tozalash jarayonidir. Changli

gazlarni ho‘l usulda tozalashning mohiyati, chang zarralarini namlash orqali mayda chang dispers zarrachalarini birlashtirishdir. Bunda chang zarrachalarining kontakti suyuqlik plyonkasi yuzasida yoki suyuqlik tomchilarida sodir bo‘ladi. Bu jarayonni amalga oshirishda changli gaz va suyuqlik oqimi perpendikulyar yoki qarama-qarshi harakatlanishi mumkin [1,2].



1-ostki konussimon shlam vannasi, 2- ustki konussimon tozalash kamerasi, 3-konussimon setka, 3a setka tayanchi, 4- suv sepuvchi shtuser, 5- suv taqsimlovchi quvurcha, 6- changli gazni kiritish quvuri, 7- tozalangan gazni chiqaruvchi quvur, 8-suv idishi, 9- suv jo‘mragi,10- suv quvuri, 11- suv rotametri, 12- shlamni oqizuvchi quvur, 13- shlam jumragi, 14- shlam, 15- changli havoni xaydovchi ventilyator, 16-changli havo jumragi,17 Rotametr, 18 changli gazni uzatuvchi quvur.

1-rasm. Konus setkali apparat sxemasi

Bu apparatlarni konstruktiv tuzilishi va samaradorlik nuqtai nazaridan taxlil qiladigan bo‘lsak, turli sanoat changlarini tozalash ko‘rsatkichi 97-99 % ni tashkil qiladi. Lekin bu apparatlarning konstruksion tuzilishining murakkabligi ularga sarflanayotgan energiya va apparatda gidrodinamik va aerodinamik qarshiliklarning yuqoriligini umumiy kamchilik sifatida ko‘rsatib o‘tishimiz mumkin [1,3]. Bu yuqorida qayd etilgan kamchiliklarni bartaraf qilish va changli gazlar bilan apparatga berilayotgan suyuqlik o‘rtasidagi kontakt yuzasini oshirish maqsadida, ho‘l usulda

changli gazlarni tozalovchi setkali apparatning yangi konstruksiyasi tavsiya etilgan [3]. Quyida qurilmaning sxemasi keltirilgan (1-rasm).

a) **b)**

2-rasm. Konus setkali apparatni umumiy ko‘rinishi

Tajribalarni dastlabki bosqichida apparatga changli gazni uzatuvchi ventilyatorning gazni so‘rish qismiga shiber (xarakatlanuvchi to‘sqich) o‘rnatildi. Shiberni $30\div90^0$ oraliqda (15^0 qadam bilan) o‘zgartirilib, ventilyatordan chiqayotgan gaz tezliklari va unga bog‘liq holda gaz sarflari aniqlandi.

Unga ko‘ra Shiber 30^0 ga ochilganda $Q_g=170m^3/soat$, 45^0 ga ochilganda $Q_g=340m^3/soat$, 60^0 ga ochilganda $Q_g=510m^3/soat$, 75^0 ga ochilganda $Q_g=680m^3/soat$, 90^0 ga ochilganda $Q_g=850m^3/soat$ni tashkil etdi. Tajribalarning keyingi jarayonida apparat korpusiga ventilyator o‘rnatildi va yuqorida aniqlangan gaz sarflari $Q=170\div850m^3/soat$ ($170\ m^3/soat$ qadam bilan) berilib, apparatdan chiqayotgan gaz tezliklari orqali gaz sarflari aniqlandi.

Bu holatda Shiber 30^0 ga ochilganda $Q_g=107m^3/soat$, 45^0 ga ochilganda $Q_g=220m^3/soat$, 60^0 ga ochilganda $Q_g=318m^3/soat$, 75^0 ga ochilganda $Q_g=438m^3/soat$, 90^0 ga ochilganda $Q_g=512m^3/soat$ni tashkil etdi. Gaz sarflari farqidan apparatni mahalliy qarshilik koeffitsiyenti aniqlandi. Bu farqlarni aniqlashda tajribalarning hamma bosqichida ANEMOMETR VA06–TROTEC markali elektron qurilmadan foydalanildi. Apparatning mahalliy qarshilik koeffitsiyenti o‘rtacha $\xi=0,6$ni tashkil etdi.

Xulosa. Tajribaviy tadqiqotlar natijasida apparatga suv sepilmagan holatda, gaz sarfini qadamli o‘zgaruvchan qiymatlarida apparatning mahalliy qarshiliklari hamda tanlangan uch xil o‘lchamli setkalarning qarshilik koeffitsiyentlari aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra tanlangan setkalarning qarshilik koeffitsiyentini hisoblash uchun tuzatish koeffitsiyentlarining qiymatlari aniqlandi. Natijada apparatning kontakt qurilmalaridagi umumiy qarshilik koeffitsiyentiga bog‘liq holda umumiy yo‘qotilgan bosimni hisoblash uchun imkoniyat yaratilgan. Ushbu apparatni qo‘llash orqali paxta tozalash korxonalaridan chiqayotgan changlarni tutib qolishga erishish mumkin deb hisoblaymiz.

Adabiyotlar:

[1]. I.T.Karimov., B.U.Qo‘chqarov. Experimental determination of resistance coefficients in the case of water sprinkled on a cone-shaped apparatus // UNIVERSUM: TEXNICHYeSKIYe NAUKI Vыpusk: 9(114) Sentyabr, 2023 Chast 5, Moskva 2023. B.60-63 (02.00.00. №1)

[2].I.T.Karimov, B.U.Kochkarov. Wet method dust gas cleaning device // The american journal of enjineering and tehnology, 2021.№03.-PP. 20-26.

[3].Ikromali T.Karimov, Bobirmirzo U. Kochkarov “WET METHOD DUST GAS CLEANING DEVICE” *Proceeding VIII International Conference “Industrial Technologies and Engineering” ICITE - 2021, Volume II. M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan November 10-11,2021.*

ИНТЕНСИВ МОДУЛЯЦИЯЛИ АЖРАТИЛГАН АКУСТИК ОПТИК ТОЛАЛИ ДАТЧИКЛАР

Эргашев Ш.У.

Фарғона давлат техника университети

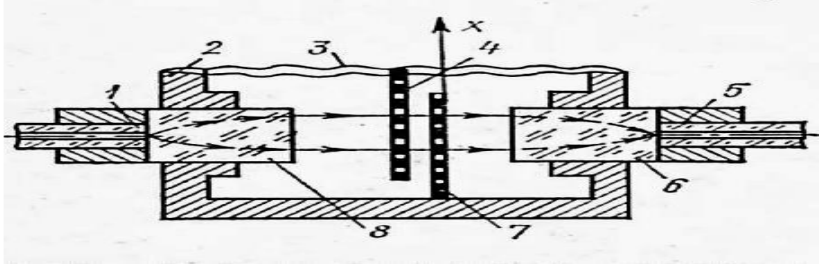
ergashevshoh1992@gmail.com

Аннотация: *Ҳозирги вақтда электр сигнални ўлчов параметрларини ўзгартириш ва қайта ишлаш имконини берувчи электрон ўлчов технологиялари соҳасида ўлчов тизимлари ва датчиклар асосий ўринларни эгаллаб келмоқда. Юқори потенциал кучланишда ишлайдиган қурилмаларнинг тебранишларини назоратини олиб бориш бир қанча мураккаб бўлибгина қолмасдан, ҳавфли зоналарда қўлланилади. Бундай шароитларда ажратилган оптик толали датчиклардан унумли фойдаланиш мумкин.*

Калит сўзлар. *Шторли датчик, Аксланувчи датчик, Оптик тунеллаштириш, Панжарали датчик*

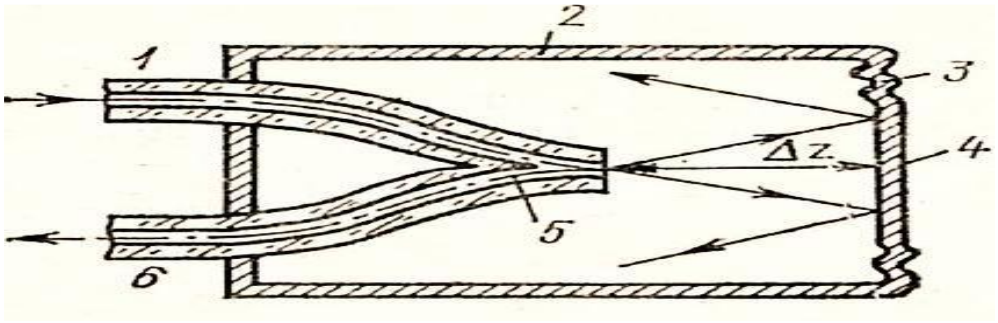
Ажратилган оптик толали датчиклар толага боғлиқ ҳолда шторли (тўсиқли), панжарали, ички аксланиши бутунлай бузилган, кўзгуси ҳаракатланадиган датчиклар ҳисобланади.

Панжарали датчикнинг ҳаракат механизми қарама – қарши ўрнатилган толаларнинг орасидаги бўшлиқда (1 ва 5) чиқувчи толадаги ёруғлик оқими эгилувчан элементга (3) қаттиқ маҳкамланган дифракцион панжара (4 ва 7) орқали қисман тўсилади ва иккинчи тўсиқ датчикнинг корпусига (2) ҳаракатланмайдиган тарзда махкамланади. Нурларни фокуслашда микролинзалардан ҳам фойдаланиш мумкин. Шторли датчик конструкцияси бўйича бошқа датчикларга ўхшаш бўлиб, фақат унда мембранага маҳкамланган ва толалар орасидаги бўшлиқга жойлаштирилган интенсив модуляция қилувчи штор (тўсиқ) дан таркиб топган.



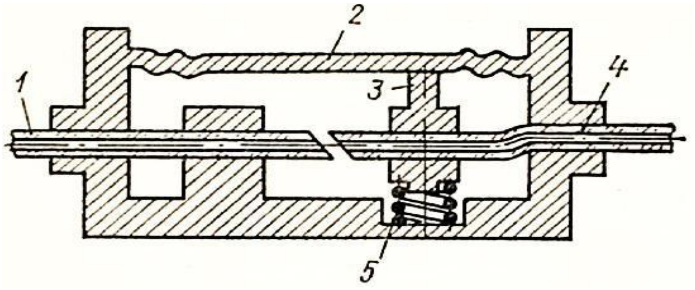
1.1 – расм. Панжарали датчик конструкцияси [4]

Шторли ва панжарали датчикларни асосий камчилиги ёруғлик энергиясининг ярми датчикда ютилиши ҳисобланади. Акустик майдонни ўзгариши натижасида қисман тўсилган ёруғлик оқими интенсивлигини модуляцияси қилишдан ташқари, кенгайиб борувчи даста толасининг кириш ва чиқиш орасидаги ўтувчи масофани ўзгаришини ҳам фиксatsiя қилади. Бу жараён датчикда ҳаракатланувчи кўзгу орқали амалга оширилади. Ўтувчи ёруғлик дастаси жуфт толадан (1 ва 6) чиқиб, Δ Z масофада мембранага (3) ўрнатилган кўзгуда аксланади ҳамда толанинг кўндаланг кесилган юзасига тушади. Корпусга (2) махкамланган кўзгу билан биргаликда шахобча (5) орқали тола билан алоқа ўрнатилади. Ёруғлик энергиясини бир қисми, яъни толани чиқиш учига йўналтирилган модаларнинг энергия кўринишида қайтиши, максимал 10-40 мкм ораликда жойлашган тола ва кўзгу орасидаги масофага боғлиқ.



