ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

QUYOSH VA SHAMOL ENERGIYASIGA ASOSLANGAN GIBRID ENERGIYA TIZIMINING TEXNIK VA IQTISODIY SAMARADORLIGI

Dilshod Qodirov
TIQXMMI "Milliy tadqiqot universiteti" Texnika fanlari doktori, Professor
Rakhimjon Qobilov
TIQXMMI "Milliy tadqiqot universiteti" 2-kurs doktaranti
Aygera Yeskuatova
TIQXMMI "Milliy tadqiqot universiteti" 2-kurs magistrantni

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot Qoraqalpog'iston Respublikasi, Kungrad tumani 36-maktab misolida quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimini loyihalash hamda uning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholashga bag'ishlangan. Tadqiqotda maktabning 24,5 kVt o'rnatilgan yuklamasi va kunlik elektr energiyasi iste'moli asosida 23,2 kVt quvvatga ega bo'lgan 40 dona monokristalli quyosh panellari hamda Bergey exsel 5 kVt quvvatli shamol generatoridan iborat gibrid tizim konfiguratsiyasi taklif etildi.Fotoelektr modullarining ishlash jarayoni quyosh nurlanishi intensivligi, harorat koeffitsienti va modul samaradorligiga bog'liq holda matematik modellar yordamida tahlil qilindi. Shamol energiyasi salohiyati o'rtacha 4,5–5,5 m/s tezlik oralig'ida baholanib, shamol turbinasining ishlab chiqarish ko'rsatkichlari aniqlashtirildi. Hisob-kitoblarga ko'ra, taklif etilgan tizim maktabning elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojini qoplash bilan birga, energiya ta'minotining barqarorligini oshiradi va tarmoqdan qaramlikni kamaytiradi. Iqtisodiy tahlil natijalariga ko'ra, loyiha uchun umumiy kapital xarajat (CAPEX) 190 000 000 so'mni tashkil etadi. Investitsiya samaradorligi o'rnatilgan quvvat va ishlab chiqariladigan energiya hajmiga nisbatan baholandi hamda tizimning uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitida iqtisodiy va ekologik jihatdan maqsadga muvofiqligi asoslab berildi.
Olingan natijalar chekka hududlarda joylashgan ta'lim muassasalari va ijtimoiy obyektlar uchun qayta tiklanuvchi energiyaga asoslangan gibrid mikrogrid tizimlarini joriy etishda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo'lib, energiya xavfsizligi va ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Gibrid energiya tizimi; quyosh energiyasi; shamol energiyasi; monokristalli fotovoltaik panel; mikrogrid; energiya samaradorligi; iqtisodiy tahlil; ekologik barqarorlik.

Abstract. This study focuses on the design and techno-economic assessment of a hybrid renewable energy system based on solar and wind power, using School No. 36 in the Kungrad district of the Republic of Karakalpakstan as a case study. The proposed hybrid system configuration includes 40 monocrystalline solar panels with a total capacity of 23.2 kW and a Bergey Exsel 5 kW wind turbine, considering the school's installed load of 24.5 kW and its average daily electricity

consumption. The operation of the photovoltaic modules was analyzed using mathematical models accounting for solar irradiance, temperature coefficient, and panel efficiency. The wind energy potential was assessed at an average wind speed of 4.5–5.5 m/s, and the wind turbine output performance was estimated accordingly. Calculations showed that the proposed system can meet the school's electricity demand, enhance supply reliability, and reduce dependence on the centralized grid. Economic analysis indicated that the total capital expenditure (CAPEX) of the project is 190,000,000 UZS. Investment efficiency was evaluated based on installed capacity and expected energy production, confirming the system's economic and environmental feasibility in the long term. The results provide practical insights for implementing hybrid microgrid systems based on renewable energy sources in remote areas, ensuring reliable energy supply and promoting environmental sustainability.

Keywords: Hybrid energy system; solar energy; wind energy; monocrystalline photovoltaic panel; microgrid; energy generation; economic analysis; ecological culture.

Аннотация. Данное исследование посвящено проектированию гибридной энергосистемы на основе солнечной и ветровой энергии и оценке её технико-экономической эффективности на примере школы №36 в Республике Каракалпакстан, район Кунград. В исследовании предложена конфигурация гибридной системы, включающая 40 монокристаллических солнечных панелей общей мощностью 23,2 кВт и ветрогенератор мощностью Бергеи Excel 5 кВт, с учётом установленной нагрузки школы 24,5 кВт и её среднесуточного потребления электроэнергии. Работа фотогальванических модулей анализировалась с использованием математических моделей, учитывающих интенсивность солнечного излучения, температурный коэффициент и эффективность панелей. Потенциал ветровой энергии оценен при средней скорости ветра 4,5–5,5 м/с, а показатели выработки ветрового генератора определены на основе этих данных. Расчёты показали, что предложенная система способна покрыть потребность школы в электроэнергии, повысить стабильность энергоснабжения и снизить зависимость от централизованной сети. Экономический анализ показал, что капитальные затраты (CAPEX) проекта составляют 190 000 000 сумов. Эффективность инвестиций оценивалась с учётом установленной мощности и объёма вырабатываемой энергии, что подтверждает экономическую и экологическую целесообразность системы в долгосрочной перспективе. Полученные результаты имеют практическое значение для внедрения гибридных микро-грид систем на базе

ISSN 3030-3907

возобновляемых источников энергии в удалённых районах, обеспечивая надёжность энергоснабжения и экологическую устойчивость

Ключевые слова: Гибридная энергетическая система; солнечная энергия; энергия ветра; монокристаллическая фотоэлектрическая панель; микросеть; производство энергии; экономический анализ; экологическая культура.

KIRISH.

So‘nggi o‘n yillikda global energetika tizimi jadal o‘zgarishlarni boshdan kechirmoqda. Urbanizatsiya jarayonlarining tezlashuvi, aholi sonining ortishi hamda sanoat va ijtimoiy sohalarning rivojlanishi natijasida elektr energiyasiga bo‘lgan talab shahar va qishloq hududlarida izchil ravishda oshib bormoqda. Biroq qazilma yoqilg‘ilarga asoslangan an’anaviy energiya ishlab chiqarish ekologik muammolarni kuchaytirib, ayniqsa karbonat angidrid (CO_2) va boshqa zararli gazlarning atmosferaga chiqarilishi orqali iqlim o‘zgarishi jarayonini tezlashtirmoqda. Shu munosabat bilan quyosh, shamol, gidro va biogaz kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish zamonaviy energetika siyosatining ustuvor yo‘nalishiga aylandi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid energiya tizimlari mazkur muammolarga samarali yechim sifatida qaralmoqda. Gibrid tizimlar bir nechta energiya manbalarini yagona tizimda birlashtirib, energiya ta’minotining uzluksizligi va ishonchliligini oshiradi hamda umumiy samaradorlikni yaxshilaydi. Masalan, quyosh fotoelektr panellari asosan kunduzgi vaqtda yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa, shamol turbinalari shamol tezligiga bog‘liq holda elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Ushbu manbalarni integratsiyalash energiya ishlab chiqarishdagi o‘zgaruvchanlikni kamaytiradi, ortiqcha yoki yetishmayotgan energiya miqdorini minimallashtiradi.

