

**O‘ZBEKISTONDA QUYOSH ENERGETIKASINI RIVOJLANTIRISHDA
METROLOGIK TA‘MINOT MUAMMOLARI****Nasibiddinova Baxtigul Yoqubjon qizi***Andijon davlat texnika instituti talabasi***Annotatsiya**

O‘zbekiston quyosh energiyasidan foydalanish bo‘yicha ulkan salohiyatga ega bo‘lib, bu sohani jadal rivojlantirishga intilmoqda. Biroq, quyosh energetikasi tizimlarining samarali va ishonchli ishlashini ta‘minlashda metrologik ta‘minot bilan bog‘liq bir qator muammolar mavjud. Ushbu maqolada quyosh panellari, invertorlar va saqlash tizimlarini o‘lchash, kalibrlash va standartlashtirishdagi mavjud kamchiliklar tahlil qilinadi. Shuningdek, metrologik infratuzilmaning yetishmasligi va sifat nazorati mexanizmlarining zaifligi quyosh energetikasi loyihalarining samaradorligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatishi ko‘rsatilgan. Maqola ushbu muammolarni bartaraf etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqadi.

Kalit so‘zlar: *Quyosh Energetikasi, Metrologik Ta‘minot, O‘zbekiston, Standartlashtirish, Kalibrlash, O‘lchash, Sifat Nazorati, Qayta Tiklanuvchi Energiya*

Abstract

Uzbekistan possesses significant potential for solar energy utilization and is actively pursuing its rapid development. However, a number of metrological support problems exist that hinder the effective and reliable operation of solar energy systems. This article analyzes current shortcomings in the measurement, calibration, and standardization of solar panels, inverters, and storage systems. It also highlights how the lack of adequate metrological infrastructure and weak quality control mechanisms negatively impact the efficiency of solar energy projects. The paper develops recommendations for overcoming these critical issues.

Keywords: *Solar Energy, Metrological Support, Uzbekistan, Standardization, Calibration, Measurement, Quality Control, Renewable Energy*

Аннотация

Узбекистан обладает значительным потенциалом для использования солнечной энергии и активно стремится к ее быстрому развитию. Однако существует ряд проблем метрологического обеспечения, препятствующих эффективной и надежной работе систем солнечной энергетики. В данной статье анализируются текущие недостатки в измерении, калибровке и стандартизации солнечных панелей, инверторов и систем хранения энергии. Также указывается, как отсутствие адекватной метрологической инфраструктуры и слабые механизмы контроля

качества негативно влияют на эффективность проектов солнечной энергетики. Статья разрабатывает рекомендации по преодолению этих критических проблем.

Ключевые слова: Солнечная Энергия, Метрологическое Обеспечение, Узбекистан, Стандартизация, Калибровка, Измерение, Контроль Качества, Возобновляемая Энергия

Kirish

Quyosh energetikasi global miqyosda barqaror rivojlanishning muhim ustuni bo‘lib, energiya xavfsizligi, iqlim o‘zgarishini yumshatish va iqtisodiy samaradorlikni ta‘minlashda tobora ortib borayotgan ahamiyatga ega. O‘zbekiston Respublikasi ham ushbu global tendensiyalarga mos ravishda yashil energiyaga o‘tish strategiyasini faol amalga oshirmoqda. Quyosh panellari energiya mustaqilligini ta‘minlash, atrof-muhit tozaligini saqlash (nol emissiya) va elektr energiyasi xarajatlarini tejash imkonini beruvchi istiqbolli investitsiya sifatida keng e‘tirof etilmoqda [1]. Texnologik taraqqiyot, samaradorlikning oshishi va xarajatlarning pasayishi ushbu tizimlarning jozibadorligini yanada oshirmoqda. So‘nggi yillarda O‘zbekistonda quyosh panellarini o‘rnatishga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada oshdi, bu esa energiya tariflarining o‘shishi va tizim narxlarining pasayishi bilan bog‘liq holda aholi va yuridik shaxslar tomonidan ixtiyoriy ravishda qabul qilinmoqda [2].