1.2 – расм. Аксланувчи датчик конструкцияси. [4]

Ички аксланиши бузилган датчиклар, шторли ва панжарали турдаги оптик толали датчиклар билан конструкцияси бўйича ўхшаш. Бу датчикларда кириш ва чиқиш толалари орасида тирқиш мавжуд. Тола учлари шундай бурчак остида силлиқланганки, кирувчи тола (1) ўзаги бўйича тарқалувчи ёруғлик оқими, чиқувчи толанинг эгри учида ички аксланиши ҳисобига бутунлай чекланади ва чиқувчи толадан (4) ўтмайди. Бундай датчикни тайёрлашдаги мураккаб жараён эгри учли толлаларни бошланғич кичик тирқишни аниқ танлаш ва сақлаш ҳисобланади. Шунингдек, датчикнинг модуляциялаш функцияси ночизиқли аҳамиятга эга.



1.3 Бутунлай ички аксланиши бузилган датчик конструкцияси. [4]

Оптик тунеллаштириш тола уланадиган датчикларда ҳам қўлланади Икки тола (1 ва 3) шундай жойлаштирилганки, ўзаклар орасидаги масофа бир неча микрондан ошмаслиги лозим. Кириш ва чиқиш толлалари орасидаги кўриб чиқилаётган жой (2) ўзаро таъсир оралиғи дейилади.

Икки толадан иборат бўлган, бир-бири билан ўзаро таъсирланувчи майдонли тизим, тўлқин ўтказувчи мураккаб конфигуратsiя сифатида турли ҳил доимий тарқалувчи хусусий модаларда аниқланган характерда кўрилиши мумкин. Шунингдек, датчикнинг киришидаги барча энергия фақат чап томондаги ўзакда тўпланади.

Адабиётлар рўйхати (References).

1. L. Alwis, T. Sun, K.T.V. Grattan. Optical fiber-based sensor technology for humidity and moisture measurement: Review of recent progress - Measurement, 2013, vol.46. P. 4052–4074.

2. Чапало И. Е. Выпускная работа бакалавра, 2009

3. ООО «Седатек»[Электронный ресурс].- http://www.sedatec.org/ -официальный сайт ООО «Седатек»

4. Бутусов М. М., Галкин С. Л., Орбинский С. П., Пал Б.П.. Волоконная оптика и приборостроение. -Л.: Машиностроение.Ленингр. отд., 1987.-328

5. Сапожников М. А.. Электроакустика. М.:Связь, 1978, 214 с.

ВАЖНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Абдухалилова Шахнозахон Бахтиёрбековна

e.mail: shaxnozaxon.abduxalilova@fstu.uz

Аннотация. *В данной статье рассматривается значение энергосбережения в системе инженерных коммуникаций зданий. Проведён анализ современных энергосберегающих технологий, применяемых в системах отопления, вентиляции и водоснабжения. Особое внимание уделено автоматизации инженерных процессов, использованию рекуператоров тепла, теплоизоляционных материалов нового поколения и возобновляемых источников энергии. Приведены результаты исследований, подтверждающие эффективность данных решений в условиях Республики Узбекистан. В заключении подчёркивается, что энергосбережение в инженерных коммуникациях является стратегическим направлением устойчивого развития, обеспечивающим экологическую безопасность и экономическую выгоду.*

Ключевые слова*: энергосбережение; инженерные коммуникации; энергоэффективность; рекуперационных систем; отопление; вентиляция; автоматизация систем; возобновляемые источники энергии.*

Введение. В современных условиях устойчивого развития одной из важнейших задач инженерного проектирования является повышение энергоэффективности инженерных коммуникаций. С каждым годом растёт потребление тепловой и электрической энергии в жилых, общественных и промышленных зданиях, что приводит к увеличению нагрузки на энергетические ресурсы и негативному воздействию на окружающую среду.

Инженерные коммуникации — это совокупность систем отопления, вентиляции, водоснабжения, канализации и электроснабжения, которые обеспечивают комфорт и безопасность эксплуатации зданий. Энергоэффективность данных систем напрямую влияет на уровень энергопотребления и эксплуатационные затраты.

Применение энергосберегающих технологий в инженерных коммуникациях способствует снижению потребления энергии, уменьшению выбросов углекислого газа и повышению экологической устойчивости объектов. Таким образом, рациональное использование энергоресурсов становится не только экономически выгодным, но и социально значимым направлением современного инженерного проектирования.

Цель данного исследования заключается в анализе роли энергосбережения в системе инженерных коммуникаций и выявлении эффективных методов повышения энергоэффективности на примере современных технологий.

Методы и материалы. Для достижения целей исследования был проведён анализ современных инженерных коммуникаций и применяемых в них энергосберегающих технологий. В ходе работы использованы методы сравнительного анализа, системного подхода и технического моделирования.

Основное внимание уделено системам отопления, вентиляции и водоснабжения, так как именно эти коммуникации являются основными потребителями тепловой и электрической энергии в зданиях. Рассмотрены такие технологии, как:

- применение автоматизированных систем управления отоплением и вентиляцией (умные терморегуляторы, датчики температуры и присутствия);
- использование рекуператоров тепла в вентиляционных установках для возврата части тепловой энергии;
- внедрение энергоэффективных насосов и теплообменников;
- применение изоляционных материалов нового поколения, снижающих теплопотери;
- использование солнечных коллекторов и тепловых насосов для обеспечения зданий теплом и горячей водой.

Для анализа эффективности данных решений использовались расчётные методы, основанные на оценке энергопотребления до и после внедрения

энергосберегающих мероприятий. Кроме того, рассматривались нормативные документы и стандарты в области энергосбережения, действующие в Республике Узбекистан и странах СНГ.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа показали, что наибольший потенциал энергосбережения в инженерных коммуникациях связан с автоматизацией систем отопления и вентиляции. Использование интеллектуальных систем управления позволяет сократить расход тепловой энергии на 15–30 % за счёт регулирования температуры в зависимости от внешних погодных условий и присутствия людей в помещениях.

Применение рекуперационных систем вентиляции обеспечивает возврат до 60–70 % тепла удаляемого воздуха, что значительно снижает затраты на отопление в зимний период. В сочетании с качественной теплоизоляцией зданий это даёт возможность уменьшить общее энергопотребление на 25–40 %.

В условиях Республики Узбекистан особое значение имеет модернизация устаревших инженерных сетей и внедрение энергоэффективных насосных установок. Исследования показывают, что переход на насосы с частотным регулированием снижает потребление электроэнергии до 35 %.

Кроме того, перспективным направлением является использование возобновляемых источников энергии — солнечных коллекторов и тепловых насосов, особенно для обеспечения горячего водоснабжения и отопления зданий в южных регионах страны. Эти технологии позволяют не только экономить энергию, но и снижать воздействие на окружающую среду, что соответствует принципам «зелёного строительства».

Таким образом, комплексное внедрение энергосберегающих технологий в инженерных коммуникациях обеспечивает значительное повышение энергоэффективности зданий и устойчивое развитие инфраструктуры.

Заключение. Проведённое исследование показало, что повышение энергоэффективности инженерных коммуникаций является одним из ключевых факторов устойчивого развития современных зданий и сооружений. Энергоэффективные технологии позволяют не только снизить

эксплуатационные расходы, но и существенно уменьшить воздействие на окружающую среду.

Комплексное применение систем автоматического управления, рекуператоров тепла, современных теплоизоляционных материалов и возобновляемых источников энергии обеспечивает значительное сокращение энергопотребления. Внедрение таких решений особенно актуально для Республики Узбекистан, где растущие климатические нагрузки требуют рационального и экологически безопасного подхода к эксплуатации инженерных систем.

Таким образом, энергосбережение в инженерных коммуникациях должно рассматриваться не только как техническая необходимость, но и как стратегическое направление, способствующее повышению качества жизни населения, развитию «зелёной» экономики и формированию экологически ответственного общества.

Список литературы

1. Абдуллаев Ш. Ш., Рахимов А. А. Энергоэффективные технологии в системах отопления и вентиляции. — Ташкент: Фан, 2023.
2. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2024 Report. — Paris: OECD Publishing, 2024.
3. Мирзахмедов У. М., Хамидов Ф. Ф. Современные инженерные коммуникации и энергосбережение. — Ташкент: ТГТУ, 2022.
4. Государственный комитет Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды. Национальная стратегия по энергосбережению до 2030 года. — Ташкент, 2021.
5. Абдукаримов, Б. А., Акрамов, А. А. У., & Абдухалилова, Ш. Б. К. (2019). Исследование повышения коэффициента полезного действия солнечных воздухонагревателей. // Достижения науки и образования, №2 (43), с. 13–15.
6. Abdukhalilova, S. B. (2021). Simplified Calculation of the Number of Bimetallic Radiator Sections. // Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 2(12), 232–237.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОБАТАРЕИ: АНАЛИЗ И ПРОГНОЗЫ

Нурдинова Разияхон Абдихаликовна

Ферганский государственный технический университет

nurdinovar2016@mail.ru

Современное развитие технологий тесно связано с поиском инновационных источников энергии, особенно электрической. Учитывая возросшие требования к увеличению объемов производства и необходимость принятия безопасных решений по отношению к экологии, термоэлектрическая генерация становится перспективной отраслью «зеленой» энергетики. Термопары, преобразующие тепло в электричество, состоят из комбинаций различных металлов или полупроводников и привлекают внимание исследователей и инженеров благодаря своей эффективности [1 – 3].

Термоэлектрические устройства становятся все более актуальными, а разработка термобатарей из полупроводниковых материалов – одним из ключевых направлений исследований.

Термобатареи (ТЭБ) накапливают тепло, преобразуя его в электричество, что делает их эффективными и экологически чистыми по сравнению с традиционными батареями, которые накпливают энергию в химической форме. Использование полупроводников дает такие преимущества, как высокая термоэлектрическая эффективность, обеспечивающая эффективное преобразование тепловой разности в электричество. Кроме того, полупроводники позволяют создавать гибкие и компактные устройства [2].

Эффективность термоэлектрических генераторов (ТЭГ) зависит от ряда факторов, включая контактное сопротивление и адгезию на границе полупроводник-металл, что определяется структурой коммутационных слоев и физико-химическими процессами на межфазной границе. Например, при использовании сплавов на основе Bi_2Te_3-Bi_2Se_3 n-типа механическая полировка увеличивает адгезию барьерных слоев Mo и Ni в несколько раз, а импульсная

фотонная обработка повышает прочность приповерхностного слоя без значительного влияния на адгезию [4].

Существует два основных типа термоэлектрических генераторов (ТЭГ) [3, 5]:

1. Промышленные ТЭГ, применяемые в газо- и нефтедобывающих отраслях, преобразуют тепло от сгорания газа в электричество.

2. ТЭГ для бытовых нужд, работающие от горения древесины и других источников.

Разработка термоэлектрических ветвей для термобатарей включает следующие аспекты:

Выбор материалов: важно подобрать полупроводники с высокой термоэлектрической эффективностью, такие как Bi_2Te_3 и различные теллуриды. Например, в [2] описано получение термоэлектрических материалов BiTeSb (p-тип) и BiTeSe (n-тип).

Оптимизация структуры: для достижения максимальной эффективности необходимо улучшить конфигурацию ветвей и теплоизоляцию устройства. В работе [6] представлены анализ и схема конструкции ТЭБ радиально кольцевого типа, где барьерные слои формируются с помощью плазменно-дугового напыления.

