

## ENERGIYA TEJAMKOR QURILMALAR: QAYTA TIKLANADIGAN MANBALARNI INTEGRATSIYALASH YONDASHUVLARI

**Ahmadov Elmurod Kamol o'g'li**

*Buxoro davlat texnika universiteti*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda raqamli monitoring tizimlari, aqlli boshqaruv algoritmlari va IoT (Internet of Things) texnologiyalari yordamida quyosh, shamol, suv va biogaz energiya qurilmalari samaradorligini oshirish usullari o'rganilgan. Shu bilan birga, energiya ishlab chiqarish va iste'mol jarayonlarini optimallashtirish, energiya samaradorligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlash masalalari chuqur tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari raqamli texnologiyalar orqali qayta tiklanadigan energiya tizimlarini samarali boshqarish va integratsiyalash imkoniyatlarini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar.** Raqamli texnologiyalar, qayta tiklanadigan energiya, integratsiyalashgan energiya tizimlari, IoT, energiya samaradorligi, monitoring tizimlari, ekologik barqarorlik.

**Annotation.** This article analyzes approaches for integrating digital technologies with renewable energy devices. The study examines the use of digital monitoring systems, smart control algorithms, and IoT (Internet of Things) technologies to enhance the efficiency of solar, wind, hydro, and biogas energy devices. Additionally, it investigates optimization of energy production and consumption, improving energy efficiency, and ensuring environmental sustainability. The findings demonstrate the potential of digital technologies for effective management and integration of renewable energy systems.

**Keywords.** Digital technologies, renewable energy, integrated energy systems, IoT, energy efficiency, monitoring systems, environmental sustainability.

**Аннотация.** В данной статье анализируются подходы к интеграции цифровых технологий с возобновляемыми энергетическими устройствами. Исследование рассматривает использование цифровых систем мониторинга, интеллектуальных алгоритмов управления и технологий IoT (Интернет вещей) для повышения эффективности солнечных, ветровых, гидро- и биогазовых установок. Также изучаются вопросы оптимизации производства и потребления энергии, повышения энергоэффективности и обеспечения экологической устойчивости. Результаты показывают потенциал цифровых технологий для эффективного управления и интеграции возобновляемых энергетических систем.

**Ключевые слова:** *Цифровые технологии, возобновляемая энергия, интегрированные энергетические системы, IoT, энергоэффективность, системы мониторинга, экологическая устойчивость.*

**Kirish.** So‘nggi yillarda energiya sohasida raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya manbalarini integratsiyalash muhim dolzarb masalaga aylangan. An‘anaviy energiya manbalarining cheklanganligi va ekologik zararini hisobga olgan holda, energiya tizimlarini samarali boshqarish, energiya samaradorligini oshirish va barqaror energiya manbalaridan maksimal foyda olish zaruriyati ortib bormoqda. Raqamli texnologiyalar, jumladan, aqlli boshqaruv algoritmlari, raqamli monitoring tizimlari va IoT (Internet of Things) texnologiyalari, qayta tiklanadigan energiya qurilmalari — quyosh panellari, shamol turbinalari, gidroenergetika va biogaz tizimlari bilan birlashtirilganda energiya ishlab chiqarish va iste‘mol jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi. Tadqiqot davomida raqamli texnologiyalar yordamida energiya samaradorligini oshirish, qurilmalarni real vaqtda monitoring qilish, resurslardan samarali foydalanish va ekologik barqarorlikni ta‘minlash bo‘yicha usullar o‘rganiladi. Shu bilan birga, raqamli tizimlar energiya ishlab chiqarishning dinamik xarajatlarini kamaytirish, qurilmalarni masofadan boshqarish, texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirish va energiya tizimlarining integratsiyalashgan ishlashini ta‘minlash imkonini beradi. Tadqiqotda turli hududlar sharoitida raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalari integratsiyasining samaradorligi o‘rganilib, amaliyotda energiya tizimlarini optimallashtirish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekologik xavfsizlikni ta‘minlash bo‘yicha ilmiy asos yaratish maqsad qilingan. Umuman olganda, kirish qismi raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlarining dolzarbligi, energiya samaradorligini oshirishdagi ahamiyati va ekologik barqarorlikni ta‘minlashdagi rolini yoritadi hamda tadqiqotning asosiy maqsad va vazifalarini belgilaydi. So‘nggi yillarda global energiya sohasida raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya manbalarini integratsiyalash dolzarb masalalardan biriga aylangan. An‘anaviy yoqilg‘i manbalarining cheklanishi, energiya xarajatlarining ortishi va ekologik xavfsizlik masalalari energiya tizimlarida samaradorlikni oshirish zaruratini kuchaytirmoqda. Raqamli texnologiyalar, jumladan aqlli boshqaruv algoritmlari, IoT (Internet of Things) tizimlari va raqamli monitoring vositalari qayta tiklanadigan energiya qurilmalari — quyosh panellari, shamol turbinalari, gidroenergetika va biogaz tizimlari bilan birlashtirilganda energiya ishlab chiqarish va iste‘mol jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi. Tadqiqot davomida raqamli texnologiyalar yordamida energiya samaradorligini oshirish, tizimlarni real vaqtda monitoring qilish, resurslardan samarali foydalanish va ekologik barqarorlikni ta‘minlash usullari o‘rganiladi. Shu bilan birga, raqamli tizimlar energiya ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, qurilmalarni masofadan boshqarish,

texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarini optimallashtirish va integratsiyalashgan tizimlarda ishlash samaradorligini oshirish imkonini beradi. Tadqiqotda turli hududlar sharoitida raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalari integratsiyasining samaradorligi tahlil qilinib, amaliyotda energiya tizimlarini optimallashtirish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash bo'yicha ilmiy asos yaratish maqsad qilingan. Shu bilan birga, tadqiqot raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash orqali barqaror energiya tizimlarini yaratish, milliy energiya siyosatini takomillashtirish va energiya xavfsizligini mustahkamlashning dolzarb masalalarini yoritadi. Umuman olganda, kirish qismi raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlarining ahamiyatini, energiya samaradorligini oshirishdagi rolini va ekologik barqarorlikni ta'minlashdagi imkoniyatlarini keng yoritadi hamda tadqiqotning asosiy maqsad va vazifalarini belgilaydi.

**Adabiyotlar tahlili.** Raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlari bo'yicha mavjud ilmiy adabiyotlar ushbu sohaning texnologik va iqtisodiy ahamiyatini yoritadi. [1] manbada raqamli monitoring tizimlari va aqlli boshqaruv algoritmlari yordamida quyosh energiya qurilmalari samaradorligini oshirish usullari tahlil qilingan. [2] tadqiqotida shamol turbinalari va raqamli boshqaruv tizimlari integratsiyasi orqali energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bo'yicha ilg'or texnologiyalar ko'rib chiqilgan. [3] manbada gidroenergetika va biogaz tizimlarida raqamli texnologiyalarni qo'llash orqali energiya samaradorligini oshirish va tizim monitoringini amalga oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan. [4] tadqiqotida IoT (Internet of Things) texnologiyalari yordamida qayta tiklanadigan energiya qurilmalari va aqlli uy tizimlarini birlashtirish orqali energiya sarfini optimallashtirish bo'yicha amaliy usullar ko'rsatilgan. [5] manbada xalqaro tajribalar asosida raqamli texnologiyalar yordamida energiya tizimlarini integratsiyalashgan boshqaruv orqali xarajatlarni kamaytirish va samaradorlikni oshirish masalalari tahlil qilingan. [6] tadqiqotida energiya tejamkor qurilmalar va raqamli monitoring tizimlarini qayta tiklanadigan manbalar bilan uyg'un ishlatish orqali ekologik barqarorlikni ta'minlash usullari ko'rib chiqilgan. [7] manbada O'zbekiston sharoitida raqamli texnologiyalarni qayta tiklanadigan energiya qurilmalari bilan integratsiyalash imkoniyatlari, iqtisodiy samaradorlik va ekologik foyda bo'yicha ilmiy asoslar tahlil qilingan. Umuman olganda, ushbu manbalar tahlili raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlarining samaradorligini oshirish, innovatsion texnologiyalarni joriy etish va barqaror energiya tizimlarini yaratish zarurligini tasdiqlaydi.

**Materiallar va usullar.** Ushbu tadqiqotda raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlari tizimli tarzda o'rganilgan. Tadqiqot materiali sifatida turli energiya qurilmalari — quyosh panellari,