Mamlakatga quyosh panellari importining keskin o‘shishi, joriy yilning dastlabki sakkiz oyida 1,5 milliondan ortiq panelning olib kirilishi va bozorga 64 ta yangi subyektning kirib kelishi sohaning jadal rivojlanayotganidan dalolat beradi [2]. Biroq, quyosh energetikasi tizimlarining kengayishi bilan bir qatorda, ularning uzoq muddatli samaradorligi, ishonchliligi va xavfsizligini ta‘minlash masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda. Ayniqsa, quyosh panellarining samaradorligini, ishlab chiqarilayotgan energiyaning miqdorini, inverterlarning aniqligini va saqlash tizimlarining ishonchliligini baholashda aniq o‘lchovlar muhim ahamiyatga ega. Bu yerda metrologik ta‘minot, ya‘ni o‘lchovlarning aniqligi, bir xilligi va kuzatiluvchanligini ta‘minlash tizimi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Quyosh panellarining ishlash ko‘rsatkichlari, energiya ishlab chiqarish hajmi va tizim komponentlarining sifatini baholashda aniq va ishonchli o‘lchovlar zarurdir.

O‘zbekistonda metrologiya sohasida xalqaro hamkorlikni rivojlantirish va laboratoriyalarni modernizatsiya qilish bo‘yicha sa‘y-harakatlar amalga oshirilayotgan bo‘lsada [3], quyosh energetikasi kabi jadal rivojlanayotgan sohada metrologik ta‘minotning o‘ziga xos muammolari mavjud. Ushbu maqola O‘zbekistonda quyosh energetikasini rivojlantirishda metrologik ta‘minotning hozirgi holatini tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlash va ularni hal etish bo‘yicha xalqaro tajribaga asoslangan holda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Quyosh energetikasining global miqyosdagi jadal rivojlanishi, uning energiya xavfsizligi, iqlim o‘zgarishini yumshatish va barqaror iqtisodiy o‘shishni ta‘minlashdagi strategik ahamiyati so‘nggi yillarda ko‘plab ilmiy tadqiqotlar va siyosiy munozaralarning markazida bo‘lib kelmoqda. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, quyosh energiyasi tizimlarining samaradorligi, ishonchliligi va uzoq muddatli barqarorligi nafaqat texnologik innovatsiyalar, balki ularni qo‘llab-quvvatlovchi metrologik infratuzilmaning rivojlanganlik darajasi bilan ham chambarchas bog‘liqdir. O‘zbekistonning yashil energiyaga o‘tish strategiyasi doirasida quyosh energetikasiga bo‘lgan e‘tiborning kuchayishi, mamlakatning ushbu sohadagi salohiyatini to‘liq ro‘yobga chiqarish uchun metrologik ta‘minotning dolzarb muammolarini chuqur tahlil qilishni taqozo etadi.

Quyosh energetikasi tizimlarining ishlash samaradorligini baholashda aniq va ishonchli o‘lchovlar hal qiluvchi ahamiyatga ega. Adabiyotlarda ta‘kidlanishicha, fotovoltaik (FV) modullarning nominal quvvatini, inverterlarning konversiya samaradorligini, energiya saqlash tizimlarining sig‘imini va umumiy tizimning energiya ishlab chiqarish hajmini aniq o‘lchash, tizimning optimal ishlashini ta‘minlash, investitsiyalarning qaytarilishini kafolatlash va texnik xizmat ko‘rsatish strategiyalarini ishlab chiqish uchun zarurdir. Xususan, quyosh panellarining ishlash ko‘rsatkichlari, ularning uzoq muddatli chidamliligi (20-25 yildan ortiq) va texnologik taraqqiyot natijasida erishilayotgan samaradorlikning oshishi [1] kabi jihatlar, ushbu ko‘rsatkichlarni doimiy ravishda monitoring qilish va tasdiqlash uchun metrologik ta‘minotning muhimligini yanada oshiradi. Aniq o‘lchovlar tizimning dastlabki loyihalash bosqichidan tortib, uning ekspluatatsiya davri oxirigacha bo‘lgan har bir bosqichda sifatni nazorat qilish va ishonchli ma‘lumotlarni taqdim etishga xizmat qiladi.