Energiya saqlash qurilmalari bilan birgalikda ishlaydigan gibrid tizimlar deyarli uzluksiz energiya ta’minotini ta’minlash imkonini beradi. Bu, ayniqsa, markazlashgan elektr tarmoqlaridan uzoqda joylashgan, chekka va izolyatsiyalangan hududlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Tarixiy jihatdan insoniyat quyosh, shamol va suv kabi tabiiy energiya manbalaridan foydalanib kelgan bo‘lsa-da, zamonaviy texnologiyalar ushbu resurslardan samarali va barqaror foydalanish imkonini bermoqda.

Bugungi kunda mamlakatimizda ham noan’anaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada ortib bormoqda. Xorijiy davlatlar va xalqaro moliya institutlari tomonidan qayta tiklanuvchi energiya asosidagi energiya obyektlarini qurishga qaratilgan investitsiyalar amalga oshirilmoqda. Bunday loyihalarni muvaffaqiyatli amalga oshirish ilmiy-tadqiqot ishlari, loyihalash, qurilish, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatish

ISSN 3030-3907

jarayonlarini kompleks tarzda olib borishni talab etadi hamda yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlash zaruratini yuzaga keltiradi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid mikrogrid tizimlarining optimal konfiguratsiyasini aniqlash tizim samaradorligini oshirish, energiya ta’minotining barqarorligini ta’minlash va iqtisodiy jihatdan maqbul yechimlarni tanlashga qaratilgan muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Ushbu jarayonda Quantitative Energy Management (RES) yondashuvi energiya manbalarini samarali boshqarish, resurslarni optimal taqsimlash hamda energiya ishlab chiqarish va iste’mol o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlash imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasida joylashgan 36-maktab misolida quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimining ishlash samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi soatlik va kunlik elektr energiyasi ishlab chiqarish profillarini aniqlash, ularni iste’mol yuklamasi bilan mosligini baholash hamda tizimning texnik, iqtisodiy va ekologik samaradorligini aniqlashdan iborat. Tadqiqot jarayonida uskunalarni tanlash, eksperimental baholash, samaradorlik tahlili va optimallashtirish ishlari amalga oshiriladi. Olingan natijalar chekka va tarmoqdan uzilgan hududlar uchun ishonchli, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali energiya ta’minoti yechimlarini ishlab chiqishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

METODOLOGIYA. Quyosh energiyasi eng istiqbolli qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, uni o‘zlashtirishda fotoelektrik (PV) tizimlar muhim o‘rin tutadi. PV tizimlarning ishlash samaradorligi va energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari ilmiy adabiyotlarda keng o‘rganilgan. PV panellar ishlab chiqaradigan energiya miqdori bir qator omillarga bog‘liq bo‘lib, ularga panellarning joylashish zichligi, o‘simliklar yoki yaqin binolar sababli yuzaga keladigan soyalanish holatlari, shuningdek texnik xizmat ko‘rsatish darajasi, xususan, panellar yuzasida chang to‘planishi kiradi.

Bundan tashqari, PV panel chiqish quvvati unga tushadigan quyosh nurlanishi miqdoriga ham bevosita bog‘liq. Ushbu nurlanish darajasi mahalliy iqlim sharoiti, o‘rnatish usuli va modul turi kabi omillar bilan belgilanadi. Alohida fotoelektrik elementlar talab etiladigan chiqish kuchlanishini ta’minlash maqsadida ketma-ket ulanib, PV zanjiri (string) hosil qiladi. Aksincha, bir nechta zanjirlar parallel ulanib, chiqish tokini oshiradi.

Natijada, to‘liq fotoelektrik panel yoki modul shakllanadi va uning chiqish quvvati chiqish kuchlanishi va tok qiymatlarining ko‘paytmasi orqali aniqlanadi. PV tizimining energiya ishlab chiqarish hajmini baholashda uning nominal quvvati, real quyosh nurlanishi darajasi va atrof-muhit harorati hisobga olinadi.

$$P_{pv(t)} = P_{ref} \cdot G_{(t)} \cdot G_{ref} \cdot [1 \cdot \alpha_t (T_{c(t)} - T_{cref})] \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda $P_{pv}(t)$ — t vaqt momentidagi fotoelektrik (PV) modulning chiqish quvvati bo‘lib, vattlarda (W) ifodalanadi;

P_{ref} — standart sinov sharoitlarida (STC) aniqlangan PV modulning nominal (pasport) quvvati, vattlarda (W);

$G(t)$ — PV panellarining qiya (egilgan) sirtiga tushayotgan real quyosh nurlanishi bo‘lib, vatt/metr kvadrat (W/m²) da o‘lchanadi;

G_{ref} — standart quyosh nurlanishi qiymati bo‘lib, odatda 1000 W/m² ga teng;

T_{ref} — standart sinov sharoitidagi harorat bo‘lib, odatda 25 °C ni tashkil etadi;

α_t — PV modulning harorat koeffitsienti bo‘lib, monokristalli va polikristalli kremniy (Si) asosidagi quyosh elementlari uchun odatda $-3.7 \cdot 10^{-3}$ (1/°C) atrofida bo‘ladi;

T_{amb} — atrof-muhit (ambiyent) harorati bo‘lib, daraja Selsiy (°C) da ifodalanadi.