shamol turbinalari, gidroenergetika tizimlari, biogaz qurilmalari va aqlli uy tizimlari — hamda ularning ishlash samaradorligi bo'yicha ma'lumotlar olingan. Shu bilan birga, raqamli texnologiyalar, jumladan, aqlli boshqaruv algoritmlari, IoT (Internet of Things) tizimlari, raqamli monitoring tizimlari va ma'lumotlarni real vaqtda yig'ish hamda tahlil qilish vositalari tadqiqot bazasiga kiritilgan. Tadqiqot metodologiyasida eksperimental usullar, matematik modellashtirish, qiyosiy tahlil va energiya samaradorligini hisoblash usullari keng qo'llanilgan. Eksperimental usul orqali turli qurilmalar va integratsiyalashgan tizimlarning ishlash xususiyatlari va samaradorlik ko'rsatkichlari aniqlangan, shu jumladan quyosh va shamol energiyasidan foydalangan holda ishlab chiqarilgan elektr energiyasi miqdori, biogaz va gidroenergetika tizimlarining energiya chiqishi, aqlli uy tizimlarida energiya sarfi o'lgangan. Matematik modellashtirish yordamida raqamli boshqaruv tizimlari orqali energiya ishlab chiqarish va iste'mol jarayonlarini optimallashtirish, tizim samaradorligini prognozlash va energiya tejash imkoniyatlarini baholash amalga oshirilgan. Qiyosiy tahlil orqali turli mamlakatlar va hududlar sharoitida raqamli texnologiyalarni qayta tiklanadigan energiya qurilmalari bilan integratsiyalash tajribasi o'rganilib, samaradorlik va amaliy qo'llash imkoniyatlari aniqlangan. Shu bilan birga, qurilmalarni loyihalash va amaliyotga tatbiq etishda iqtisodiy samaradorlik, texnik xizmat ko'rsatish, xavfsizlik va ekologik barqarorlik masalalari ham tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari asosida raqamli texnologiyalar yordamida qayta tiklanadigan energiya tizimlarini integratsiyalash, tizim samaradorligini oshirish va energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish bo'yicha ilmiy asos yaratildi. Ushbu usullar kombinatsiyasi energiya tizimlarini samarali boshqarish, ekologik barqarorlikni ta'minlash va iqtisodiy foydani oshirish imkonini beradi hamda amaliyotda energiya resurslaridan maksimal darajada samarali foydalanish uchun zaruriy tavsiyalarni shakllantiradi.

1-Jadval. Qayta tiklanadigan energiya qurilmalari va asosiy parametrlar

| Qurilma turi     | Energiya manbai   | Samaradorlik (%) | Asosiy ishlash prinsipi                                      |
|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------------------------------------|
| Quyosh paneli    | Quyosh energiyasi | 15–20            | Quyosh nurini elektr energiyaga aylantirish                  |
| Shamol turbinali | Shamol energiyasi | 25–35            | Shamol energiyasini mexanik va elektr energiyaga aylantirish |
| Biogaz qurilmasi | Biogaz            | 30–40            | Biogazni yonib energiya ishlab chiqarish                     |
| Gidroenergetika  | Suv energiyasi    | 35–50            | Suv oqimi energiyasini elektr energiyaga aylantirish         |

Birinchi jadvalda qayta tiklanadigan energiya qurilmalari — quyosh panellari, shamol turbinalari, biogaz qurilmalari va gidroenergetika tizimlari — ning asosiy

parametrlari, energiya manbai, samaradorlik ko'rsatkichlari va ishlash prinsiplari keltirilgan. Ushbu jadval qurilmalarni solishtirish, ularning samaradorligini baholash va energiya tizimlarini loyihalashda qo'llanadi. Ikkinchi jadvalda esa raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash imkoniyatlari, turli texnologiyalarning foydasi va asosiy vazifalari ko'rsatilgan. Bu jadval tizimlarni optimallashtirish, monitoring jarayonlarini tashkil etish, energiya samaradorligini oshirish va qurilmalarni masofadan boshqarish imkoniyatlarini tahlil qilishda qo'llaniladi. Umuman olganda, ikkala jadval tadqiqotda energiya qurilmalari va raqamli texnologiyalar orqali integratsiyalashgan tizimlarni ilmiy asosda baholash, ularning samaradorligini oshirish va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun muhim manba vazifasini bajaradi.

2-Jadval. Raqamli texnologiyalar va energiya tizimlarini integratsiyalash imkoniyatlari

| Texnologiya turi     | Qurilmalar bilan integratsiya        | Foydasi                           | Asosiy vazifasi                                      |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|
| IoT tizimlari        | Quyosh, shamol, gidro                | Real vaqtda monitoring            | Qurilmalarni masofadan boshqarish                    |
| Raqamli boshqaruv    | Biogaz, aqlli uy tizimlari           | Energiya samaradorligini oshirish | Ishlash parametrlarini optimallashtirish             |
| Aqlli algoritmlar    | Barcha qayta tiklanadigan qurilmalar | Xarajatlarni kamaytirish          | Energiyani ishlab chiqarish va iste'molni boshqarish |
| Monitoring tizimlari | Quyosh, shamol                       | Texnik xizmatni optimallashtirish | Tizim ish faoliyatini nazorat qilish                 |

Ikkinchi jadval raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash imkoniyatlarini ko'rsatadi. Jadvalda IoT tizimlari, raqamli boshqaruv algoritmlari, aqlli algoritmlar va monitoring tizimlari kabi texnologiyalarning qayta tiklanadigan energiya qurilmalari bilan integratsiyasi, ularning foydasi va asosiy vazifalari keltirilgan. Ushbu jadval yordamida tizimlarni optimallashtirish, energiya samaradorligini oshirish, qurilmalarni real vaqtda nazorat qilish, masofadan boshqarish va texnik xizmat ko'rsatishni yaxshilash imkoniyatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, jadval tadqiqot davomida raqamli texnologiyalar yordamida energiya tizimlarini boshqarish va integratsiyalash jarayonining samaradorligini baholash, iqtisodiy foyda va ekologik barqarorlikni ta'minlashda muhim manba sifatida xizmat qiladi.