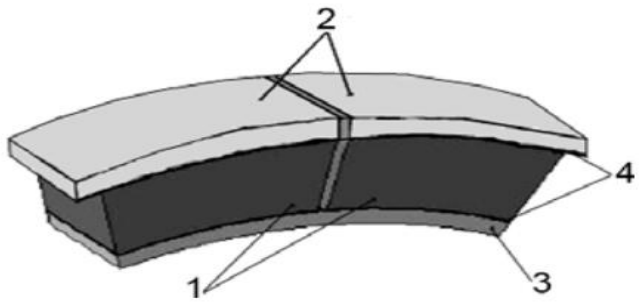


Рис.1. Термоэлемент ТЭБ радиально-кольцевого типа: 1– полупроводниковые ветви; 2 – наружное коммутационное покрытие; 3 – внутреннее коммутационное покрытие; 4 – барьерные слои [6]

Таким образом, термоэлектрическая генерация из полупроводников представляет собой перспективное направление для устойчивого производства энергии, учитывающее экологические и экономические аспекты. Схематическое изображение такого устройства приведено на рис.1.

Авторы работы [6] достигли существенных результатов, таких как повышение коэффициента полезного действия, повышение механической прочности и трещиностойкости конструкции, улучшение технологичности, расширение диапазона рабочих температур и повышение экологичности устройства.

Важной задачей является эффективное управление тепловыми потоками в термобатарее для минимизации тепловых потерь и максимизации преобразования тепла в электричество. Термоэлектрические модули активно используются для измерения плотности тепловых потоков, контроля тепловых режимов двигателей и приборов, оценки тепловых потерь, определения коэффициента теплопроводности и изучения процессов тепловыделения в биологических объектах. Также они находят применение в дозиметрии, автоматизации и контроле технологических процессов [7].

Широкий спектр приложений термобатарей требует обеспечения совместимости и интеграции с другими энергосистемами, такими как солнечные панели или тепловые насосы, что позволит расширить возможности использования и повысить эффективность энергообеспечения.

Хотя современные термоэлектрические генераторы предоставляют определенные возможности, они имеют ограничения по эффективности преобразования тепла в электричество и ограниченный спектр применения [7]. Одним из перспективных направлений для преодоления этих ограничений является создание термобатарей, которые могут накапливать тепловую энергию и преобразовывать ее в электрическую внутри своей структуры [3, 8].

Термобатареи обладают рядом преимуществ. Они обеспечивают более высокую эффективность преобразования тепловой энергии в электрическую по сравнению с традиционными термоэлектрическими генераторами, обладают

повышенной надежностью и долговечностью благодаря инновационной структуре и материалам, а также имеют широкий спектр применения, включая промышленность и бытовое потребление. Направления исследований в данной области нацелены на увеличение теплоизоляционных свойств материалов, разработку методов синтеза и обработки полупроводников, улучшение термоэлектрического преобразования материалов и оптимизацию конструкции ТЭБ для интеграции с другими системами, что способствует созданию эффективных и экологически чистых источников энергии, что может значительно повлиять на развитие энергетики и устойчивое развитие экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булат Л.П., Пшенай-Северин Д.А., Драбкин И.А., Каратаев В.В., Освенский В.Б., Пархоменко Ю.Н., Бланк В.Д., Пивоваров Г.И., Бублик В.Т., Табачкова Н.Ю. Механизмы увеличения термоэлектрической эффективности в объемных наноструктурных поликристаллах // Термоэлектричество. 2011. № С. 14-19.

2. Kasimaxunova A.M., Norbutaev M., Baratova M. Thermoelectric generator for rural conditions // Scientific progress. 2021. №6. P. 302-308

3. Шостаковский П. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания, Компоненты и технологии, 2010. № 12. С. 137-137.

4. Белоногов Е.К., Дыбов В.А., Костюченко А.В., Кущев С.Б., Сериков Д.В., Солдатенко С.А., Федорова Е.Н., Бугаков А.В. Повышение адгезионных свойств коммутационных слоёв на полупроводниковых ветвях n-типа термоэлектрических генераторных батарей // Конденсированные среды и межфазные границы, 2018. Т. 20. № 4. С. 553–563

5. Булат Л.П., Драбкин И.А., Каратаев В.В., Освенский В.Б., Пшенай-Северин Д.А. Влияние рассеяния на границах на теплопроводность наноструктурированного полупроводникового материала на основе твердого раствора Bi*x*Sb2-*x*Te3 // ФТТ. 2010. Т. 52, № 9. С. 1712-1716.

6. Симкин А.В., Бирюков А.В. и др. Новая конструкция термоэлектрической генераторной батареи: особенности и преимущества // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2012. № 10(114). С. 64-68

7.Kasimakhunova A.M., Olimov Sh.A., Nurdinova R., Iqbal Tahir, Mamadalieva L.K. Highly Efficient Conversion of Solar Energy by the Photoelectric Converter and a Thermoelectric Converter //Journal of Applied Mathematics and Physics. 2018. 6. P. 1-10.

8. Cao Y.Q., Zhu T.J., Zhao X.B., Zhang X.B., Tu J.P. Nanostructuring and improved performance of ternary Bi-Sb-Te thermoelectric materials // Appl. Phys.A. 2008. Vol. 92. P. 321-324.

ЧАНГЛИ ГАЗЛАРНИ ҲЎЛ УСУЛДА ТОЗАЛОВЧИ КОНУС СЕТКАЛИ ЯНГИ ҚУРИЛМА ЯРАТИШ

Қўчқаров Бобирмирзо Улуғбекович

т.ф.ф.д., (PhD)

Фарғона давлат техника университети

Аннотация. *Мақолада саноатда кўп қўлланиладиган ҳўл усулда чанг тозаловчи қурилмаларнинг конструкциялари ва ишлаш принциплари ўрганилиб, уларнинг ютуқ ва камчиликлари таҳлил қилинган ва ҳўл усулда чанг тозаловчи конус сеткали аппаратнинг янги конструкцияси ишлаб чиқилган. Олиб борилган назарий тадқиқотлар натижасида қурилмага чангли ҳавонинг узатилишида ва суюқликнинг штуцердан сочилишда йўқотилган умумий босимларни ҳисобловчи тенгламалари келтириб чиқарилган. Аппаратга чангли газ ва суюқлик берилишидаги умумий босимга боғлиқ ҳолда, чангли ҳавони тозалаш самарадорлигини аниқлаш имконияти яратилган.*

Таянч сўзлар: *чангли газ, ҳўл усул, суюқлик, конуссимон сетка, электр мотори, шкив, контакт юза, таянч, сув идиши, штуцер, ротаметр.*

Дунё миқёсида кимё, қурилиш материаллари ишлаб чиқариш, металлургия, тоғ-кон ва бошқа саноатларнинг турли тармоқларида, ишлаб

чиқариш жараёнларида ҳосил бўладиган чангли газларини ҳўл усулда тозаловчи қурилмалардан кенг фойдаланилади. Уларни ишлатиш жараёнидаги ўзига хос хусусияти шундан иборатки, қурилма тозалаш камераларига йўналтирилган газ ва ҳавога аралашган чанг заррачаларини суюқлик билан контакти ҳосил қилиниб, чангли газ тозаланади.

Чангли газларни ҳўл усулда тозалашнинг афзалликларига, конструкциясининг соддалиги ва нисбатан арзонлиги, инерцион турдаги қуруқ механик чанг тозаловчи қурилмаларга нисбатан юқори тозалаш самарадорлиги, матоли ва электр фильтрларига нисбатан габарит ўлчамларининг кичиклиги, юқори ҳароратдаги, юқори намликдаги газларни ва портлаш хавфи мавжуд бўлган газларни тозалашда қўллаш мумкинилиги билан ажралиб туради. Ундан ташқари буғ ва газсимон компонентлар таркибидан қаттиқ заррачаларни тутиб қолиш имконияти юқорилигини ҳам айтиш мумкин. Ўлчами 1 мкм дан кичик бўлган чангларни ушлаб қолиш хусусиятига эгалиги ҳамда қуруқ усулда ишловчи фильтрлардан чиққан чангли газларни тозалаш жараёнига ҳам қўллаш мумкинлиги сабабли ҳозирги кунда ушбу қурилмалардан фойдаланиш кўлами ортиб бормоқда [1].

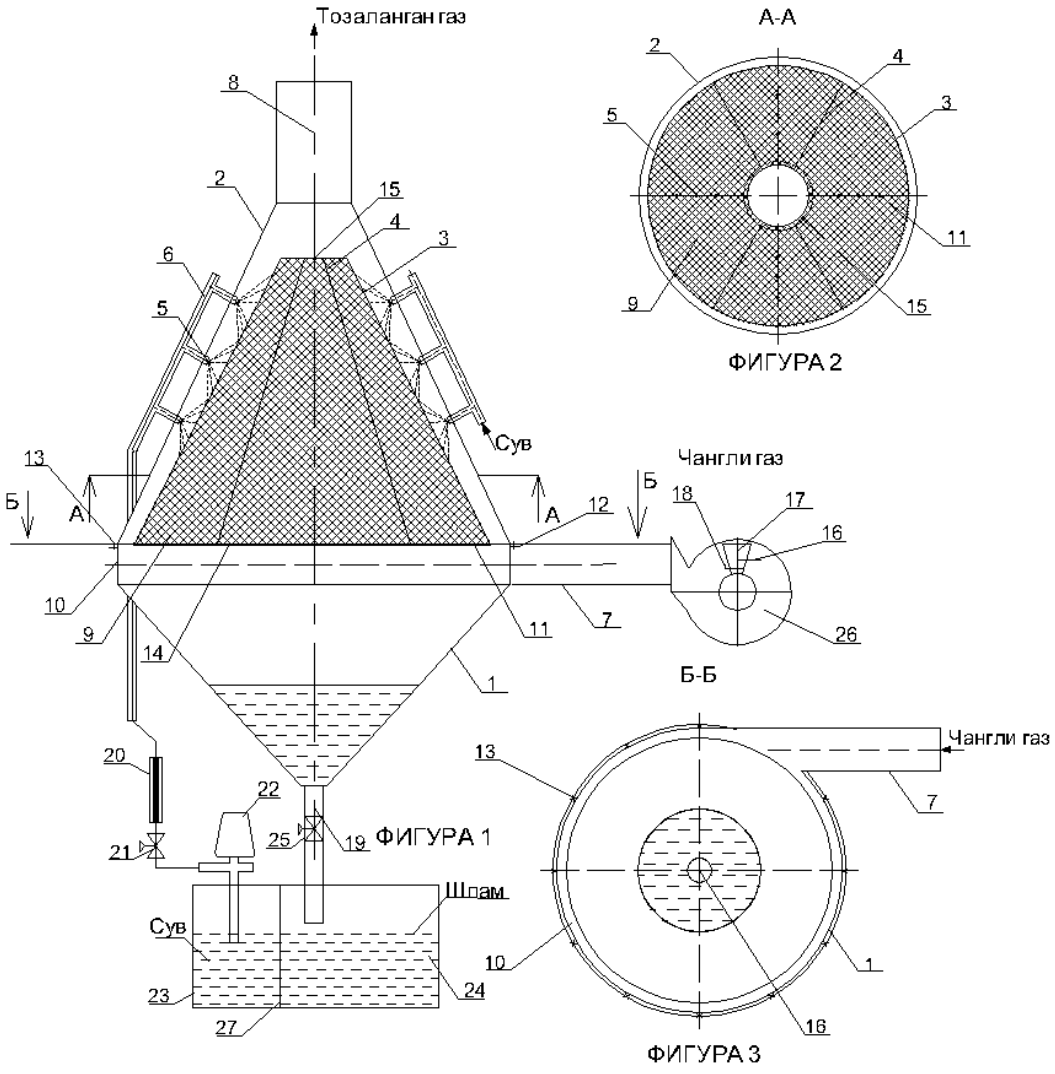
Ушбу қурилмалардан чангли газларни тозалаш билан бир қаторда, газларни совутиш ва намлантириш зарур бўлган ҳолларда ҳам қўлланилади.