$$T_{c(t)} = T_{amb(t)} + 0.0256 \cdot G_{(t)} \quad (2)$$

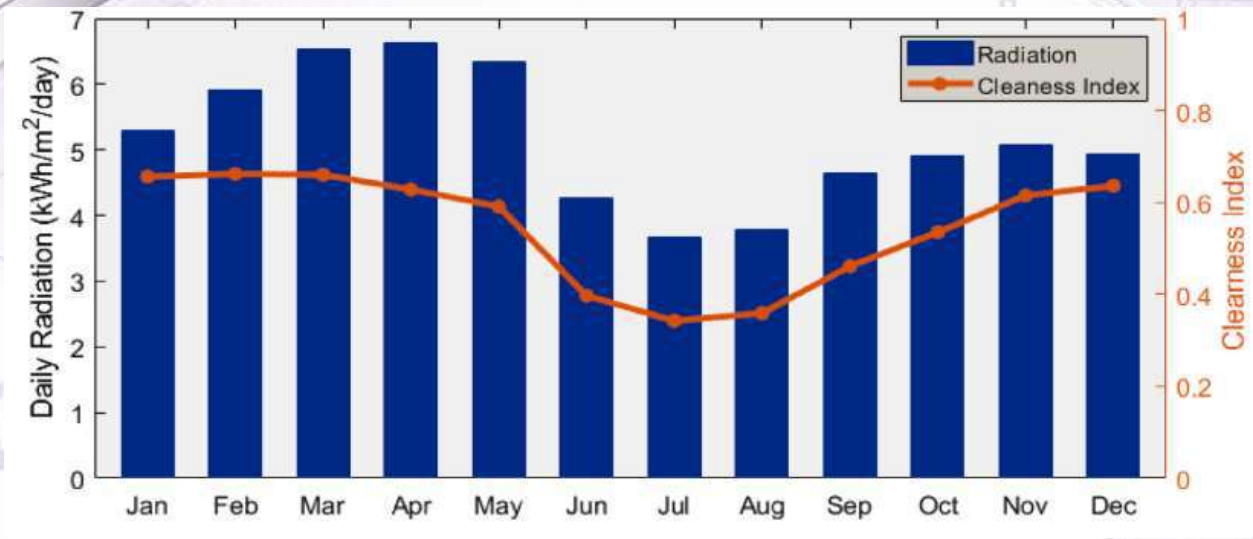
Hozirgi kunda toza va barqaror energiyaga bo‘lgan global e’tibor uning ko‘plab ekologik afzalliklari sababli jadal sur’atlarda ortib bormoqda [2]. Xususan, shamol va quyosh energiyasi energiya bozorini dekarbonizatsiya qilishda muhim rol o‘ynaydi. Biroq ushbu energiya manbalarining hududlar bo‘yicha notekis taqsimlanganligi sababli shamol va quyosh elektr stansiyalari uchun eng maqbul joylarni aniqlash murakkab vazifa hisoblanadi.

So‘nggi yillarda gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimlari elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojni qondirishning eng maqbul yechimi sifatida shakllanmoqda, ayniqsa elektr tarmog‘ini kengaytirish qiyin bo‘lgan va ekologik masalalar muhim ahamiyat kasb etadigan hududlarda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi Indoneziyaning Sharqiy Yava hududi uchun mos keladigan standart komponentlarning eng samarali kombinatsiyasini aniqlashdan iborat. Shu maqsadda to‘rtta fotoelektrik (PV) panel modeli, to‘rtta shamol turbina varianti va ikkita akkumulyator turi tanlab olindi hamda HOMER dasturi yordamida tizimning barcha mumkin bo‘lgan konfiguratsiyalari 32 ta ssenariy (Sen) bo‘yicha modellashtirildi.

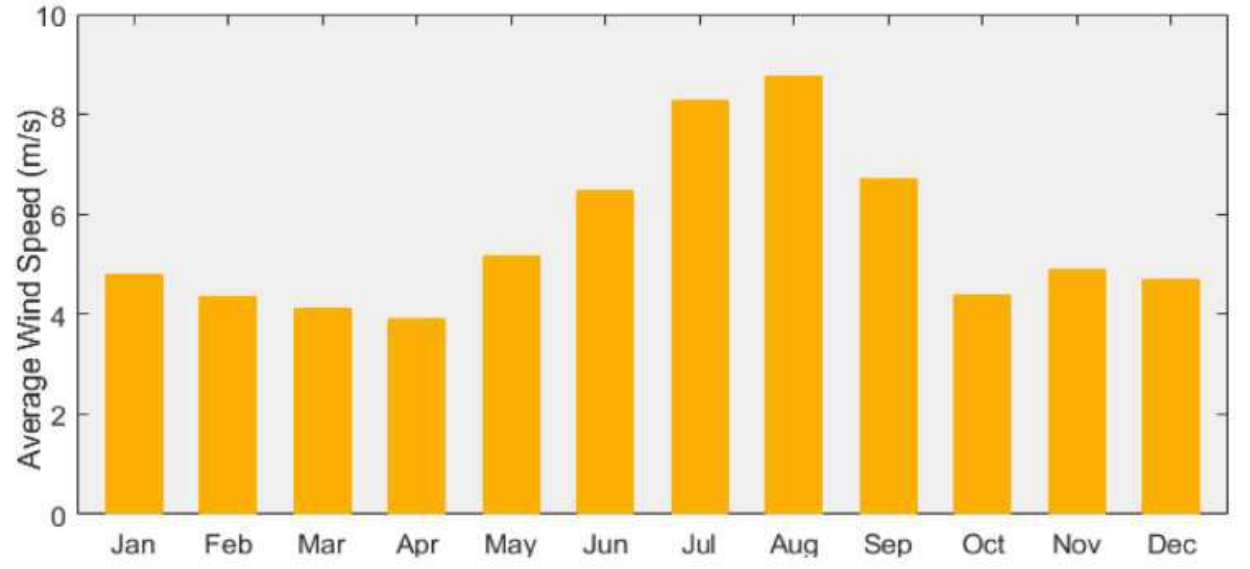
Mazkur bo‘limda avvalo tadqiqot olib borilgan hudud, yuklama (iste’mol) ko‘rsatkichlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalari haqida ma’lumot beriladi. So‘ngra tizim komponentlarining — shamol turbinalari, PV panellar, akkumulyatorlar va generatorlarning — texnik xususiyatlari muhokama qilinadi. Keyin taklif etilgan ssenariylar keltiriladi va yakunida MCDM (ko‘p mezonli qaror qabul qilish) usuli hamda uning muqobil variantlari va mezonlari tahlil qilinadi.

ISSN 3030-3907



1-Rasm Oylik quyosh radiatsiyasi darajasi [2].

21.47'N, 80 ° 08'00.15'E da joylashgan sinov maydoni uchun NREL ma'lumotlar bazasi 15 metr balandlikdagi anemometr uyasi balandligida o‘lchangan shamol manbalari ma'lumotlaridan foydalangan holda tuzilgan [4]. Ma'lumotlar yuqoridagi 2-rasmda ko‘rsatilganidek, o‘rtacha shamol tezligi 5,51 m / s ni ko‘rsatadi.



2-rasm Shamol tezligi [3].

Ushbu tadqiqot Iroqning Diyala universiteti Muhandislik kolleji dekanat binosini elektr energiyasi bilan ta’minlash uchun tarmoqqa ulangan (on-grid) gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimining (HRES) texnik-iqtisodiy jihatdan samarali ekanligini tasdiqladi [5].

Iroqning Diyala hududida joylashgan universitet binosi misolida olib borilgan amaliy tadqiqot elektr ta’minotini yuqori darajadagi barqarorlik asosida ta’minlash uchun elektr tarmog‘i bilan integratsiyalashgan HRES majmuasining texnologik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini aniqlashga qaratilgan [6].