Quyosh energetikasida metrologik ta‘minotning asosiy yo‘nalishlari quyidagilarni o‘z ichiga oladi: quyosh radiatsiyasini o‘lchash (pyranometrlar va etalon hujayralar yordamida), FV modullarning elektr xususiyatlarini standart sinov sharoitlarida (STC) va real ish sharoitlarida (NOCT) aniqlash, inverterlarning quvvat sifatini va samaradorligini baholash, energiya saqlash tizimlarining (batareyalar) sig‘imi, zaryad holati (SoC) va sog‘liq holati (SoH) kabi parametrlarini o‘lchash. Ushbu o‘lchovlarning barchasi xalqaro standartlarga (masalan, IEC 61215, IEC 61730, IEC 61853, IEC 62446) muvofiq amalga oshirilishi lozim bo‘lib, bu tizim komponentlarining sifatini, ishonchliligini va xavfsizligini ta‘minlaydi. Metrologik kuzatiluvchanlik, ya‘ni o‘lchov natijalarining milliy yoki xalqaro etalonlarga bog‘liqligini ta‘minlash, turli laboratoriyalar va ishlab chiqaruvchilar tomonidan olingan natijalarning solishtiruvchanligini kafolatlaydi.

Rivojlanayotgan mamlakatlarda quyosh energetikasining jadal rivojlanishi ko‘pincha metrologik infratuzilmaning ushbu tezkor o‘shish sur‘atlariga mos kelmasligi bilan bog‘liq muammolarni keltirib chiqaradi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, bunday mamlakatlarda quyosh energetikasi sohasida ixtisoslashgan kalibrlash laboratoriyalarining yetishmasligi, zamonaviy o‘lchov uskunalari bilan jihozlanmaganlik, malakali mutaxassislarning kamligi va xalqaro standartlarga mos keladigan milliy standartlarning mavjud emasligi kabi muammolar keng tarqalgan. Bu esa, o‘z navbatida, import qilinayotgan quyosh panellari va boshqa tizim komponentlarining sifatini nazorat qilishda qiyinchiliklarga olib keladi, tizimning kutilgan samaradorlikka erishmasligi va investitsiyalarning xavf ostida qolishiga sabab bo‘lishi mumkin.

O‘zbekiston misolida, quyosh energetikasi bozorining so‘nggi yillarda misli ko‘rilmagan darajada o‘shishi [2] metrologik ta‘minot sohasida yangi chaqiriqlarni yuzaga keltirmoqda. Energetika vazirligining ma‘lumotlariga ko‘ra, joriy yilning dastlabki sakkiz oyida 1,5 milliondan ortiq quyosh paneli import qilingan va bozorga 64 ta yangi subyekt kirib kelgan [2]. Bu holat, bir tomondan, mamlakatda yashil energiyaga bo‘lgan talabning yuqoriligidan dalolat bersa, ikkinchi tomondan, bozorga kirib kelayotgan mahsulotlarning sifatini, xavfsizligini va deklaratsiya qilingan texnik xususiyatlarga muvofiqligini ta‘minlash uchun kuchli metrologik nazorat mexanizmlarining zarurligini ko‘rsatadi. Turli ishlab chiqaruvchilar va yetkazib beruvchilar tomonidan olib kirilayotgan panellarning xilma-xilligi, ularning ishlash ko‘rsatkichlarini standartlashtirilgan usullar bilan baholash va taqqoslash imkoniyatini cheklashi mumkin. Bu esa iste‘molchilarning (aholi va yuridik shaxslar) o‘z ixtiyorlari bilan o‘rnatayotgan quyosh panellaridan kutilgan foydani olishlariga to‘sqinlik qilishi mumkin, chunki ular energiya mustaqilligi, atrof-muhit tozaligi va elektr energiyasi xarajatlarini tejash maqsadida investitsiya kiritmoqdalar [1, 2].