Ҳозирги кунда саноатда ҳўл усулда чанг тозаловчи турли хил конструкцион тузилишга эга бўлган аппаратлардан фойдаланиб келинмоқда. Жумладан: фелод скруббери, ҳўл усулда газларни чангдан тозаловчи қурилма, марказдан қочма инерцион чанг тозалагич, роторли барботажли газ тозалагич, айланувчи дискли аппарат CHPOSVUCHZ, роторли сочувчи газ тозалагич, ғовакли айланма ҳаракатланувчи қуюнли аппарат, роторли тақсимловчи чанг тозалагич [2,3,4].

Бу кўриб ўтилган аппаратларни конструктив тузилиши ва самарадорлик нуқтаи назаридан таҳлил қиладиган бўлсак, турли саноат чангларини тозалаш кўрсаткичи 97-99 % ни ташкил қилади. Лекин конструкцион тузилишининг мураккаблиги уларга сарфланаётган энергия ва аппаратда гидродинамик ва

аэродинамик қаршиликларнинг юқорилигини умумий камчилик сифатида кўрсатиб ўтишимиз мумкин.

Бу юқорида қайд этилган камчиликларни бартараф қилиш ва чангли газлар билан аппаратга берилаётган суюқлик ўртасидаги контакт юзасини ошириш мақсадида, хўл усулда чангли газларни тозаловчи сеткали аппаратнинг янги конструкцияси тавсия этилмоқда. Қуйида қурилманинг тузилиши ва ишлаш принципи баён этилган (1-расм)



1-расм.

1 остки конуссимон шлам ваннаси, 2 устки конуссимон тозалаш камераси, 3 конуссимон сетка, 3а сетка таянчи, 4 сув сепувчи штуцер, 5 сув тақсимловчи қувурча, 6 чангли газни киритиш қувури, 7 тозаланган газни чиқарувчи қувур, 8 сув идиши,9 сув жумраги,10 сув қувури, 11 сув ротаметри, 12 шламни

оқизувчи қувур, 13 шлам жумраги, 14 шлам, 15 чангли ҳавони хайдовчи вентильятор, 16 чангли ҳаво жумраги, 17 Ротаметр, 18 чангли газни узатувчи қувур.

Аппаратнинг тозалаш камерасига чангли газ вентильятор 15 ёрдамида жумрак 16 ва ротаметр 17 орқали махсус узатувчи қувурлар 18 ва 6 дан берилади. Чангли газ қувур 6 дан ҳаракати давомида аппарат деворларида уринма ҳолатда айланади ва тезлиги пасаяди. Йирик ўлчамли чанг заррачалари марказдан қочма куч таъсирида остки конуссимон шлам ваннаси 1 га чўкади. Таркибида майда заррачали чангли газ эса устки конуссимон тозалаш камераси 2 га кўтарилади. Бир вақтнинг ўзида сув идиши 8 дан қувур 11 ёрдамида тозалаш камераси 2 га, тақсимловчи қувур 5 орқали штуцерлар 4 ларга сув узатилади. Штуцерлар 4 дан сув, тозалаш камерасига ўрнатилган кесик конуссимон сетка 3 юзаси бўйлаб сепилади. Бу сетка сепилган сув томчилари билан чангли газни контактини ҳосил қилади ва газ чанглардан тозаланади. Сеткага сепилаётган сув сарфини жумрак 9 ва ротаметр 10 орқали бошқарилади. Сув томчиларига чанглар ютилиб, остки шлам ваннасига оғирлик кучи таъсирида чўкади. Тозаланган газ конуссимон камеранинг тепа қисмига кўтарилади ва қувур 7 орқали атмосферага чиқариб юборилади. Аппаратнинг остки конуссимон шлам ваннасига йиғилган шлам 14 ни оқизувчи қувур 12 орқали шлам жумраги 13 ёрдамида тўкиб олинади ва тиндириш йўли билан сув ажратилади.

Кесик конуссимон сетка 3 га сувни сепиб берувчи штуцер 4 лар тешигидан чиқаётган сувнинг сарфи, тешикнинг қаршилик коэффициентига боғлиқ бўлиб, тажрибалар йўли билан аниқланади. Штуцер 4 лар сони эса конуссимон сеткаларга сувни сепиш даражаси ва тозалаш самарадорлиги орқали танланади. Конуссимон тозалаш камераси 2 ва кесик конуссимон сетка асоси диаметри ва баланлиги, тозалашга берилаётган чангли ҳаво сарфига ва танланган сетканинг тозалаш самарадорлигига боғлиқ ҳолда аниқланади. Қурилмага берилаётган чангли ҳаво ва сув сарфлари нисбатлари тозаловчи конуссимон сетканинг қаршилик коэффициентларига боғлиқ ҳолда тозалаш самарадорлиги кўрсаткичлари орқали тажрибалар натижасида аниқланади. Қурилмага сувни

узатиш учун ўрнатилган идиш 8 нинг баландлиги штуцернинг қаршилик коэффициентларига боғлиқ ҳолда, сувни майда заррача ҳолида сепилиши ва қурилманинг тозалаш камерасида чангли ҳаво билан контактлаш даражасини ҳосил қилиш учун етарли бўлган сувнинг статик босими қийматига кўра аниқланади.

Адабиётлар:

[1] Ikromali, K., & Bobirmirzo, Q. C. (2023). RESISTANCE COEFFICIENTS OF THE APPARATUS WITH CONE MESH WET CLEANING OF DUST GASES. *Universum: технические науки*, (1-5 (106)), 8-13.

[2] Tojimatovich, K. I., & Ulugbekovich, K. B. (2021). Wet Method Dust Gas Cleaning Device. *The American Journal of Engineering and Technology*, *3*(10), 20-26.

[3] Каримов И.Т., Қучқаров Б.У. “Чангли газларни ҳўл усулда тозаловчи янги аппарат” *Фарғона политехника институти илмий – техника журнали Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2021, Т.24, спец. №1*

[4] Ikromali T.Karimov, Bobirmirzo U. Kochkarov “WET METHOD DUST GAS CLEANING DEVICE” *Proceeding VIII International Conference “Industrial Technologies and Engineering” ICITE - 2021, Volume II. M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan November 10-11,2021.*

ENERGIYA ISHLAB CHIQARISHNING EKOLOGIK OQIBATLARI VA ULARNI KAMAYTIRISH STRATEGIYALARI

Yuldasheva Nilufar Abduvaxidovna
Farg‘ona Davlat Texnika universiteti, Menejment kafedrasi dotsenti,
Iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent
Farg‘ona, O‘zbekiston
e-mail:nilush1986@bk.ru

Energiya ishlab chiqarish va iste’mol qilishning ekologik muammolari jahon miqyosida katta ahamiyatga ega. Energetika tizimlarining ko‘plab ekologik ta’sirlari mavjud bo‘lib, ular atrof-muhitni ifloslantiradi, tabiiy resurslarni kamaytiradi va iqlim

o‘zgarishiga olib keladi. Energiyadan foydalanish dunyo aholisining yashashi uchun muhim shart hisoblanadi. Foydalanishga yaroqli energiya mavjudligi har doim inson ehtiyojlarini hal qilish, umrini ko‘paytirish va inson hayoti darajasini yaxshilash uchun zarur bo‘lgan. Energiya iste’moli o‘sishidagi birinchi pog‘ona odam olov yoqishni o‘rgangan va undan oziq-ovqat olish va o‘z uylarini isitish uchun foydalangan paytda sodir bo‘ldi. Keyingi muhim qadam g‘ildirakni yaratish, barcha turdagi asboblarni ixtiro qilish va temirchilikni o‘rganish edi. So‘nggi 200 yil ichida va yiliga 13,7 Gigaton ekvivalent yoqilg‘i 30 baravar ko‘paydi. 2023-yil ma’lumotlariga ko‘ra, dunyo 36.8 milliard tonna CO_2 chiqargan. Natijada haroratning o‘rtacha 1.1°C ga ko‘tarilishi, qutb muzliklarining erishi, dengiz sathining ko‘tarilishi sodir bo‘lgan.

Energiya va atrof-muhit muammolari bir-biri bilan chambarchas bog‘liq, chunki atrof-muhitga sezilarli ta’sir ko‘rsatmasdan energiya ishlab chiqarish, tashish yoki iste’mol qilish deyarli mumkin emas. To‘g‘ridan-to‘g‘ri energiya ishlab chiqarish va iste’mol qilish bilan bog‘liq ekologik muammolarga havo ifloslanishi, iqlim o‘zgarishi, suvning ifloslanishi, issiqlik ifloslanishi va qattiq chiqindilarni yo‘q qilish kiradi.

Qazib olinadigan yoqilg‘ilarni yoqish natijasida havoga ifloslantiruvchi moddalar chiqindilari shaharlarda havo ifloslanishining asosiy sababidir. Qazib olinadigan yoqilg‘ilarni yoqish ham issiqxona gazlari chiqindilarining asosiy manbai bo‘lib, yer yuzasida quyoshning qisqa nurlarining tunda chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydigan qatlam hosil qiladi. Shunday qilib, energiya inqirozi Yerdagi haroratning oshishiga hissa qo‘shadi, global isishga hissa qo‘shadi. Suvning ifloslanishining turli muammolari energiyadan foydalanish bilan bog‘liq.

Shunday muammolardan biri neftning to‘kilishidir. Neftni qayta ishlash bo‘yicha barcha operatsiyalarda neftning quruqlikka yoki suv havzasiga to‘kilishining cheklangan ehtimoli mavjud. Ko‘mir qazib olish ham suvni ifloslantirishi mumkin. Kon qazib olish natijasida yuzaga keladigan yer osti suvlari oqimining o‘zgarishi ko‘pincha ifloslanmagan suvni ma’lum mineral materiallar bilan uyg‘unlashadi, ular tuproqdan yuviladi va kislotali kon drenajini hosil qiladi.

Sanoat davrining ko‘p qismi qazib olinadigan yoqilg‘i yordamida yaratilgan, ammo bug‘, quyosh va shamol kabi qayta tiklanadigan energiya manbalarining boshqa

turlaridan foydalanadigan ma’lum texnologiyalar ham mavjud. Asosiy muammo bizda gaz yoki neft yetishmasligida emas, balki ko‘mirdan foydalanish atmosferani ifloslantirishda va boshqa tabiiy resurslarni yo‘q qilishda davom etayotgan ko‘mir qazib olish jarayonida energiya manbai sifatida almashtirilishi kerak. Bu oson emas, chunki ko‘plab yetakchi tarmoqlar ishlab chiqarish uchun asosiy energiya manbai sifatida gaz yoki neftga emas, balki ko‘mirga tayanadi.

Qayta tiklanadigan energiya yaqin kelajakda elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun zarur manba bo‘ladi, chunki biz bu resurslardan foydali energiya ishlab chiqarish uchun qayta-qayta foydalanishimiz mumkin.