ISSN 3030-3907

Quyidagi bo‘limlarda HRES tizimining optimal konfiguratsiyasini aniqlash jarayoni batafsil bayon etiladi. HRES tahlili natijasida t vaqt momentida ishlab chiqarilgan elektr energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{HRES,(t)} = P_{pv,t} + P_{WT,t} + P_{BT,t} + P_{grid,t} \quad (3)$$

Gibrid energiya tizimida birlamchi energiya manbalari sifatida fotoelektr panellar (PV) va shamol turbinalari qo‘llaniladi. Quyoshli kunning soatlari davomida PV modullar maksimal quvvatda ishlaydi. Shamol tezligi yetarli bo‘lgan hollarda esa shamol turbinalari qo‘shimcha elektr energiyasi ishlab chiqaradi. PV panellar va shamol turbinalari tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi, avvalo iste’molchi yuklamasini qondirishga yo‘naltiriladi.

36-maktabning umumiy elektr quvvati 24,5 kW ni tashkil etadi. Maktabning kuniga o‘rtacha 8 soat faoliyat yuritishini hisobga olsak, uning sutkalik elektr energiyasi iste’moli quyidagicha aniqlanadi.

Obyekt tavsifi (36-maktab)

Turi: Ayrim fanlar chuqurlashtirib o‘qitiladigan (ixtisoslashtirilgan) umumta’lim maktabi.

Tom yopma maydoni: 100 m × 60 m = 6000 m²

Xonalar: Sinf xonalari, ma’muriy xonalar, laboratoriyalar, sport zali va oshxona (standart maktab konfiguratsiyasi)

Quyosh panellari uchun amaliy maydon: tom maydonining taxminan 70 % → 4200 m².Standart quyosh paneli maydoni: 1,7 m².Rejalashtirilgan o‘rnatiladigan panellar soni: 40 dona

Monokristalli quyosh panellari yagona kristall quyma (ingot)dan kesib olingan yupqa quyosh elementlaridan tayyorlanadi. Har bir element bitta kristalldan ishlab chiqarilganligi sababli ular “mono” (yagona) kristalli deb ataladi. Ushbu turdagi panellar yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, cheklangan maydonda ko‘proq elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi [7].

1-Jadval

Monokristalli panellarning xarakteristikalari

Parametr	Qiymati
Model	Jinko Tiger Neo 580W
Nominal quvvat	580 W
Maksimal quvvat kuchlanishi	~43,3 V
Maksimal quvvat oqimi	~13,38 A
Ochiq zanjir kuchlanishi	~52,3 V
Qisqa tutashuv toki	~14,0 A
Modul samaradorligi	~22,4 %

ISSN 3030-3907

Element turi	N-turdagi monokristalli, 144 ta element
O‘lchamlari	2278 × 1134 × 35 mm
Og‘irligi	~27 kg
Ishlash harorati oralig‘i	−40 °C dan +70 °C gacha
Maksimal tizim kuchlanishi	1500 V (IEC)
Quvvat toleransiyasi	0 ~ +3 %

Ushbu N-turdagi monokristalli quyosh panellari yuqori samaradorlikka ega bo‘lib (~21–22 %) Qoraqalpog‘iston hududiga xos bo‘lgan keskin harorat sharoitlarida ishonchli ishlash uchun mo‘ljallangan. Panellarning ish harorati oralig‘i −40 °C dan +70 °C gacha bo‘lib, bu ularning ekstremal iqlim sharoitlarida barqaror ishlashini ta’minlaydi (1-jadval).Quyosh panellari yil davomida quyosh nurlanishi intensivligi, mavsumiy o‘zgarishlar hamda ob-havo sharoitlariga bog‘liq holda elektr energiyasi ishlab chiqaradi [8].

40 dona quyosh panelidan iborat tizimning umumiy o‘rnatilgan quvvati taxminan 34–35 kWp ni tashkil etadi va bu maktabning elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojining sezilarli qismini qoplash imkonini beradi. Quyosh panellarining uzoq muddatli ishonchliligi ishlab chiqaruvchi tomonidan taqdim etilgan 12 yillik mahsulot kafolati hamda 30 yillik chiziqli energiya ishlab chiqarish kafolati bilan tasdiqlanadi.Mazkur ma’lumotlar tizimning yillik energiya ishlab chiqarish salohiyatini, mavsumiy ishlash samaradorligini va maktab uchun barqaror energiya ta’minotiga qo‘shadigan hissasini kompleks tahlil qilish imkonini beradi. Shuningdek, ushbu natijalar quyosh va shamol energiyasini birlashtirgan gibrid tizimlar bilan solishtirish orqali Qoraqalpog‘iston kabi qurg‘oqchil hududlarda optimal energiya boshqaruvi strategiyalarini aniqlash uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [9]. Tizim **Fixed Tilted Plane (qotirilgan qiyalikli tekislik)** turida tanlangan. Hisob-kitoblarga ko‘ra, quyosh panellarining optimal qiyalik burchagi **36°**, azimut burchagi esa **16° (g‘arb tomonga og‘ish)** etib belgilangan. Ushbu qiymatlar hududning geografik kengligiga mos ravishda yillik quyosh nurlanishini maksimal darajada qabul qilish maqsadida aniqlangan.

Pastki qismdagi grafiklarda yillik nurlanish hosildorligining qiyalik va yo‘nalishga bog‘liqligi tasvirlangan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, 36° qiyalikda tizim maksimal samaradorlikka yaqin ishlaydi. Yo‘nalish bo‘yicha esa janubga yaqin, biroz g‘arb tomonga og‘ish optimal natija beradi (3-rasm).

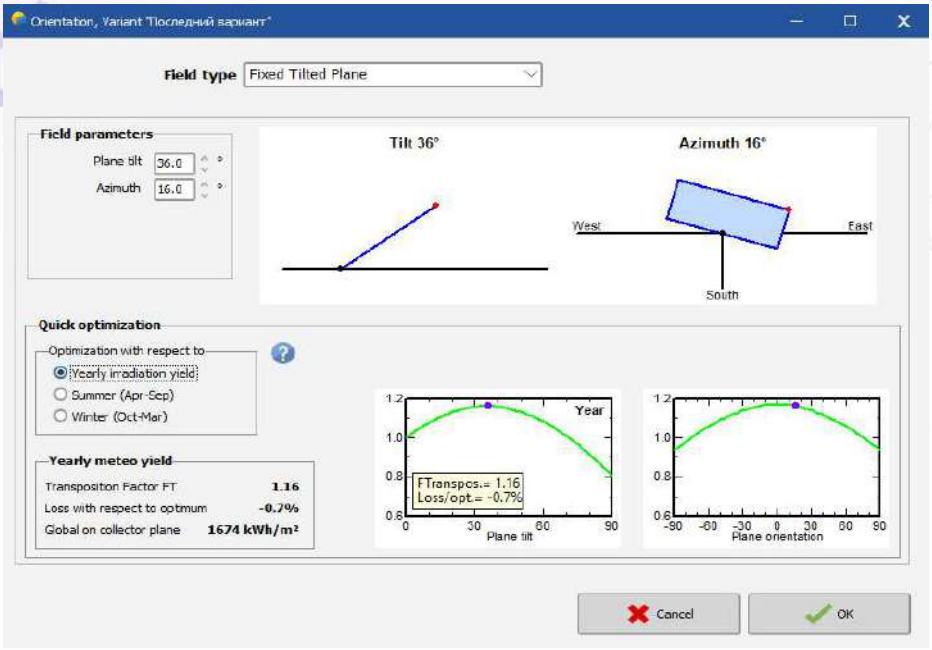
Hisoblangan ko‘rsatkichlar quyidagicha:

Transpozitsiya koeffitsienti (ET): 1.16

Optimal qiymatdan yo‘qotish: –0.7%

ISSN 3030-3907

Kollektor tekisligiga tushuvchi global nurlanish: 1674 kWh/m²



3-rasm. Jinko Tiger Neo 580W 40 panellarni joylashtirish

Maktab tom maydoni yil davomida quyosh nurlanishiga to‘siqsiz ochiq bo‘lib, bu fotoelektr tizimning barqaror va samarali ishlashini ta’minlaydi. Panellarning joylashuvi va qiyalik burchagi hududning geografik sharoitlarini inobatga olgan holda optimallashtirilgan bo‘lib, yillik elektr energiyasi ishlab chiqarishni maksimal darajada oshirishga xizmat qiladi. Ushbu joylashtirish soyalanishni minimallashtiradi, tabiiy shamollanishni yaxshilaydi hamda issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirib, tizimning umumiy samaradorligini oshiradi.

Fotoelektr panellar massivi maktab binosining tekis tom qismiga o‘rnatilgan bo‘lib, mavjud foydali maydon to‘liq darajada ishlatilgan holda quyosh energiyasini maksimal darajada yig‘ish imkoniyati yaratilgan. Modullar janub tomonga yo‘naltirilgan (azimut ≈ 180°), bu esa Qoraqalpog‘iston hududining geografik sharoitlari uchun eng maqbul yo‘nalish hisoblanadi. Hududiy quyosh geometriyasiga asoslanib 20–25° oralig‘idagi doimiy qiyalik burchagi tanlangan bo‘lib, bu modul yuzasiga tushuvchi yillik quyosh nurlanishini oshirish bilan birga mavsumiy soyalanish ta’sirini kamaytiradi [10]. O‘rnatish konstruksiyasi korroziyaga chidamli materiallardan tayyorlangan bo‘lib, Qoraqalpog‘iston cho‘l hududiga xos bo‘lgan yuqori yozgi haroratlar va vaqti-vaqti bilan kuzatiladigan kuchli shamol yuklamalarida mexanik barqarorlikni ta’minlaydi. Issiqlik boshqaruvi panellar ostida tabiiy konveksiya hisobiga amalga oshiriladi, bu esa quyosh elementlarining ish haroratini samarali diapazonda ushlab turib, tizimning umumiy ishlash samaradorligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

2-Jadval

Quyosh panel quvvati

Hisoblash	Natija
Umumiy quvvat:	580 W × 40 = 23,200 W = 23.2 kW
Umumiy og‘irlik:	27 kg × 40 = 1080 kg
Umumiy maydon:	2.278 m × 1.134 m = 2.58 m² × 40 = 103.2 m²

40 dona Jinko Tiger Neo 580W fotovoltaik moduldan qurilgan quyosh energiyasi tizimining texnik xususiyatlarini to‘liq yoritib beradi. Umumiy o‘rnatilgan quvvati 23,2 kVt bo‘lgan ushbu konfiguratsiya maktablar, tijorat binolari, fermer xo‘jaliklari, uzoq hududlardagi obyektlar va o‘rta o‘lchamdagi turar-joy tizimlari uchun yuqori darajada energiya ishlab chiqarishni ta’minlay oladi.O‘rnatish uchun kerak bo‘lgan umumiy maydon taxminan 103 m² ni tashkil etad. Shuningdek, tizimning umumiy og‘irligi 1080 kg ni tashkil qiladi, shuning uchun xavfsizlik va uzoq muddatli ishlashni ta’minlash uchun mos yuk ko‘tarish tahlili o‘tkazilishi muhimdir.Tiger Neo seriyasi yuqori samarali N-tipli monokristalli hujayralardan foydalanganligi sababli, energiya aylanishi yuqori, degradatsiya darajasi past va yuqori haroratli muhitlarda ishlash samaradorligi yaxshiroqdir. Bu esa 23,2 kVt tizimni kuchli quyosh nuri va o‘zgaruvchan iqlim sharoitlariga ega hududlar uchun ishonchli va bardoshli tanlovga aylantiradi [11].

Ushbu umumiy xususiyatlar tizimning maydon talablarini, struktura bo‘yicha hisob-kitoblarni, o‘rnatish rejalarini va kutilayotgan ishlash samaradorligini aniqlashga yordam beradi. Bunday ma’lumotlar optimal va uzoq muddatli quyosh energiyasi yechimini loyihalashda muhim ahamiyatga ega.

$$P_{pv} = G \cdot A_{pv} \cdot \eta_{pv} \qquad (5)$$

P_{pv} -PV panel quvvati (Watt, W), G — quyosh nurlanishi (irradiance, W/m²), A_{pv} — panel yuzasi (m²), η_{pv} — panel samaradorligi (%)

Tizim samaradorligini hisoblash;

$$P_{pvreal}=P_{pv} \cdot F_d \qquad (6)$$

F_d -tizim samaradorligini kamaytiruvchi omil (0.75–0.9 odatda)

Shamol elektr stantsiyasi – bu shamol energiyasini kinetik (mexanik) energiyadan elektr energiyasiga aylantiradigan energiya ishlab chiqarish tizimidir. Shamol turbinasida ishlab chiqarilgan energiya iste’molchilarga tarmoq orqali yetkaziladi yoki batareyalarda saqlanadi.

Shamol elektr stantsiyalari ikki asosiy turdagi turbinalardan foydalanadi: Rotor shamol yo‘nalishi bilan parallel ravishda joylashtirilgan. U yuqori samaradorlikka ega va katta quvvat tizimlari uchun mos keladi. Shu bilan birga, katta o‘rnatish maydonini talab qiladi.Kungratdagi maktab uchun, bu hududda

ISSN 3030-3907

o‘rtacha shamol tezligi nisbatan past bo‘lib 4,5 m/s oralig‘ida ekanligi inobatga olinsa, kichik o‘lchamdagi shamol energiyasi tizimini strategik tarzda joriy etish texnik jihatdan mumkin va ekologik jihatdan foydalidir.Past shamol tezligi sharoitida modeli bo‘lgan bitta gorizontal o‘qli shamol turbinasini o‘rnatish ilmiy jihatdan tavsiya etiladi. Ushbu konfiguratsiya energiya hosil qilishni optimallashtirish bilan birga, maktab hududida struktura xavfsizligi va maydon jihatidan amaliylikni ta’minlaydi.