O‘zbekiston Milliy Metrologiya Instituti (O‘zNIM) va uning tarkibiy bo‘linmalari tomonidan metrologiya sohasini rivojlantirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan sa‘y-harakatlar, jumladan, xalqaro hamkorlikni kuchaytirish, laboratoriyalarni modernizatsiya qilish va mutaxassislarning malakasini oshirish [3] ijobiy qadamlardir. Biroq, mavjud adabiyotlar va rasmiy ma‘lumotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ushbu sa‘y-harakatlar asosan umumiy metrologiya sohasiga qaratilgan bo‘lib, quyosh energetikasi kabi o‘ziga xos va jadal rivojlanayotgan tarmoqning metrologik ehtiyojlarini qondirishga yetarli darajada ixtisoslashmagan bo‘lishi mumkin. Masalan, infraqizil tibbiy va sanoat termometrlarni kalibrlash bo‘yicha O‘zNIM laboratoriyasining faoliyati [3] umumiy metrologik salohiyatni ko‘rsatsada, quyosh panellarining samaradorligini, spektral javobini, harorat koeffitsiyentlarini va boshqa murakkab optoelektronik xususiyatlarini o‘lchash uchun zarur

bo‘lgan maxsus uskunarlar va metodologiyalarning mavjudligi yoki rivojlanish darajasi haqida aniq ma’lumotlar cheklangan.

Shu nuqtai nazardan, O‘zbekistonda quyosh energetikasi sohasida metrologik ta’minotning hozirgi holati, mavjud muammolar va ularni hal etish yo‘llarini chuqur ilmiy tahlil qilish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mamlakatda quyosh energetikasining umumiy rivojlanish tendensiyalari, iqtisodiy afzalliklari va investitsiya salohiyati keng yoritilgan bo‘lsada [1, 2], aynan metrologik ta’minotning o‘ziga xos muammolari, ya’ni o‘lchov aniqligi, standartlashtirish, kalibrlash infratuzilmasi va malakali kadrlar masalalariga bag‘ishlangan ilmiy tadqiqotlar yetarli emas. Ushbu bo‘shliqni to‘ldirish, quyosh energetikasi tizimlarining uzoq muddatli barqarorligini, ishonchliligini va xavfsizligini ta’minlash uchun muhimdir. Metrologik ta’minotning yetarli emasligi nafaqat texnik muammolarga, balki iqtisodiy yo‘qotishlarga, iste’molchilar ishonchining pas ayishiga va xalqaro hamkorlik imkoniyatlarining cheklanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, ushbu maqola O‘zbekistonda quyosh energetikasini rivojlantirishda metrologik ta’minotning asosiy muammolarini aniqlash va ularni hal etish bo‘yicha xalqaro tajribaga asoslangan holda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan bo‘lib, mavjud adabiyotlardagi bo‘shliqlarni to‘ldirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqot O‘zbekistonda quyosh energetikasini rivojlantirishda metrologik ta’minotning dolzarb muammolarini chuqur tahlil qilish, mavjud bo‘shliqlarni aniqlash va ularni hal etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan bo‘lib, analitik, deskriptiv va qiyosiy tadqiqot metodologiyasini qo‘llaydi. Tanlangan metodologiya quyosh energetikasi sohasidagi metrologik ta’minotning murakkab va ko‘p qirrali masalalarini har tomonlama o‘rganish, mavjud tizimning kuchli va zaif tomonlarini baholash, shuningdek, xalqaro tajribalardan kelib chiqqan holda O‘zbekiston sharoitlariga mos keladigan yechimlarni taklif qilish imkonini beradi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — metrologik infratuzilmaning rivojlanish darajasini baholash, aniqlik, ishonchlilik va xavfsizlikni ta’minlashda yuzaga kelayotgan muammolarning ildizlarini aniqlash hamda barqaror rivojlanishga hissa qo‘shadigan strategik yo‘nalishlarni belgilashdir.

Tadqiqot dizayni asosan sifatli yondashuvga asoslangan bo‘lib, tanqidiy tahliliy va qiyosiy usullarni o‘z ichiga oladi. Tanqidiy tahlil mavjud siyosat, me’yoriy hujjatlar va institutsional salohiyatni quyosh energetikasi metrologiyasi bo‘yicha xalqaro standartlar va eng yaxshi amaliyotlar fonida sinchkovlik bilan o‘rganishga qaratilgan. Bu yondashuv metrologik ta’minotdagi kamchiliklarning asosiy sabablari va oqibatlarini chuqur tushunishga yordam beradi, faqatgina miqdoriy ma’lumotlar bilan cheklanmasdan, tizimli va tarkibiy muammolarni ham o‘rganishga imkon beradi. Deskriptiv komponent esa O‘zbekistonda

quyosh energetikasi uchun metrologik infratuzilma va amaliyotlarning hozirgi holatini mavjud rasmiy hisobotlar va ilmiy adabiyotlar asosida batafsil bayon etadi. Qiyosiy tahlil elementi O‘zbekistonning metrologik tizimini quyosh energetikasini rivojlantirishda yetakchi mamlakatlar tajribasi bilan solishtirish orqali muvaffaqiyatli strategiyalar va o‘zlashtirilishi mumkin bo‘lgan saboqlarni aniqlashga xizmat qiladi.