Energiya resurslari odatda qazib olinadigan, qayta tiklanadigan va yadroviy deb tasniflanadi. Gidroenergetika, shamol, quyosh energiyasi, biomassa, okean energiyasi, bioyoqilg‘i, geotermal energiya va boshqalar kabi qayta tiklanadigan energiya manbalarining barcha turlari dunyoning umumiy energiyasining 15-20% ni ta’minlaydi. Aholining tez o‘sishi tufayli energiyaga bo‘lgan ehtiyoj ortib borayotganligi sababli dunyo global qishloqqa aylanadi, bu esa energiyaga bo‘lgan ehtiyojni qondirish uchun ko‘mir, gaz va neft kabi qazib olinadigan yoqilg‘idan foydalanishga olib keladi, barqaror bo‘lmagan vaziyatlar va ko‘plab muammolarni keltirib chiqaradi: qazib olinadigan yoqilg‘i zahiralarining tugashi, ekologik va geografik mojarolar, issiqxona effekti, global isish va yoqilg‘i narxlarining o‘zgarishi kabi.

Ekologik tozaligi va gaz emissiyasining kamligi tufayli qayta tiklanadigan energiya manbalari barqaror energiya hisoblanadi; iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik kabi barcha o‘lchovlarda jamiyat uchun ham qo‘llab-quvvatlanadi. Qayta tiklanadigan energiya manbalari global energiya talabini qondirishi, atrof-muhitni muhofaza qilish va energiya xavfsizligini ta’minlashi mumkin.

Bu resurslarning afzalliklari bilan bir qatorda, shamol va gidroelektr stansiyalari uchun xos bo‘lgan mavsumiy o‘zgarishlar tufayli hosildorlikning o‘zgarishi kabi kamchiliklar ham mavjud; demak, kompyuter texnologiyasini takomillashtirish tufayli apparat va dasturiy ta’minot tomonidan amalga oshiriladigan maxsus loyiha talab etiladi.

Qayta tiklanadigan energiya ifloslanishni minimallashtirish, iqtisodiyotni yuksaltirish, energiya xavfsizligi va bandlik imkoniyatlarini oshirish uchun eng yaxshi yechim bo‘ladi. 2050 yildan keyin jahon energiya ta’minotining 50% qayta tiklanadigan energiya manbalari yordamida ishlab chiqariladi, deb taxmin qilinmoqda; qayta tiklanadigan energiya miqdori dunyoning yillik energiya iste’molidan 140 barobar ko‘pdir. Dunyo bo‘ylab uch milliardga yaqin odam qattiq yoqilg‘idan, asosan qazib olinadigan yoqilg‘idan foydalanadi, bu esa sog‘liq muammolari va pnevmoniya, surunkali nafas olish yo‘llari kasalliklari va o‘pka saratoni kabi kasalliklarni keltirib chiqaradi.

Fikrimizcha, energetikaning ekologik muammolarini hal qilishda quyidagi vazifalar samarali amalga oshirilishi lozim:

— Energiya samaradorligini oshirish: Yangi texnologiyalarni joriy etish, energiya tejash va samaradorlikni oshirish orqali tabiiy resurslardan yanada oqilona foydalanish mumkin.

— Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish: Yoqilg‘i yoqishdan voz kechish va quyosh, shamol, geotermal energiya kabi ekologik toza energiya manbalarini rivojlantirish, Energiya samaradorligini oshirish orqali energiya chiqindilarini kamaytirish

— Hukumat va xalqaro hamkorlik: Iqlim o‘zgarishini oldini olish va ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun davlatlar o‘rtasida hamkorlik va qonuniy me’yorlarni ishlab chiqish zarur.

— Yashil iqtisodiyotga o‘tish: Yashil texnologiyalarni qo‘llash va ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun yangi ish o‘rinlari yaratish.

— Energiyani saqlash texnologiyalarini rivojlantirish: Energiya saqlash tizimlari (masalan, batareyalar) yordamida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan olingan energiyani samarali saqlash va taqsimlash.

Taraqqiyotning energiya tejashga ta’siri darajasini bug‘ dvigatellari misolida ko‘rsatish mumkin. Ma’lumki, 100 yil avval bug‘ mashinalarining samaradorligi 3-5 foizni tashkil etgan bo‘lsa, hozir bu ko‘rsatkich 40 foizga yetdi. 70-yillardagi energetik inqirozdan keyingi jahon iqtisodiyotining rivojlanishi ham insoniyat bu yo‘lda ajoyib

zahiralarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Resurs va energiyani tejovchi texnologiyalardan foydalanish rivojlangan mamlakatlarda yoqilg‘i va materiallar sarfini sezilarli darajada kamaytirishni kafolatladi. Oddiy qilib aytganda, energiya samaradorligi yuqori energiya to‘lovlari va keraksiz ifloslanishdan qochib, xuddi shu ishni bajarish uchun kamroq energiya sarflashdir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Экологические проблемы энергетического обеспечения человечества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm.
2. Энергетика и экология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sites.google.com/site/11klassekologiceskieproblemy/urok-3- energetika-i-ekologia.
3. IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report.

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ВРЕМЕННОЙ И ТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

Эргашев Шоҳбозжон Умарали ўғли

старший препадователь Ферганский государственный технический университет

ergashevshoh1992@gmail.com

В настоящее время в технике происходит интенсивное использование электромагнитных колебаний оптического диапазона длин волн. Разработка оптоэлектронных приборов является одной из важнейших задач приборостроения. Она даёт возможность получать, передавать и обрабатывать информацию, во всех областях оптического спектра, а также позволяет автоматизировать управление различными объектами и технологическими процессами. Бурное развитие элементов оптоэлектроники, её новейшие достижения открывают широкие возможности для решения практических задач, имеющих важное народно-хозяйственное значение [1, 2].

В практике развитых странах мира, как США, Япония, Германия и Россия, неплохо освоена разработка оптоэлектронных систем неразрушающего контроля различного назначения. Однако создание многофункциональных систем для оптоэлектронного мониторинга физико-химических параметров веществ и изделий характеризуется своими особенностями и трудностями, требующими изыскания новых научных, технических и технологических решений.

Опыты показывают, что надежность и срок службы оптоэлектронных устройств зависят от устойчивости и надежности их активного элемента светодиода [3-5]. Одной из основных характеристик светодиодов является их временная и температурная стабильность интенсивность излучения.

Поэтому выявление и устранение дестабилизирующих факторов здесь имеют большое значение практическое значение.

Вопрос надежности приборов является важнейшим для оптоэлектроники. Одну из основных ролей в этом вопросе играет деградация излучающих структур и их предельные характеристики.

Вопросам деградации полупроводниковых светодиодных структур на основе нитрида галлия в России стали уделять внимание во второй половине 1990-х годов, практически сразу после появления сверхъярких светодиодов на его основе. Одними из первых работ были совместные работы исследователей из МГУ им. М. В. Ломоносова и МИС и С [6]. В работах авторов были исследованы изменения спектров люминесценции и электрических свойств светодиодов на основе гетероструктур InGaN/AlGaN/GaN в процессе длительной работы, предложены модели, объясняющие две стадии старения [7]. Также было предположено, что дивакансии азота могут являться причиной желтой полосы в спектрах люминесценции нитрида галлия [6] и что с этим связано, в частности, увеличение относительной интенсивности этой полосы при длительной наработке в зеленых светодиодах на основе нитрида галлия. С развитием разработок и исследований светодиодов проблемой их деградации занялись и другие группы исследователей.

В 2005 году исследователи из ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН и СПб ГТУ представили работы, в которых было изучено распределение интенсивности электролюминесценции по площади и во времени до и после оптической деградации голубых InGaN/GaN светодиодов. Исследователи из ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН совместно с разработчиками ведущего в России предприятия по полупроводниковым источникам света ЗАО «Светлана Оптоэлектроника» и исследователями из института проблем технологии и микроэлектроники РАН опубликовали работу, в которой проведено изучение закономерности деградации синих светодиодов на основе InGaN/GaN [8].

Сделанные оценки деградации при наработке в 10 000 часов при повышенных значениях плотности тока и температуры показывают, что именно увеличение плотности тока более существенно влияет на деградацию кристаллов на основе InGaN/GaN-гетероструктур, так как приводит к неравномерному распределению температуры в гетероструктуре и, как следствие, ее локальному перегреву ее активной области. Этот факт необходимо учитывать для определения оптимального режима работы при проектировании светодиодных устройств. Однако выбор теплового режима тоже играет важную роль, поскольку влияние окружающей температуры также сказывается, хоть и в меньшей степени, на деградации оптических параметров светодиодных устройств.

Рассмотрим существующие методы стабилизации интенсивности излучения светодиодов: термостатирование; изоляция светодиода от различного рода дестабилизирующих воздействий; введение в цепь питания светодиода термочувствительных элементов с обратной температурной характеристикой (рис. 1,в) ; выбор оптимальных сопротивлений цепи питания светодиода; стабилизация рабочего режима введением обратной связи по термозависимому параметру светодиода; стабилизация вводом обратной связи по оптическому каналу.

На рис. 1 приведены схемы стабилизации интенсивности излучения.

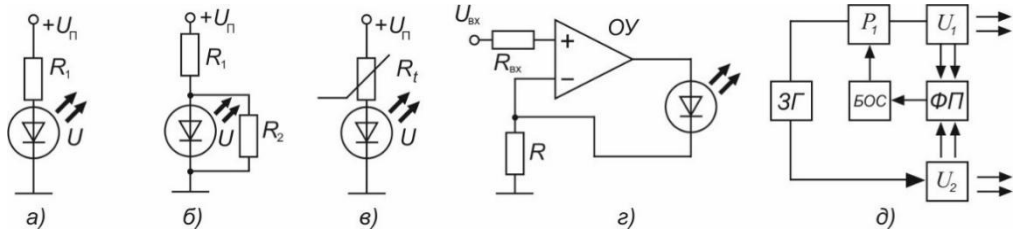


Рис 1. Схемы стабилизации интенсивности излучения светоизлучающих диодов

Первый и второй способы стабилизации интенсивности излучения светодиода позволяют уменьшить нестабильность его излучения, однако отличаются сложностью и инерционностью, а также обладают сравнительно ограниченными возможностями и не исключают необходимости принятия дополнительных мер для ослабления нестабильности, обусловленной наличием разброса параметров светодиода и их изменения вследствие старения.

Способы, основанные на выборе рабочего режима, являются наиболее универсальными для определенного установленного значения мощности. Кроме того, они более выгодны в части аппаратурной реализации. Необходимо отметить, что температурная стабилизация при таком способе может быть получена в том случае, если динамическое сопротивление положительно.

Экспериментально значение R1 (см. рис. 1,а) определяют следующим образом [10].

Устанавливают температуру светодиода и измеряют падение напряжения на светодиоде и относительную величину потока излучения Ф при нормальном токе I_1. Затем изменяют температуру $\theta 2$, выставляют значение напряжения U2, при котором поток не изменяется, и измеряют соответствующее значение тока I_2. Требуемое сопротивление определяют по формуле

$$R = (U_2 - U_1)/(I_2 - I_1).$$

Сопротивления резисторов составляют единицы и десятки ом. Выбор сопротивления для каждого конкретного образца также является одним из недостатков этого метода.