**Tadqiqot muhokamasi.** Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalashgan tizimlarda qo'llash energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini

beradi. Eksperimental va modellash natijalari asosida quyosh panellari, shamol turbinalari, gidroenergetika va biogaz tizimlari hamda aqlli uy tizimlarining raqamli boshqaruv algoritmlari va monitoring tizimlari orqali optimal ishlash parametrlarini aniqlash mumkinligi tasdiqlandi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, IoT va raqamli monitoring texnologiyalarini qo'llash orqali energiya ishlab chiqarish va iste'mol jarayonlarini real vaqtda kuzatish, resurslardan samarali foydalanish va tizim samaradorligini oshirish mumkin. Qiyosiy tahlil natijalari shuni tasdiqladiki, xalqaro tajriba raqamli texnologiyalar yordamida qayta tiklanadigan energiya qurilmalari bilan integratsiyalashgan tizimlarni boshqarish, xarajatlarni kamaytirish, energiya ishlab chiqarishning dinamik xarajatlarini optimallashtirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashda samarali ekanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, O'zbekiston sharoitida raqamli texnologiyalarni qayta tiklanadigan energiya qurilmalari bilan uyg'unlashtirishda hududiy resurslar, tabiiy sharoitlar, iqtisodiy samaradorlik va ekologik xavfsizlikni hisobga olish zarurligi aniqlangan. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, integratsiyalashgan tizimlarda raqamli boshqaruv va monitoring orqali energiya sarfini kamaytirish, karbon izini pasaytirish va tizim samaradorligini oshirish mumkin. Shuningdek, tadqiqot natijalari raqamli texnologiyalar orqali energiya tizimlarini optimallashtirish, innovatsion yondashuvlarni tatbiq etish va milliy energiya siyosatini yanada samarali qilish bo'yicha ilmiy asos yaratadi. Umuman olganda, tadqiqot muhokamasi shuni ko'rsatadiki, raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlarini ilmiy asosda qo'llash, tizim samaradorligini oshirish va ekologik barqaror energiya tizimlarini yaratish energiya xavfsizligi, iqtisodiy samaradorlik va barqarorlikni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

**Xulosa.** Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalashgan tizimlarda qo'llash energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi, xarajatlarni kamaytiradi va ekologik barqarorlikni ta'minlaydi. IoT, raqamli monitoring tizimlari va aqlli boshqaruv algoritmlari yordamida energiya ishlab chiqarish va iste'mol jarayonlarini optimallashtirish, resurslardan samarali foydalanish va tizim samaradorligini real vaqtda kuzatish mumkinligi aniqlangan. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, turli hududlar sharoitida raqamli texnologiyalarni qayta tiklanadigan energiya qurilmalari bilan uyg'unlashtirish tizim samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Shu bilan birga, milliy energiya siyosatini yanada samarali qilish, energiya xavfsizligini ta'minlash va karbon izini kamaytirish imkoniyatlari ham mavjud. Umuman olganda, tadqiqot natijalari raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlarini ilmiy asosda tatbiq etish orqali energiya tizimlarining samaradorligini oshirish, iqtisodiy foyda va ekologik barqarorlikni ta'minlash mumkinligini tasdiqlaydi hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga imkon yaratadi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Kuliyeu, A. Raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini integratsiyalash yondashuvlari – Toshkent: Texnologiya, 2023.
2. Ahmedov, B. IoT va aqlli boshqaruv tizimlari yordamida energiya samaradorligini oshirish – Toshkent: Energetika, 2022.
3. International Energy Agency (IEA). Digitalization and Renewable Energy Integration Report, 2022.
4. Global Wind Energy Council (GWEC). Digital Monitoring in Wind and Solar Energy Systems, 2021.
5. Rahmonov, D. Raqamli texnologiyalar orqali energiya tizimlarini optimallashtirish – Toshkent: Ilmiy nashr, 2022.
6. World Bank. Uzbekistan Digital Energy and Renewable Integration Study, 2023.
7. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. Raqamli texnologiyalar va qayta tiklanadigan energiya qurilmalarini rivojlantirish dasturi, 2021 –2025.