Ma’lumotlarni to‘plash jarayoni bir necha bosqichdan iborat bo‘lib, har bir bosqich tadqiqot savollariga javob berish uchun zarur bo‘lgan turli xil ma’lumotlarni yig‘ishga qaratilgan. Birinchi navbatda, keng qamrovli adabiyotlar tahlili o‘tkazildi. Bu tahlil nafaqat maqolaning kirish va adabiyotlar tahlili qismlarida keltirilgan manbalarni, balki quyosh energetikasi metrologiyasi, fotovoltaik (FV) o‘lchov standartlari, qayta tiklanuvchi energiya sifatini ta’minlash, metrologik infratuzilmani rivojlantirish va O‘zbekistonda quyosh energetikasi siyosati bo‘yicha 2020-yildan keyin nashr etilgan ilmiy maqolalar, konferensiya materiallari, xalqaro tashkilotlarning (masalan, Xalqaro Elektrotexnika Komissiyasi (IEC), Xalqaro Standartlashtirish Tashkiloti (ISO), Xalqaro Huquqiy Metrologiya Tashkiloti (OIML), Yevropa Milliy Metrologiya Institutlari Assotsiatsiyasi (EURAMET), Osiyo Tinch okeani Metrologiya Dasturi (APMP)) texnik hisobotlari, milliy metrologiya institutlarining (masalan, Germaniyaning PTB, AQShning NIST, Buyuk Britaniyaning NPL, Xitoyning NIM) nashrlari hamda hukumat siyosati hujjatlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu keng qamrovli tahlil metrologik ta’minot bo‘yicha global eng yaxshi amaliyotlarni aniqlash, rivojlanayotgan mamlakatlarda ushbu sohada duch kelinadigan umumiy muammolarni tushunish va mustahkam nazariy hamda empirik asos yaratishga qaratilgan.

Ikkinchi muhim ma’lumot to‘plash usuli hujjatlar tahlili bo‘ldi. Bu O‘zbekiston Respublikasiga tegishli rasmiy hujjatlarni tizimli ko‘rib chiqishni o‘z ichiga oladi. Jumladan, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish, energiya samaradorligi va metrologiya sohasini isloh qilishga oid Prezident farmonlari va qarorlari; Energetika vazirligi, Investitsiyalar, sanoat va savdo vazirligi hamda Texnik jihatdan tartibga solish agentligi (O‘zstandart) hisobotlari va strategik rejaları; O‘zbekiston Milliy Metrologiya Instituti (O‘zNIM) faoliyati, akkreditatsiya holati va xalqaro hamkorliklari haqidagi nashrlari va yillik hisobotlari [3]; elektr o‘lchovlari, sifat menejmenti va, agar mavjud bo‘lsa, quyosh FV tizimlariga oid milliy standartlar (O‘z DSt); shuningdek, O‘zbekistonga quyosh panellari va tegishli uskunalarning importi statistikasi va bozor tahlillari [2] o‘rganildi. Ushbu tahlil mavjud huquqiy va institutsional asoslar, joriy salohiyat va e’lon qilingan maqsadlar haqida ma’lumot berib, xalqaro talablarga nisbatan bo‘shliqlarni aniqlashga imkon yaratdi.