Shamol generatori 5 kVt turbina taxminan 2,5 m/s shamol tezligida elektr energiyasini ishlab chiqarishni boshlay oladi, bu esa minimal shamol sharoitida ham ishlashni kafolatlaydi. Joriy shamol tezligiga qarab, bitta turbina oyiga taxminan 366–732 kVt·soat energiya hosil qilishi mumkin.

Ushbu konfiguratsiya nafaqat maktabning energiya ehtiyojlarini yuqori ishonchlilik bilan qondiradi, balki fotovoltaik quyosh panellari kabi boshqa energiya manbalarini o‘z ichiga olgan kengroq gibrid tizimga barqaror qo‘shimcha hissani ta’minlaydi. Bitta turbina ishlatilishi energiya ishlab chiqarishni taqsimlash imkonini beradi, bitta birlikka bog‘liqlikni kamaytiradi va tizimning umumiy chidamliligini oshiradi.

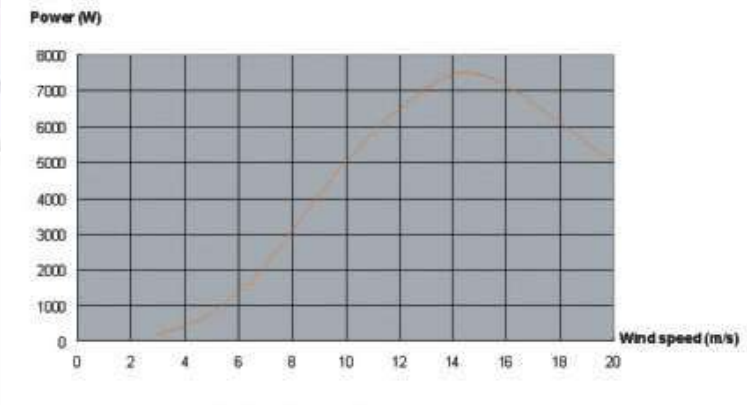
Shuningdek, muhandislik va operatsion nuqtai nazardan, taklif etilgan o‘rnatish har bir turbinaning xavfsiz mexanik chegaralarda ishlashini ta’minlaydi, struktura stressini va texnik xizmat ko‘rsatish ehtiyojlarini minimallashtiradi.

Shamol generatori 5 kVt gorizontal o‘qli shamol turbinasini o‘rnatish – maktabning energiya aralashmasiga qayta tiklanuvchi shamol energiyasini integratsiya qilishda ilmiy asosli, iqtisodiy jihatdan oqilona va texnik jihatdan amalga oshiriladigan yondashuvdir. Ushbu konfiguratsiya energiya hosil qilishni maksimal darajaga chiqaradi, ekologik barqarorlikni qo‘llab-quvvatlaydi va operatsion xavfsizlikni ta’minlaydi, shu bilan maktabning oyiga energiya iste’molini qondira oladigan gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimi uchun ishonchli asos yaratadi.

Hududning shamol energiyasi potensiali – bu ma’lum balandlikdagi shamol oqimining umumiy energiyasi bilan belgilanadi. Shamol energiyasi potensialini baholash jarayoni shamol ma’lumotlarini foydalanish mumkin bo‘lgan ko‘rsatkichlarga aylantirishni o‘z ichiga oladi. Bu barcha o‘lchangan parametrlarni mustaqil va stasionar deb hisoblash imkonini beradi.

$$V_{o‘rt} = \frac{\sum V_i}{n} = \frac{4.7+4.2+4.6+4.5}{4} = \frac{18}{4} = 4.5 \text{ m/s} \qquad (7)$$

ISSN 3030-3907



4-rasm. Shamol turbinasi quvvat grafigi

Shamol energiyasi shamol tezligining kubik funksiyasiga bog‘liq. Shuning uchun, shamol tezligidagi kichik o‘zgarishlar ham ishlab chiqariladigan quvvatga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shamol tezligi ikki baravar oshsa, ishlab chiqariladigan quvvat bir necha barobar ortadi. Shu sababli, shamoldagi hatto ozgina o‘zgarishlarga ham e’tibor berish zarur, chunki ular shamol turbinasining samaradorligiga katta ta’sir ko‘rsatishi mumkin.Turbina yerga o‘rnatilganda, yerning xususiyatlari ham hisobga olinishi lozim. Bo‘sh qumli tuproq yoki turli xil, o‘zgaruvchan iqlim sharoitida osongina o‘zgaradigan tuproqlar, turbina poydevorini mustahkamlash choralarini talab qiladi, masalan, ustunlar (pilalar) qo‘llash. Buning sababi shundaki, ish vaqtida shamol turbinasida sezilarli tebranishlar va uning tayanch elementlarining harakati yuz beradi.

O‘rnatish joyini tanlayotganda, shamol generatori bilan qo‘shimcha elektr uskunalari orasidagi masofani hisobga olish kerak. Masofa qancha qisqa bo‘lsa, kabel uzunligi ham shuncha qisqa bo‘ladi va uzatishda energiya yo‘qotilishi kamayadi. Agar masofa katta bo‘lsa, uzatishda kabelning kesimi kattaroq bo‘lishi ma’qul.Shamol generatorini o‘rnatish malakali xodimlar tomonidan amalga oshirilishi, ish davomida barcha zarur talablar va xavfsizlik qoidalariga qat’iy rioya qilinishi shart.5 kVt gorizontal shamol generatori maktab hududiga o‘rnatilganda, uning minorasi poydevorida taxminan 2,7 m² maydonni egallaydi. Bundan tashqari, minoraning 30° burchak ostida o‘rnatilishini va barqarorligini hisobga olsak, egallangan umumiy maydon taxminan 194 m²ni tashkil qiladi. Atrofida xavfsizlik zonasini saqlash zarur, bu esa binolar yoki o‘quvchilarga xavf tug‘dirmasligini ta’minlaydi.