Рассмотрим еще один метод, основанный на выборе оптимальных значений элементов цепи питания. Сущность метода заключается в том, что с

повышением температуры уменьшается падение напряжения на светодиоде и при включении параллельно светодиод резистора (рис. l,б) происходит перераспределение тока в сторону ветви с светодиода. Кроме того, увеличивается общий ток, протекающий через параллельно включенную цепь резистор - светодиод. При оптимальном выборе сопротивления резистора увеличение температуры приводит к увеличению тока через светодиод.

Рассмотренные методы, хотя и обладают рядом преимуществ, не могут применяться для стабилизации интенсивности излучения светодиодов, применяемых в оптоэлектронных измерительных преобразователях в качестве источников анализирующего излучения ввиду того, что не исключается такой дестабилизирующий фактор, как старение (временная нестабильность), а также невозможно применять этот способ при импульсном функциональном питании светодиода.

Четвертый метод стабилизации рабочего режима светодиода основан на введении обратной связи по термозависимому параметру светодиода (см. рис 1,г). Сущность его заключается в том, что у всех полупроводниковых элементов с изменением температуры изменяется прямое и обратное падение напряжения. Изменение этого напряжения можно использовать для термостабилизации. Недостатком этого метода является невозможность устранения временной нестабильности.

В простейшем случае стабилизацию интенсивности излучения светодиода можно осуществить вводом обратной связи по оптическому каналу (рис. 1.д), используя операционный усилитель и один фотодиод. На рис. 2. показана схема стабилизации, для которой можно записать

$$\frac{(I_{\text{вх}}-I_t)\,R_{\text{вх}}\,K-U_{\text{с.д}}}{R_2+r_{\text{д}}}=I_{\text{с.д}}\ ,$$

где K — коэффициент усиления усилителя; It — ток фотодиода; Ic.д. - ток светодиода;

$r_{\text{д}}$ - динамическое сопротивление светодиода.

Фототок для фотодиода можно записать: $I_t=\gamma P_0$

где P_0 - мощность излучения светодиода; γ - коэффициент преобразования.

Подставив значение фототока в выражение для тока светодиода, после элементарных преобразований получим:

$$P_0 = \frac{I_{\text{вх}}}{\gamma}\left(1 - \frac{R_2 + r_{\text{д}}}{a\gamma R_{\text{вх}} K}\right) - \frac{U_{\text{с.д}} a}{a\gamma R_{\text{вх}} K + R_2 + r_{\text{д}}}$$

где a — коэффициент преобразования. Если произведение $a\gamma R_{\text{вх}} K$ достаточно большое, то

$$P_0 = I_{\text{вх}}/\gamma$$

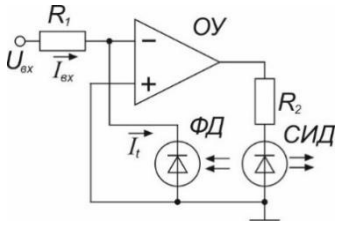


Рис 2. Схема стабилизации интенсивности излучения светоизлучающего диода на операционном усилителе

Следовательно, в первом приближении мощность светового потока определяется только входным током.

Степень стабилизации предложенной схемы была проведена при работе с светодиодами LED19, LED22 и LED34. Каждое измерение степени стабилизации схемы сопровождалось измерением стабильности потока светодиода при питании его от драйвера DLT-27M при тех же значениях силы тока.

Литература

1. Dakin R and Culshaw B (Eds.). Optical Fiber Sensors, Principles and Components // Artech House. Boston. 1988 Vol. I & II.
2. Giallorenzi M. et.al. Optical Fiber Sensor Technology // IEEE J. Quantum Electronics. QE18. 1982. P. 626-665.
3. Batchellor W. and Edge E. Some Recent Advances in Fiber-Optic Sensors // Electron. & Comm. Eng. J. Oct. 1990. P. 175-184.

4. Winn Hardin R. Fiber optic sensors seek to prove their utility // OE Report. Oct. 1998.
5. Harnessing Light: Optical Science and Engineering for 21-th Century // The National Research Council Report. 1999.

STOMATOLOGIK SOHADA CBCT TEXNOLOGIYASINING AFZALLIKLARI

И.Содиқова, Х.А. Axmadalieva
“Qo‘qon universiteti” Andijon filiali, 170100, Andijon viloyati, Andijon shaxar. Bobur shox ko'chasi 2-b-uy, e-mail: info@kuaf.uz

Qisqacha mazmuni: *Ushbu maqolada konussimon nurli kompyuter tomografiyasi (CBCT) texnologiyasining stomatologiyada qo‘llanilishi va afzalliklari tahlil qilingan. CBCT tizimining yuqori aniqlik, uch o‘lchamli (3D) tasvirlash, anatomik tuzilmalarni to‘liq baholash imkoniyati, shuningdek, implantatsiya, endodontiya va ortodontiya jarayonlaridagi amaliy samarasi yoritilgan. Shu bilan birga, texnologiyaning nurlanish dozalari, xarajat va interpretatsiya murakkabligi kabi cheklovlari ham muhokama etilgan. Maqola klinik misollar, ilg‘or adabiyotlar va tahliliy ma’lumotlar asosida tayyorlangan bo‘lib, amaliyotchi stomatologlar va tashxis mutaxassislari uchun dolzarb ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *CBCT, konussimon nurli kompyuter tomografiyasi, 3D tasvirlash, stomatologik diagnostika, endodontik baholash, implantatsiya, anatomik tahlil, radiatsiya dozalari, vizualizatsiya texnologiyalari.*

So‘nggi o‘n yilliklarda raqamli texnologiyalar tibbiyot, xususan stomatologiya sohasida tub o‘zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. An’anaviy stomatologik amaliyotlar o‘rnini yuqori aniqlikdagi, tezkor va avtomatlashtirilgan texnologiyalar egallamoqda. Zamonaviy stomatologiya bugungi kunda ishlab chiqarishga emas, balki ma’lumotlarni qayta ishlash, tahlil qilish va prognozlashga asoslangan raqamlashtirilgan tizimga aylanmoqda [1]. Raqamli nurografiya, intraoral skanerlar,

CAD/CAM tizimlari, 3D printerlar va sun’iy intellekt (AI) texnologiyalari stomatologik diagnostika va rejalashtirishda keng qo‘llanilmoqda [2–4]. Masalan, intraoral skanerlar an’anaviy qolip olish jarayonini to‘liq almashtirib, bemor uchun qulaylik yaratadi. CAD/CAM tizimlari esa bir kunda individual protez tayyorlash imkonini beradi. 3D printerlar yordamida esa implant shablonlari, ortodontik shinalar va vaqtinchalik protezlar ishlab chiqariladi [3]. Sun’iy intellekt algoritmlari esa tasvirlarni tahlil qilish, patologiyani aniqlash va davolashni rejalashtirish jarayonlarini avtomatlashtirmoqda [4]. BMTning 2030-yilgacha mo‘ljallangan “Raqamli sog‘liqni saqlash” dasturida 2030-yilga borib stomatologiya klinikalarining 80 foizi raqamli texnologiyalardan to‘liq foydalanishi prognoz qilinmoqda [5].Shu sabablar, muammoda muammoda stomatologiyaning asosiy texnologiyalari, xavfsizlik va boshqa ma'lumotlarga ega bo'lgan ma'lumotlar, mavjud bo'lgan ma'lumotlarga asoslanadi.

CBCT (Cone Beam Computed Tomography) — bu konussimon shakldagi rentgen nurlari yordamida olingan ko‘p sonli proeksiyalar asosida uch o‘lchamli tomografik tasvir hosil qiluvchi tizimdir [6]. U an’anaviy 2D rentgenografiyadan farqli ravishda, tish, jag‘ suyaklari va atrof to‘qimalarning uch o‘lchamli morfologik ko‘rinishini beradi.

CBCT texnologiyasi stomatologiyada quyidagi yo‘nalishlarda keng qo‘llaniladi:

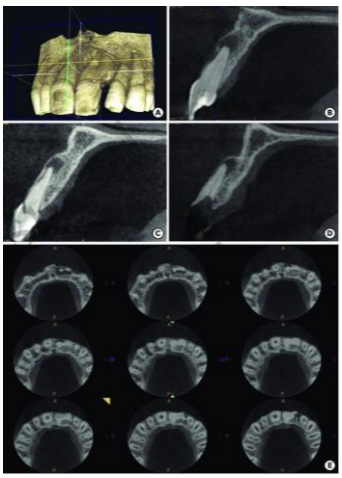
Endodontiya: ildiz kanallarining morfologiyasini aniqlash, rezorbtsiya va yoriqlarni erta bosqichda aniqlash.

Implantologiya: suyak zichligi, anatomik tuzilmalar (sinus, nerv kanallari) joylashuvini aniqlash.

Ortodontiya: yuz-jag’ skelet tuzilmasini baholash va rejalashtirish.

Jarrohlik stomatologiya: sinus-lift, kistalar, o‘sma va frakturalarni aniqlash.CBCT (Konus nurli kompyuter tomografiyasi) -bu 3D tasvirlar tish va uni to'qimalarni aniqlashga imkon berishini beradi.

1-rasm. CBCT (Konusli nurli kompyuter tomografiyasi)



2-rasm. CBCT tasvirlari

Periapikal kasalliklarni aniqlashda CBCT 2D rentgenografiyaga nisbatan 40–60 % ko‘proq aniqlikka ega [7]. Bu texnologiya yordamida apikal periodontit, ildiz rezorbtsiyasi, kanal bifurkatsiyasi va yashirin kanallarni aniq aniqlash mumkin.

Matherne va hammualliflar [8] tomonidan 72 ta tish misolida o‘tkazilgan tadqiqotda CBCT tasvirlari yordamida 60 % hollarda qo‘shimcha kanallar aniqlangan. Shu bois, CBCT endodontik tashxis va davolashni rejalashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. CBCT yordamida tish ildiz tizimining murakkab morfologik tuzilmalari yuqori aniqlikda ko‘rsatiladi. Ushbu texnologiya orqali qo‘shimcha ildiz kanallari (masalan, MB2, DB2), ildizlar o‘rtasidagi noodatiy anatomik bog‘lanishlar, kanal devoridagi nuqsonlar hamda kaltsinatsiya jarayonlarini aniqlash mumkin. Shuningdek, CBCT yordamida kanalning egrilik darajasi va uzunligi aniq o‘lchanadi, bu esa endodontik muolajani yanada to‘liq va xavfsiz amalga oshirishga imkon beradi.

Ildiz rezorbtsiyasi tish to‘qimalarining patologik yo‘qolishi bilan kechuvchi jarayon bo‘lib, u klinik amaliyotda ko‘p uchraydi. CBCT texnologiyasi bu jarayonni erta bosqichda aniqlashga imkon beruvchi eng ishonchli usullardan biri hisoblanadi. Durack va Patel [9] tomonidan olib borilgan tadqiqotda CBCT yordamida ichki rezorbtsiyalar 100 foiz aniqlanganligi, an’anaviy ikki o‘lchamli tasvirlarda esa ko‘plab holatlar e’tibordan chetda qolganligi qayd etilgan.