Uchinchi ma’lumot to‘plash usuli sifatida ekspertlar bilan maslahatlashuvlar tadqiqot dizayniga kiritildi. Ushbu maslahatlashuvlar sifatli ma’lumotlarni boyitish va amaliy tushunchalarni olish maqsadida O‘zNIMning yetakchi mutaxassislari, O‘zbekistondagi yirik

quyosh elektr stansiyalari operatorlari va o‘rnatuvchilarining muhandislari va texnik xodimlari, tegishli universitet kafedralarining akademiklari (masalan, Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Toshkent Irrigatsiya va Qishloq Xo‘jaligini Mexanizatsiyalash Muhandislari Instituti) hamda Energetika vazirligi vakillari bilan o‘tkazildi. Maslahatlashuvlar kundalik operatsion muammolar, metrologik ehtiyojlar, mavjud infratuzilmadagi kamchiliklar va takomillashtirish bo‘yicha amaliy tavsiyalarni tushunishga qaratildi. Yarim tuzilmali intervyular va fokus-guruh muhokamalari murakkab masalalarni chuqur o‘rganish va paydo bo‘lgan mavzularni aniqlash uchun afzal ko‘rilgan usullar bo‘ldi.

To‘rtinchi muhim metod qiyosiy tahlil bo‘lib, u tavsiyalarni shakllantirishda markaziy o‘rin tutadi. Bu keng miqyosli quyosh energiyasini muvaffaqiyatli integratsiya qilgan mamlakatlardagi metrologik infratuzilmalar va tartibga solish asoslarini batafsil o‘rganishni o‘z ichiga oladi. Misol uchun, Germaniya (quyosh bozorining kashshofi, mustahkam metrologiya), Xitoy (dunyodagi eng yirik quyosh panellari ishlab chiqaruvchisi va o‘rnatuvchisi, ilg‘or sinov inshootlari), Avstraliya (quyosh energiyasining yuqori darajada kirib borishi, tarmoqqa integratsiya uchun maxsus standartlar) kabi mamlakatlar, shuningdek, shunga o‘xshash metrologik muammolarni yengib o‘tgan boshqa rivojlanayotgan mamlakatlar tajribasi tahlil qilindi. Tahlil quyidagi jihatlariga e‘tibor qaratdi: milliy metrologiya institutlarining quyosh FV sinovlari va kalibrlashdagi roli va imkoniyatlari; quyosh sinov laboratoriyalari uchun akkreditatsiya sxemalari; IEC/ISO standartlariga mos keladigan milliy standartlarni ishlab chiqish va qabul qilish; quyosh energetikasi metrologlari uchun kadrlar tayyorlash va o‘qitish dasturlari; import qilinadigan quyosh uskunalarning sifatini nazorat qilish mexanizmlari; metrologik ta‘minotni qo‘llab-quvvatlovchi siyosat rag‘batlari va tartibga solish asoslari. Ushbu qiyosiy tadqiqot eng yaxshi amaliyotlar va olingan saboqlar uchun boy manba bo‘lib xizmat qildi, O‘zbekiston uchun kontekstga xos tavsiyalar uchun mustahkam asos yaratdi.

Ma‘lumotlarni tahlil qilish texnikalari yig‘ilgan ma‘lumotlardan ma‘no chiqarish va tadqiqot savollariga javob berish uchun qo‘llanildi. Adabiyotlar tahlili, hujjatlar tahlili va ekspertlar bilan maslahatlashuvlardan olingan sifatli ma‘lumotlar mavzuli tahlilga tortildi. Bu ma‘lumotlar ichidagi naqshlarni (mavzularni) aniqlash, tahlil qilish va hisobot berishni o‘z ichiga oladi. Dastlabki kodlash metrologik muammolar, mavjud imkoniyatlar, xalqaro standartlar va potentsial yechimlar bilan bog‘liq ma‘lumotlarni tasnifladi. Keyingi bosqichlarda ushbu kodlar "kalibrlash infratuzilmasining yetishmasligi", "ixtisoslashgan inson kapitalining yo‘qligi", "tartibga solishdagi bo‘shliqlar" va "xalqaro hamkorlik imkoniyatlari" kabi tadqiqot savollariga bevosita javob beradigan umumiy mavzularga aylantirildi. Rasmiy hujjatlar, hisobotlar va siyosat bayonotlari ma‘lum so‘zlar, tushunchalar yoki mavzularning mavjudligini tizimli ravishda miqdoriy baholash va talqin qilish uchun

mazmun tahliliga tortildi. Bu milliy energiya strategiyalarida metrologiyaga qanchalik e'tibor berilganligini baholashga va aniq siyosat ko'rsatmalarini yoki kamchiliklarini aniqlashga yordam berdi.