Maydon S_m

$$S_M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}85^2}{4} = 2{,}7\ m^2 \qquad (8)$$

$$D_p = 2 \cdot h \cdot \sin\varphi = 2 \cdot 12 \cdot 0{,}5 = 12\ m \qquad (9)$$

$$S_P = S_{KB} = L_{KB}^2 = \frac{S_{okr}}{\pi \cdot 0{,}5} = \frac{\pi \cdot D_P^2}{\pi \cdot 4 \cdot 0{,}5} = \frac{D_P^2}{2} = \frac{12^2}{2} = 72\ m^2 \qquad (10)$$

ISSN 3030-3907

Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, bitta shamol turbinasini o‘rnatish uchun zarur bo‘lgan maydon 74,7 m² ni tashkil qiladi.

$$74.7\ m^2 \times 1 = 74.7\ m^2$$

Shamol turbinalarini o‘rnatishda quyidagi shartlar muhim hisoblanadi:

Joylashuv shamol tezligi yuqori bo‘lishi kerak,hudud tekis va baland bo‘lishi lozim.

Boshqa binolar elektr tarmoqlari yoki infratuzilmaga xalaqit bermasligi kerak.Ishlab chiqarish samaradorligi qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid energiya tizimlarini baholashning asosiy mezonlaridan biridir. Ushbu bo‘limda Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Kungrad tumani, 36-maktab uchun taklif etilgan quyosh-shamol gibrid tizimining iqtisodiy jihatlari tahlil qilinadi, ya’ni investitsiya xarajatlari, ishlash samaradorligi va moliyaviy samaradorlik ko‘rsatkichlari.

$$Z = (E_n K + C)/P \qquad (11)$$

Elektr ta'minoti ob'ektining P-o‘rnatilgan quvvati (kVt);

K- umumiy kapital qo‘yilmalar (so‘m)

3-jadval.

Gibrid quyosh-shamol tizimi uchun uskunalar narxlari jadvali

№	Mahsulot nomenklaturasi	Quvvati (Kw)	Miqdori(sumda)
1	Jinko quyosh paneli (~ 580 Vt 40 ta)	23	115 000 000
2	Shamol generatori (1 ta)	5	75 000 000
3	Umumiy kapital qiymati (CAPEX)		**190 000 000**

Quyosh paneli yillik elektr energiya ishlab chiqarishi (16) :$E_{PV} = P_{PV} \cdot H_{solar}$ (12)

$$E_{pv} = 23.2\ Kw \cdot 1650\ Kw = 38280\ \text{kWh/yi}$$

Shamol generatori yillik elektr energiya ishlab chiqarishi:

P_{sham} — real quvvat (V_o‘rta shamol tezligida),P_{nom}=5000Vt — nominal quvvat,$V_{o‘rta}$=4.5 m/s,V_{nom}=12 m/s nominal, Rotor diametri=6.2 m

Radius:6.2/2=3.1 m

$$A = \pi R^2 = 3.14 \cdot 3.1^2 = 30.2 m^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot p \cdot A \cdot C_p \cdot v^3 \qquad (13)$$

$$5000 = 0.5 \cdot 1.225 \cdot 30.2 \cdot C_P \cdot 11^3$$

$$C_p = 0.203$$

$$P = 0.5 \cdot 1.225 \cdot 30.2 \cdot 0.203 \cdot 4.5^3$$

$$P = 342\ W$$

ISSN 3030-3907

$$E = 0.342 \cdot 8760 = 2996\ Kwh/yil$$

Yillik energiya:$E_{shamol} = 263.5 \cdot 8760 = 2307\ kwh/yil$

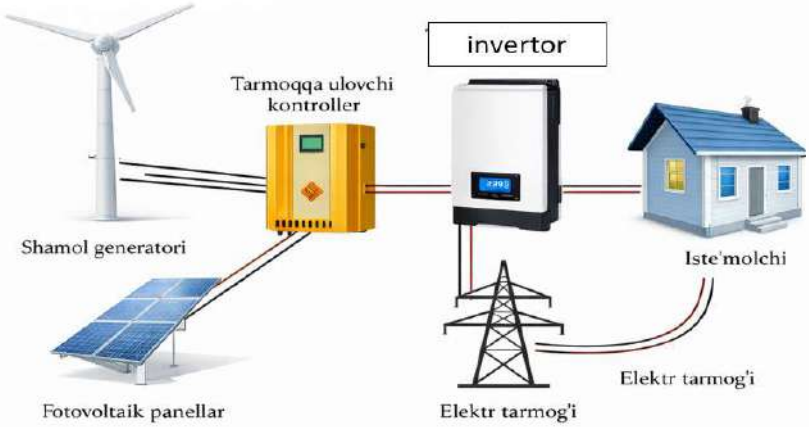
Umumiy yillik energiya:

$$E_{umumiy} = E_{pv} + E_{WT}$$=38280+2996 ≈41276 kWh/yil

Yillik daromad:

$$R_{year} = E_{tota} \cdot C_{elektr} = 41276 \times 400 \approx 16510400$$so‘m/yil

$$PP = \frac{CAPEX}{Syear} = \frac{190000000}{16510400} = 11.5\ yil \qquad (16)$$



5-rasm. Quyosh va Shamol energiyasidan birgalikda foydalanish

Mazkur loyiha umumta’lim maktabining elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojini qisman yoki to‘liq qoplash maqsadida quyosh va shamol energiya manbalariga asoslangan gibrid elektr ta’minoti tizimini joriy etishni nazarda tutadi. Taklif etilayotgan tizim qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish orqali elektr energiyasi xarajatlarini kamaytirish, atrof-muhitga salbiy ta’sirni qisqartirish hamda barqaror energiya ta’minotini ta’minlashga qaratilgan.

Tizim tarkibiga shamol generatori va fotovoltaik panellar kiradi. Shamol generatori shamol kinetik energiyasini mexanik, so‘ngra elektr energiyasiga aylantiradi. Fotovoltaik panellar esa quyosh nurlanishi hisobiga doimiy tok (DC) elektr energiyasini hosil qiladi. Ushbu energiya manbalari iqlim sharoitlariga bog‘liq holda turli vaqtlarda faol ishlaydi, bu esa gibrid tizimning ishonchliligini oshiradi.

Shamol generatori va fotovoltaik panellardan olinadigan elektr energiyasi **tarmoqqa ulovchi kontroller** orqali boshqariladi. Kontroller energiya oqimini muvofiqlashtiradi, kuchlanish va tok parametrlarini barqarorlashtiradi hamda tizimning xavfsiz ishlashini ta’minlaydi. Keyingi bosqichda elektr energiyasi **tarmoqqa ulovchi invertor**ga uzatiladi. Invertor doimiy tokni o‘zgaruvchan tokka (AC) aylantirib, uni iste’molchi — ya’ni maktab binosining elektr tarmog‘iga uzatadi.

Hosil bo‘lgan elektr energiyasi avvalo maktabning ichki ehtiyojlari uchun sarflanadi. Agar ishlab chiqarilgan energiya miqdori iste’moldan ortiq bo‘lsa,

ISSN 3030-3907

ortiqcha energiyani umumiy elektr tarmog‘iga uzatish imkoniyati mavjud. Bu holat energiya samaradorligini oshiradi va iqtisodiy jihatdan qo‘shimcha foyda keltiradi.