Rezorbtsiya uch asosiy turga bo‘linadi: ichki rezorbtsiya — kanal ichidagi to‘qimalarning destruksiyasi natijasida yuzaga keladigan holat; tashqi rezorbtsiya — ildizning tashqi qismida to‘qimalarning yemirilishi; invaziv servikal rezorbtsiya esa

tish bo‘ynida paydo bo‘luvchi og‘ir va qaytmas patologik jarayon hisoblanadi. CBCT diagnostikasi yordamida bu turlarni aniq farqlash, shuningdek, davolash strategiyasini to‘g‘ri belgilash imkoniyati yaratiladi. Natijada, tozalash yo‘nalishlari aniqlanadi, rezorbtsiya o‘chog‘ini cheklovchi va to‘qima regeneratsiyasini rag‘batlantiruvchi biomateriallar — masalan, MTA yoki Biodentin kabi biokompatibil materiallar tanlanadi. Shu tariqa, CBCT nafaqat tashxis sifatini oshiradi, balki endodontik davolash jarayonining samaradorligi va prognozini ham sezilarli darajada yaxshilaydi.

CBCT texnologiyasi vertikal ildiz yorilishlarini aniqlashda yuqori aniqlik va ishonchlilikni ta’minlaydi. Ushbu usul 3D formatda ildiz to‘qimalarining yaxlitligini tahlil qilib, yoriqning shakli, chuqurligi va yo‘nalishini to‘liq aniqlash imkonini beradi. Patel va hammualliflar [10] olib borgan ilmiy tadqiqotlarda CBCT texnologiyasining sezgirligi an’anaviy 2D rentgenografiya bilan solishtirganda 80 foizdan 95 foizgacha yuqori ekani isbotlangan. Bu natija CBCTning diagnostik imkoniyatlarini tasdiqlaydi, ayniqsa yoriq yo‘nalishi murakkab bo‘lgan yoki klinik belgilar noaniq kechadigan holatlarda.

Metall koronka yoki shtift mavjud tishlarda ba’zi hollarda artefaktlar kuzatilishi mumkin bo‘lsa-da, zamonaviy rekonstruksiya algoritmlari bu tasvir buzilishlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu sababli, CBCT natijalari amaliy jihatdan ancha ishonchli hisoblanadi.

Ushbu texnologiya yordamida yoriqning yo‘nalishi — vertikal, diagonal yoki gorizontal tarzda - aniq aniqlanadi, periildiz rezorbtsiyasi, sinus traktlari va atrofdagi to‘qimalardagi yallig‘lanish jarayonlari kuzatiladi. Bundan tashqari, CBCT tishning saqlanish imkoniyatini, struktura yaxlitligini va davolashning potentsial samaradorligini baholashda muhim diagnostik vosita bo‘lib xizmat qiladi. Shu tarzda, CBCT vertikal ildiz yorilishlarini erta aniqlash, noto‘g‘ri tashxis qo‘yilishining oldini olish va optimal davolash strategiyasini tanlash imkonini beradi.

Ushbu maqolada, stomatologiyada CBCT texnologiyasining afzalliklari va uning klinik qo'llanilishi kengaytirilgan. CBCT 3D tasvirlash imkoniyatlari orqali stomatologik diagnostikani sezilarli darajada takomillashtiradi, ayniqsa endodontiya, ortodontiya va implantatsiya oldi tekshiruvlarida. U tish ildizlaridagi peripikal

kasalliklarni, ildiz rezorbtsiyasini, vertikal ildiz yorliqlarini va boshqa morfologik o'zgarishlarni aniqlashda yuqori aniqlik va samaradorlikni ta'minlaydi. CBCT texnologiyasining eng katta afzalliklari shundaki, u an'anaviy 2D radiografiyaga qaraganda ancha ko'p ma'lumot beradi va diagnostik jarayonlarni optimallashtiradi. Biroq, CBCT texnologiyasi ba'zi kamchiliklarga ham ega. Nurlanish dozasining yuqoriligi, texnik jihatlarda murakkabliklar va uning yuqori xarajatlari ba'zi hollarda cheklovlar keltirib chiqarishi mumkin. Shuning uchun, CBCT ni qo'llashda, uning afzalliklari va kamchiliklarini inobatga olish, shuningdek, texnologiyaning samarali foydalanishiga to'g'ri yo'nalishlar belgilash muhimdir. Shu bilan birga, sun'iy intellekt (AI) va boshqa raqamli texnologiyalar bilan integratsiya qilish, CBCT texnologiyasining samaradorligini yanada oshirishi mumkin. Bu, bemorlar uchun eng optimal davolash rejasini tuzishga yordam beradi va stomatologik protseduralarning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mangano, F.G. et al. (2020). Digital technologies in dentistry: A systematic review. PMC.

2. Dawood, A. et al. (2020). Digital dentistry: A review of current applications and future trends. Aquaculture Reports, 18, 100549.

3. Alharbi, N., Wismeijer, D., Osman, R.B. (2017). 3D printing applications in dental field: A literature review. PMC.

4. Schwendicke, F. et al. (2021). Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. J Dent Res, SAGE Journals. https://doi.org/10.1177/002203452091571

5. WHO (2021). Digital Health and Dentistry: Global Health Policy Report. WHO Official.

6. https://pocketdentistry.com/11-cone-beam-computed-tomography-volume-acquisition/

7. Patel, S., Dawood, A., Ford, T.P., Whaites, E. (2007). The Potential Applications of Cone Beam Computed Tomography in the Management of Endodontic Problems. Int Endod J, 40, 818–830.

8. Matherne, R.P., Angelopoulos, C., Kulild, J.C., Tira, D. (2008). Use of Cone-Beam Computed Tomography to Identify Root Canal Systems In Vitro. J Endod, 34(1):87–89.

9. Durack, C., Patel, S. (2012). Cone beam computed tomography in endodontics. Braz. Dent. J., 23(3).

10. Patel, S., Dawood, A., Whaites, E., Pitt Ford, T. (2009). New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Int Endod J, 42(6):447–462.

УДК 62.315.593

АНАЛИЗ И ВЫБОР МОНОХРОМАТОРОВ ДЛЯ ФОТОТЕРМОГЕНЕРАТОРА СЕЛЕКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мамадалиева Лола Камилджановна

доктор техн. наук, проф., Ферганский

государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Фергана

e-mail: dsc.lkm@gmail.com

Аннотация. *Данная работа посвящена общему описанию фототермогенератора и решению одной из задач – выбору монохроматора с оптимальными характеристиками для использования в селективном генераторе фототермогена. Дано краткое описание структуры и принципов работы фототермогенератора селективного излучения. Анализируются технико-экономические характеристики различных типов монохроматоров для использования в структуре фототермогенератора.*

Ключевые слова: *фототермогенератор, селективное излучение, спектр излучения, спектральная зависимость, монохроматизация, монохроматоры, светофильтры.*

Введение. Несмотря на многолетние исследования, вопрос повышения эффективности преобразования солнечного излучения в электрическую энергию с помощью полупроводниковых фотопреобразователей (ФП) все-таки остается

актуальным. В этом плане проделано много работы, и, разумеется, в результатах этих исследований есть заметный положительный исход. Однако из-за основной причины, смысл которой заключается в сильной спектральной зависимости коэффициента преобразования от спектрального состава падающего излучения, до сих пор задача до конца не решается. Наряду со спектральной зависимостью коэффициента полезного действия (КПД) СЭ есть проблема температурной зависимости этого параметра. Хотя последняя решается добавлением в конструкцию солнечных преобразователей дополнительных охладителей, все-таки устранение громоздкости солнечных источников электрической энергии является не только весогабаритной проблемой, но и экономически нецелесообразной.

На наш взгляд, создание и внедрение фототермоэлектрического преобразователя (ФТЭП) с раздельной нагрузкой и избранного излучения будет давать положительный результат. Настоящая работа посвящена общему описанию фототермогенератора и решению одной из задач – выбор монохроматора с оптимальными характеристиками для использования в фототермогенераторе [1] селективного излучения.

Постановка задачи. Таким образом, в мировом масштабе решены несколько актуальных проблем, в частности, по созданию комбинированных гибридных систем. Но из вышеизложенного следует, что пока еще не найдены способы устранения практически отрицательного влияния температуры на значение коэффициента полезного действия фотоэлектрических преобразователей. Остаются нерешенным научно-технические проблемы, которые связаны со спектральной зависимостью генерационно-рекомбинационных процессов, в частности, задача создания инструментов, методов и технологий для оптимального разделения фотоактивной части светового пучка и передачи непосредственно на поверхность фотоэлектрической батареи в фототермогенераторе.

Теоретический анализ. В связи с выше сказанным одной из важных задач технико-исследовательских работ является выбор устройства, позволяющего без

больших проблем выделить искомый диапазон спектрального излучения, потому что имеющиеся в эксплуатации большинство источников излучения оптического диапазона, кроме некоторых типов лазеров, испускают широкий спектр длин волн. А решение проблемы выделения узкозонного спектра является достаточно сложным. Только в идеальном случае возможно выделить излучения одной длины волны. И, как известно, не все приборы могут быть идеальными приборами, позволяющими выдать экспериментатору свет одной длины, не имея некоторых недостатков.

Прибор, служащий для выделения фотоактивного излучения, должен удовлетворять нескольким конструктивно-технологическим, проектным и технико-экономическим условиям. Кроме того, важными являются и весогабаритные характеристики. Причиной предъявления таких требований является, во-первых, то, что выбираемый прибор намереваются расположить в оптическую ось между фотоприемником и излучателем [2,3]. Значит, его расположение не должно быть помехой на пути светового пучка. В противном случае потеря световой энергии неизбежна. Во-вторых, пространственное расположение разделенных световых излучений должно быть настолько удобно, чтобы размещение как фотопреобразователя, так и термопреобразователя для восприятия именно избранного излучения не представлялось сложным. В-третьих, прибор не должен иметь сложной и дорогой конструкции, а должен быть доступным, простым и недорогим.

В связи с вышеизложенным проведем анализ физики оптических явлений в некоторых наиболее широко распространенных приборах, служащих для распределения интегрального светового потока на спектры различных длин волн.

Одним из наиболее простейших способом монохроматизации светового пучка является пропускание его сквозь слой вещества, обладающий селективной прозрачностью. Их обычно называют ***фильтрами***. Анализ показывает, что применение фильтров, несмотря на то что имеется возможность получения определенного спектра света, невыгодно, потому что для селективного

фототермо-преобразователя с помощью таких фильтров, если даже удается подбор и выделение соответствующего спектра, исключается возможность использования отрезанных излучений. Значит, в этом случае по идее должен работать только один преобразователь. Это, однако, не дает шанс на достижение поставленной цели.

Использование каких-то дополнительных устройств с целью направления только загромождает всю преобразовательную систему. Этот вариант не целесообразен не только по весогабаритным показателям, но и с точки зрения экономики и технических условий. На наш взгляд, фильтры могут быть полезными только для повышения к.п.д. фотоэлектрического преобразователя, выбранного отдельно. Тогда фильтр способствует понижению температуры СЭ и немного повышает к.п.д. преобразования [6].

Следующим устройством распределителя интегрального светового потока являются ***интерференционные фильтры***. Сузить область прозрачности можно интерференцией в тонких плоскопараллельных пластинках. Конструкция интерференционных фильтров такова: они представляют собой стеклянные пластинки площадью несколько квадратных сантиметров. Одна из сторон пластины покрыта последовательно полупрозрачной пленкой металла (серебра или алюминия), диэлектрической пленкой, вторым полупрозрачным слоем материала и для защиты от механических повреждений закрыта второй стеклянной пластиной.

Существуют ***интерференционные-поляризационные*** светофильтры. В таких фильтрах слои оптических анизотропных материалов размещаются между поляроидами.