Tahlilning muhim komponenti bo'shliqlar tahlili bo'ldi. Bunda O'zbekistonda quyosh energetikasi uchun metrologik ta'minotning hozirgi holati (hujjatlar tahlili va ekspert xulosalari orqali aniqlangan) xalqaro eng yaxshi amaliyotlar va standartlar (adabiyotlar tahlili va qiyosiy tahlildan olingan) bilan tizimli ravishda solishtirildi. Bu O'zbekistonning metrologik infratuzilmasi, tartibga solish asoslari va inson resurslari xalqaro talablardan qaysi sohalarda ortda qolayotganini aniq belgilashga imkon berdi, shu bilan maqsadli tavsiyalar uchun asos yaratdi. Ma'lumotlarni tahlil qilishning yakuniy bosqichi barcha oldingi bosqichlardan olingan natijalarni sintez qilishni o'z ichiga oldi. Ushbu keng qamrovli sintez aniqlangan muammolarni, ularning asosiy sabablarini, xalqaro tajribadan olingan saboqlarni va O'zbekistonning o'ziga xos kontekstini birlashtirdi. Maqsad O'zbekistonda quyosh energetikasining barqaror rivojlanishi uchun metrologik ta'minotni yaxshilashga qaratilgan amaliy, bajarilishi mumkin bo'lgan va kontekstga mos keladigan tavsiyalar to'plamini ishlab chiqish edi. Ushbu tavsiyalar infratuzilmani rivojlantirish, kadrlar tayyorlash, tartibga solish islohotlari va xalqaro hamkorlik kabi jihatlarni qamrab oldi.

Tadqiqotning doirasi O'zbekistondagi quyosh fotovoltaiik (FV) energiya tizimlari kontekstida metrologik ta'minotga qaratilgan. U FV modullari, inverterlar, energiya saqlash tizimlari va tegishli tizim komponentlarining ishlashi, ishonchliligi va xavfsizligi bilan bog'liq o'lchov, kalibrlash va standartlashtirish jihatlarni o'z ichiga oladi. Geografik doira O'zbekiston Respublikasi bilan cheklangan bo'lib, xalqaro taqqoslashlar eng yaxshi amaliyotlar uchun ma'lumotnoma bo'lib xizmat qiladi. Tahlil asosan quyosh energetikasi loyihalarini, yirik elektr stansiyalaridan tortib, tarqalgan tom usti qurilmalarigacha, jadal joylashtirish va uzoq muddatli barqarorligini qo'llab-quvvatlash uchun metrologik infratuzilma va amaliyotlarni takomillashtirishdagi muammolar va imkoniyatlarga qaratilgan.

Tadqiqot bir qator cheklovlarni tan oladi. Birinchidan, O'zbekistonda quyosh energetikasi uchun metrologik infratuzilmaga oid yuqori darajada aniq, batafsil ma'lumotlarning mavjudligi cheklangan bo'lishi mumkin, bu esa kengroq metrologik hisobotlar va umumiy energiya sektori ma'lumotlariga tayanishni talab qiladi. Ikkinchidan, ekspertlar bilan maslahatlashuvlar tadqiqotga kiritilgan bo'lsada, bunday o'zaro aloqalarning chuqurligi va kengligi mavjudlik va vaqt cheklovlari bilan cheklanishi mumkin. Uchinchidan, quyosh FV texnologiyasi va metrologik standartlarning tez rivojlanayotgan tabiati shuni anglatadiki, topilmalar va tavsiyalar bilimlarning hozirgi holatiga asoslangan bo'lib, davriy yangilanishlarni talab qilishi mumkin. Nihoyat, tadqiqot asosan sifatli yondashuvni qo'llaydi va mustahkam bo'lsada, metrologik ishlash yoki iqtisodiy ta'sirlarning barcha miqdoriy

nuanslarini qamrab olmasligi mumkin, bu esa kelajakdagi tadqiqotlar uchun mavzu bo‘lishi mumkin. Ushbu tadqiqotda ilmiy halollik va ob‘ektivlik tamoyillariga qat’iy rioya qilingan. Barcha manbalar to‘g‘ri keltirilgan va havolalar bilan ta’minlangan. Ma’lumotlarni tahlil qilishda xolislikka e’tibor qaratilib, shaxsiy xulosalar o‘rniga faktlarga asoslangan dalillar ustuvor ahamiyatga ega bo‘lgan.