Mazkur gibrid energiya tizimini maktab hududida joriy etish nafaqat iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali, balki o‘quvchilar uchun amaliy ta’limiy ahamiyatga ham ega. Ushbu loyiha qayta tiklanuvchi energiya manbalarini targ‘ib qilish, energiya tejash madaniyatini shakllantirish va barqaror rivojlanish tamoyillarini amaliyotga joriy etishga xizmat qiladi.

Quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid tizimning umumiy kapital qiymati 190 million so‘mni tashkil etadi. Loyihaning oddiy o‘zini oqlash muddati 11,7 yil bo‘lib, 25 yillik xizmat muddati davomida 16510400 million so‘m sof iqtisodiy foyda keltirdi. Gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimini joriy etish maktabning yillik elektr energiyasi xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Dastlabki investitsiya xarajatlariga qaramasdan, tizimning ekspluatatsiya muddati davomida yoqilg‘i xarajatlarining mavjud emasligi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarining pastligi loyihaning iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini ta’minlaydi.Bundan tashqari, ishlab chiqarilgan ortiqcha elektr energiyasini umumiy elektr tarmog‘iga uzatish imkoniyati mavjud bo‘lib, bu kelgusida maktab byudjetiga qo‘shimcha moliyaviy tushum manbai bo‘lishi mumkin.

XULOSA. Ushbu tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Kungrad tumani, 36-maktab misolida quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimining texnik, iqtisodiy va ekologik samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki: fotovoltaik panellar va gorizontal o‘qli shamol turbinalari integratsiyasi maktabning elektr energiyasi ehtiyojini qisman yoki to‘liq qoplash imkonini beradi. 40 dona Jinko Tiger Neo 580 W monokristalli quyosh paneli va bitta shamol generatori Bergey Exsel 5 kVt gorizontal shamol turbinasidan iborat tizim iqtisodiy tejashni ta’minlaydi. Loyihaning oddiy o‘zini oqlash muddati 11.5 yil bo‘lib, 25 yillik xizmat muddati davomida sof iqtisodiy foyda 6510400 million so‘mni tashkil qiladi.

Tahlil shuni ko‘rsatdiki, gibrid tizimlar bir necha energiya manbalarini birlashtirish orqali energiya ta’minotining uzluksizligini, ishonchliligini va umumiy samaradorligini oshiradi. Quyosh va shamol energiyasini birgalikda ishlatish mavsumiy va soatlik energiya ishlab chiqarishdagi o‘zgaruvchanlikni kamaytiradi, ortiqcha yoki yetishmayotgan energiya miqdorini minimallashtiradi. Shu bilan birga, tizim ekologik jihatdan toza bo‘lib, karbonat angidrid (CO_2) va boshqa zararli gazlar chiqarilishini sezilarli darajada kamaytiradi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid tizimlar chekka va izolyatsiyalangan hududlarda

ISSN 3030-3907

energiya ta’minotini ishonchli, ekologik barqaror va iqtisodiy jihatdan samarali tarzda tashkil etish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari ushbu hududlarda energiya boshqaruvi strategiyalarini ishlab chiqishda, shuningdek, boshqa maktablar va o‘rta o‘lchamdagi obyektlar uchun gibrid energiya tizimlarini loyihalashda muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Borowy B.S., Salameh Z.M. Shamol–quyosh gibrid tizimida akkumulyator va PV massivini optimal o‘lchamlashtirish metodologiyasi // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 1996. – 11(2). – B. 367–375.
2. Desideri U., Zepparelli F., Morettini V., Garroni E. Konsentrlangan quyosh energetikasi va fotoelektrik texnologiyalarni texnik va ekologik jihatdan taqqoslash // *Applied Energy*. 2013. – 102. – B. 765–784.
3. Heide D., Greiner M., von Bremen L., Hoffmann C. To‘liq qayta tiklanuvchi Yevropa energetika tizimida shamol va quyosh generatsiyasi ortiqchaligi sharoitida energiya saqlash ehtiyojini kamaytirish // *Renewable Energy*. 2011.
4. Yadav S., Kumar P., Kumar A. HOMER dasturi yordamida ko‘p energiya saqlash tizimli gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimining texnik-iqtisodiy bahosi // *Energy*. 2024. – 297. – 131231.
5. Samy M.M., Güven A.F. Tarmoqqa ulangan PV/shamol gibrid tizimlarini akkumulyator va superkondensator bilan optimal o‘lchamlashtirish // *Scientific Reports*. 2025. – 15. – 45658.
6. Wang Y., Chao Q., Zhao L. va boshq. Xitoyda shamol va fotoelektrik energiya salohiyatini baholash // *Carbon Neutrality*. 2022. – 1. – 15.
7. Mellit A., Kalogirou S.A. Fotoelektrik tizimlarda sun’iy intellekt usullaridan foydalanish // *Progress in Energy and Combustion Science*. 2008. – 34(5). – B. 574–632.
8. Kalogirou S.A. Quyosh energetikasi muhandisligi: jarayonlar va tizimlar. – 2-nashr. – Academic Press, 2014.
9. Lund H. Barqaror rivojlanish uchun qayta tiklanuvchi energiya strategiyalari // *Energy*. 2007. – 32(6). – B. 912–919.
10. Rehman S., El-Amin I. Uzoq hudud uchun quyosh PV–dizel–akkumulyator gibrid tizimini tadqiq etish // *Energy*. 2015. – 83. – B. 705–713.
11. Khan M.J., Iqbal M.T. Mustaqil (off-grid) gibrid energiya tizimlarini dastlabki texnik-iqtisodiy tahlili // *Renewable Energy*. 2005. – 30(6). – B. 835–854.
12. Diaf S., Notton G., Belhamel M., Haddadi M., Louche A. Turli meteorologik sharoitlarda PV/shamol gibrid tizimini loyihalash va optimallashtirish // *Applied Energy*. 2008. – 85(10). – B. 968–987.

ISSN 3030-3907

13. Kodirov D., Tursunov O., Talipova D. Energiya ta'minotida qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanishga tizimli yondashuv // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. – 614. – 012038.
14. Siddikov I., Temirov A. Gibrid energiya ta'minoti: resurslarni boshqarish va monitoring // *International Journal of Theoretical and Applied Digital Technologies*. 2024. – 7(1). – B. 59–65.
15. Rathod A.P.S., Mittal P., Kumar B. Hududga tushadigan quyosh nurlanishiga ta'sir qiluvchi omillar tahlili // ETCT xalqaro konferensiyasi materiallari. – IEEE, 2016.
16. Solar Engineering of Thermal Processes J.A. Duffie, W.A. Beckman Wiley, 4th Edition, 2013.
17. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application John F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers 2nd Edition, Wiley, 2010.

ISSN 3030-3907