В настоящее время промышленные предприятия выпускают различные ***светофильтры***. К ним относятся отрезающие, узкополосные и полосовые для диапазона длин волн от 0,22 до 25,0 мкм. Первые из них пропускают длинноволновое излучение и отрезают его от коротковолновой области спектра.

Наиболее распространенными конструкциями устройств распределения светового потока на излучения различной длины волны являются

монохроматоры на остаточных лучах. Принцип работы основан на спектрах отражения ионных кристаллов. При этом коэффициент отражения близок к 100 %. После многократного отражения от пластинок из такого материала получается значительная монохроматизация светового пучка.

Среди существующих различных типов устройств, предназначенных для наших целей, наиболее распространенными приборами, выделяющими из сложного спектра источника необходимый участок длин волн, являются монохроматоры с использованием дисперсии (зависимости показателя преломления от длины волны) прозрачных для соответствующего участка спектра материалов, из которых изготовляются призмы.

Проанализировав данные производств промышленных предприятий нескольких стран, можно убедиться в том, что в настоящее время выпущены для ультрафиолетового диапазона монохраматоры типа СФ-10 и другие с призмой из кварца; для видимого диапазона – УМ-2 с призмами из различных сортов стекла; для инфракрасного диапазона – ЗМР-3, ИКС12, ИКМ-1, ИКС-21 с призмами из стекла (флинтглас Ф-1 для области 0,5–1,7 мкм), фтористого литиве (для области 0,9–5,5 мкм), каменной соли (NaCl для области 3–15 мкм), сильвина (KCl для области 9–18 мкм), бромистого калия (kBr для области 16–25 мкм) [4,5].

Следующим прибором разделения светового потока являются ***дифракционные монохроматоры***. В развитых конструкциях спектральных приборов диспергирующим элементом является отражательная дифракционная решетка. Для различных диапазонов спектра следует подбирать соотвествующие решетки.

Так, например, для видимого диапазона можно применять прозрачные решетки, а для

ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов следует использовать отражательные решетки. Это объясняется следующими: для этих областей спектра нет материалов, достаточно хорошо прозрачных и удовлетворяющих технологическим требованиям при нарезании штрихов решетки.

В теоретических расчетах для определение распределения длин волн в спектре, даваемом отражательными решетками, используется формула

$$m\lambda = d(\sin\psi \pm \sin\varphi) \qquad (1)$$

где m –порядок спектра, d-постоянная решетки,

ψ и φ –углы падения и дифракции соответственно.

В формуле знак "+" соответствует расположению падающего и дифрагированного пучков по одну сторону от нормали к решетке, а знак "–" по другую сторону. При фиксированных значениях угла Θ в приборе между падающим и дифрагированным пучком (рис.3) следует использовать формулу

$$m\lambda = 2d\cos\frac{\theta}{2}\sin\beta = C_n \sin\beta \qquad (2)$$

где, $C_n = 2d\cos\frac{\theta}{2}$ – постоянная прибора;

$\beta -$ угол поворота решетки.

Следует отметить, что относительное распределение интенсивности света зависит от длины волны, формы штриха, условий отражения. Спектр первого порядка эшелетты определяется формулой:

$$I_{\text{отн}} = \left[\frac{sin\,(\frac{\pi\Delta}{\lambda})}{\pi\Delta/\lambda}\right] \qquad (3)$$

Если угол Θ соответствует к весьма малым значениям угла (Θ→0), то параметр

$$\Delta = 2d\sin(\beta - \alpha).$$

В этом случае максимальной интенсивностью обладает излучение, диафрагмированное в направлении зеркального отражения от рабочих поверхностей ступенек эшелетты, и угол α называется углом "блеска". С целью удешевления стоимости приборов, таких как например, СФ–4, СФ–10, ДФС–12 и др. были использованы реплики с решеток.

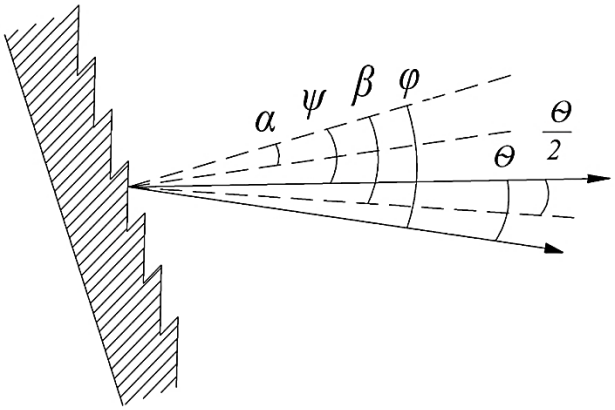


Рис. 3. Ход лучей при отражении от штрихов Эшелетты.

Для подготовки таких решеток была применена следующая технология. Эшелетта покрывается жидким слоем пластинка, оставляется на затвердевания затем снимают. Последняя операция осуществляется под давлением. После снятия наклеивается на плоскую стеклянную пластину и покрывается слоем алюминия. Алюминиевый слой получают распылением порошка алюминия (точнее обрызгиванием) с помощью пульвлизатора. Оптимальным размером угла блеска у решеток принят от 10 до 200. В этой конструкции постоянная решетки зависит от интервала длин волн согласно формуле (3), для которого она предназначена.

Отметим, что дифракционные решетки дают не один, как призмы, а несколько порядков спектра (m = 1, 2, 3… в формуле (1). Эти спектры накладываются друг на друга. В связи с этим для получения «чистого» спектра необходимо применять предварительную фильтрацию. Предварительная фильтрация может быть осуществлена одним или несколькими более грубыми методами монохроматизации. В качестве примера можно привести следующее. В спектрометрах для ближней инфракрасной области, чтобы разделить порядки спектра, желательно использовать монохроматизацию с применением призм малой дисперсии. Этот метод в спектрометрах для длинноволновой области инфракрасных лучей неприменим, потому что отсутствуют прозрачные материалы в достаточном количестве для изготовления призм.

В технике и промышленности имеются приборы, работающие на основе метода двойного пропускания разлагаемого пучка через призму с применением

одного коллиматорного объектива. И оно носит название «метод автоколлимации».

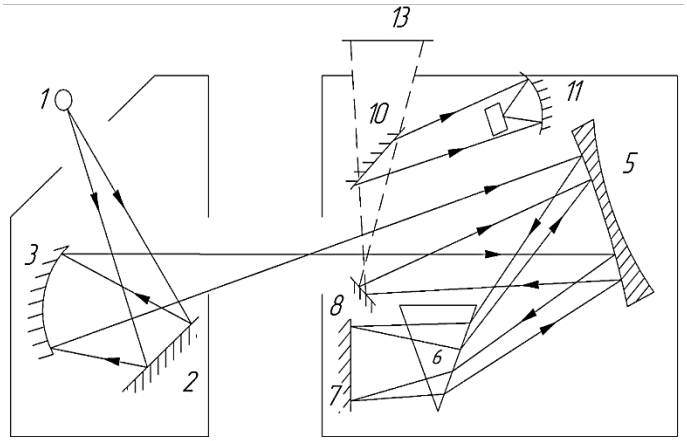


Рис 1. Автоколлимационная схема призменного монохроматора.

В этих коллиматорах существуют определенные зависимости ширин щелей от длины волны. Эти зависимости соответствуют нескольким призмам. Например, для призм Ф-1, LiF, NaCl, KCl, K Br приборов ИКС-11-12. При проведении экспериментальных исследований измеряемой величины от длины волны (энергии квантов) можно указать спектральную ширину щели в наиболее важных участках спектра.

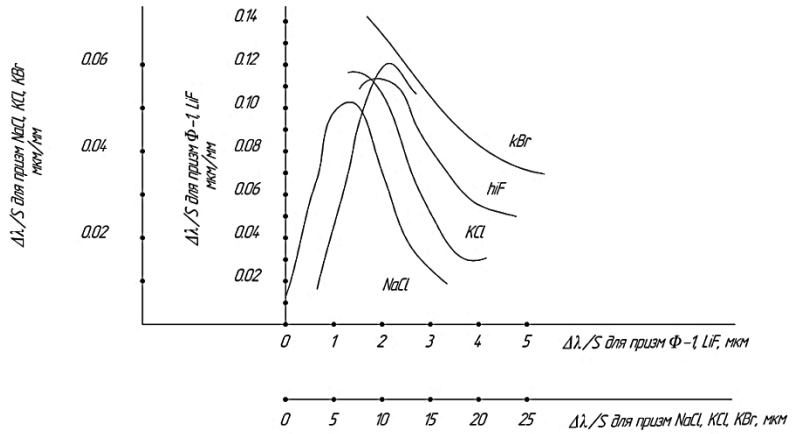


Рис. 2. Зависимости спектральной ширины щели от длины волны длямонохроматоров ИКС–11–12

Для того чтобы правильно выявить спектр, присущий данному эффекту или веществу, в тех участках, где измеряемая величина и ее производные по длине

волны сильно зависят от λ, спектральная ширина щели должна быть минимальной.

Использование таких монохроматоров также является трудоемким, потому что сами по себе монохраматоры перечисленных марок обладают достаточно большими весогабаритными характеристиками. И этот недостаток сразу отражается при установке их в оптическую ось. Поэтому при выборе того или иного прибора для разделения интегрального пучка на спектры различных длин волн необходимо учесть и эту проблему.

Выводы. Каждый фотоэлектрический преобразователь обладает определенной зоной спектральной чувствительности и эффективно может преобразовывать в электрическую энергию фотоактивные кванты. Существуют различные конструкции монохроматоров излучения, однако большинство из них обладают громоздкими габаритами. Приспособление, предназначенное для распределения светового излучения, должно быть компактным и легким – не должно затенять максимальную площадь поверхности фотоэлектрических и термоэлектрических преобразователей энергии. Наиболее оптимальным распределителем света является набор, состоящий из оптических линз и дифракционной решетки. Следует разработать специальную методику распределения светового потока по различным длинам волн и оценку значения падающей мощности по фронтальным поверхностям преобразователей.

Список литературы:

1. Photo Thermal Generator of Selective Radiation Structural and Energetic Features / A.M. Kasimakhunova [et al.] // Journal of Applied Mathematics and Physics. – 2019. – № 07. – P. 1263–1271.

2. Исследование энергетических характеристик фототермоэлементов / С.Н. Борисов, С.М. Городецкий, Е.К. Иорданишвили, Т.Л. Любашевская [и др.] // Гелиотехника. – 1980. – № 3. – С. 5–10.

3. Фототермопреобразователь // Патент на полезную модель № FAP 00793. 18.07.2011 // Лутпуллаев С.Л., Турсунов М.Н., Дадамухамедов С., Юлдашев И.А.

4. Efficiency Improvement of Photovoltaic Module by Thermo Electric Generator / Syed Amjad Ahmad, Muhammad Yasar Javed, Zafar Abas, Muhammad Abdullah Zafar [et al.] // NFC-IEFR Journal of Engineering & Scientific Research. – 2017. – № 1.0011. – P. 1014.

5. Feasibility of a Photovoltaic-Thermoelectric Generator: Performance Analysis and Simulation Results / F. Attivissimo, A.D. Nisio, A.M. Lucia and M. Paul // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2015, May. – № 64. – P. 1158–1169.

6. Highly Efficient Conversion of Solar Energy by the Photoelectric Converter and a Thermoelectric Converter, Scientific Research Publishing / A.M. Kasimakhunova, Sh.A. Olimov, L.K. Mamadaliyeva, R. Nurdinova [et al.] // Journal of Applied Mathematics and Physics. – 2018. – № 40. – P. 520–529.