Xulosa

Ushbu tadqiqot O‘zbekistonda quyosh energetikasining jadal rivojlanishi sharoitida metrologik ta’minotning dolzarb muammolarini chuqur tahlil qildi. Aniqlanishicha, sohaning misli ko‘rilmagan o‘sishi, import qilinayotgan uskunalarning xilma-xilligi va bozorga yangi subyektlarning kirib kelishi mavjud metrologik infratuzilma uchun jiddiy chaqiriqlar tug‘dirmoqda. Xususan, quyosh energetikasi uchun ixtisoslashgan kalibrlash laboratoriyalarining yetishmasligi, zamonaviy o‘lchov uskunalari bilan ta’minlanmaganlik va malakali kadrlar tanqisligi tizim samaradorligi hamda ishonchliligini ta’minlashga to‘sqinlik qilmoqda. Bu holat nafaqat texnik muammolarga, balki iqtisodiy yo‘qotishlarga va iste’molchilar ishonchining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu bois, mamlakatning yas hil energiyaga o‘tish strategiyasini muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun metrologik salohiyatni oshirish, xalqaro standartlarni joriy etish va kadrlar tayyorlashga kompleks yondashuv zarur. Bu esa investitsiyalar xavfsizligini kafolatlab, quyosh energetikasining barqaror rivojlanishiga mustahkam zamin yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Mirzayev M.A., Abdulkarimov A.A., Mirzayev Sh.M. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari sohasida standartlashtirishning dolzarb masalalari. // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. – 2021. – № 2. – B. 12-18. – <https://cyberleninka.ru/article/n/qayta-tiklanuvchi-energiya-manbalari-sohasida-standardlashtirishning-dolzarb-masalalari/viewer>

[2] Xolmatov B.M., Xolmatov M.B. Energetika sohasida metrologik ta’minotni takomillashtirish yo‘llari. // Texnika fanlari. – 2022. – № 3. – B. 87-92. – https://uzjournals.edu.uz/t_fanlar/vol2022/iss3/15/

[3] Raximov R.X., Xudoyberdiyev A.T. O‘zbekistonda quyosh energetikasini rivojlantirishning texnik-iqtisodiy jihatlari. // Energetika muammolari. – 2023. – № 1. – B. 34-40. – <https://energetika.uz/uz/journals/2023-1/10>

[4] G‘aniyev A.G., Qurbonov J.J. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarida o‘lchash va nazorat tizimlarini takomillashtirish. // Xalqaro ilmiy-texnik jurnal "Energetika muammolari". – 2022. – № 4. – B. 56-62. – <https://energetika.uz/uz/journals/2022-4/10>

[5] To‘rayev A.S., Bobojonov A.A. Quyosh fotoelektr stansiyalarining samaradorligini oshirishda sifat nazoratining ahamiyati. // O‘zbekiston milliy universiteti xabarлари. – 2021. – № 3/1. – B. 145-150. – https://uzjournals.edu.uz/nuu_habar/vol2021/iss3_1/27/

[6] Ismoilov I.I., Xudoyberdiyev A.T. Elektr o‘lchashlarining metrologik ta‘minoti muammolari va yechimlari. // "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" ilmiy -texnik jurnal. – 2023. – № 1. – B. 78-83. – <https://uzjournals.edu.uz/tdtu/vol2023/iss1/13/>

[7] Abdullayev A.A., Qodirov A.Q. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari infratuzilmasini rivojlantirishda standartlar va texnik reglamentlarning o‘rni. // "Texnika fanlari" ilmiy jurnali. – 2022. – № 2. – B. 45-50. – https://uzjournals.edu.uz/t_fanlar/vol2022/iss2/8/

[8] Norqulov A.N. Quyosh fotoelektr stansiyalarining ish rejimlarini optimallashtirish va samaradorligini oshirish usullari. // Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. – Toshkent: TDTU, 2022. – 78 b. – http://library.tdtu.uz/files/dissertatsiya/avtoreferat/2022/norqulov_a.n._avtoreferat.pdf