

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.26/04.07.2023.T.11.03 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI**

**O‘RINOV MURODJON ZAYNI O‘G‘LI**

**QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULLARI YORDAMIDA SHAHAR  
TURAR-JOYLARINING EKSPLOATATSIYA SAMARADORLIGINI  
OSHIRISH**

18.00.02 – Rayonlashtirish. Shaharsozlik. Qishloq turar-joylarini rejalashtirish. Landshaft arxitekturasi. Bino va inshootlar arxitekturasi (texnika fanlari)

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Toshkent 2025**



**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtoreferati mundarijasi****Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам****Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences****O'rinov Murodjon Zayni o'g'li**

Quyosh fotoelektrik modullari yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirish..... 5

**Уринов Муроджон Зайни угли**

Повышение эффективности эксплуатации городских жилых зданий с помощью солнечных фотоэлектрических модулей ..... 25

**Urinov Murodjon Zayni ugli**

Improving the operational efficiency of urban residential buildings through solar photovoltaic modules ..... 50

**E'lon qilingan ishlar ro'yhati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 54

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.26/04.07.2023.T.11.03 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI**

**O‘RINOV MURODJON ZAYNI O‘G‘LI**

**QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULLARI YORDAMIDA SHAHAR  
TURAR-JOYLARINING EKSPLUATATSIYA SAMARADORLIGINI  
OSHIRISH**

18.00.02 – Rayonlashtirish. Shaharsozlik. Qishloq turar-joylarini rejalashtirish. Landshaft arxitekturasi. Bino va inshootlar arxitekturasi.

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Toshkent - 2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/T5798 bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Toshkent arxitektura-qurilish universitetida bajarilgan. Dissertatsiya avtoreferati uch tilda o'zbek, rus, ingliz (rezyume), Ilmiy kengashning veb-sahifasida (<http://taqu.uz/interaktiv-xizmatlar/taqu-ilmiy-faoliyati/ixtisoslashgan-kengashlar/avtoref.html>) va «ZiyoNet» axborot-ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Xotamov Asadulla Toshtemirovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Shukurov Ilhomjon Sadriyevich**, texnika fanlari doktori, professor  
**Dusatov Botir Eshdavlat o'g'li**, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Yetakchi tashkilot:**

**«O'zshaharsozlikLITI» DM**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi PhD 26/04.07.2023.T.11.03 raqamli ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengashning 2025 yil «30» «09» kuni soat 13-00 dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: Toshkent shahri, Yunusobod tumani, Yangi shahar ko'chasi 9-uy, Toshkent arxitektura-qurilish universiteti majlislar zali. Tel.: +998 (55) 508 02 56. e-mail).

Dissertatsiya bilan Toshkent arxitektura-qurilish universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№171 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100194, Toshkent shahri, Yunusobod tumani Yangi shahar ko'chasi, 9-uy. tel.: +998 (71) 142 65 85).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «18» «09» kuni tarqatildi.

(2025 «28» «08» gi №8/2025-3 raqamli reestr bayonnomasi).

**Sh.X. Yunusov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi o'rinbosari, a.f.d., dotsent

**F.A. Abdixalilov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, PhD, dotsent

**I.S. Shukurov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor



## KIRISH (fan nomzodi Phd) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda quyosh energiyasidan keng miqyosda amaliy foydalanishning eng ustuvor yo‘nalishlaridan biri – shaharsozlikda muqobil energiya manbalaridan energiya olish uchun quyosh fotoelektrik modullaridan foydalanishga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda «... qayta tiklanuvchi energiya manbalardan elektr energiyani ishlab chiqarish yiliga 7% ga o‘tib kelmoqda, shundan shamol va quyosh energetikasining ulushi 60% ni tashkil etmoqda. 2030 yilga kelib, nol emissiya ssenariysida ishlab chiqarishning 60% dan ortig‘ini qayta tiklanadigan energiya manbalarini tashkil etishi belgilangan»<sup>1</sup>. Bu borada, jumladan quyosh fotoelektrik modullarini shahar turar-joylariga o‘rnatish, ularning tutash hududlarini modernizatsiya qilish, energetik holatni tahlil etish va modellashtirish asosida energiya samaradorligini oshirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonning yetakchi ilmiy markazlarida quyosh energetikasida qo‘llaniladigan quyosh fotoelektrik modullarini loyihalash, shu jumladan uzluksiz elektr manbalarining yangi konstruksiyalari va ularni hisoblash usullarini yaratish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Tarixga nazar tashlaydigan bo‘lsak, 1973 yil Nigeriyada va Parijda “Quyosh inson uchun xizmatda” mavzusida xalqaro kongress o‘tkazildi. Bu simpoziumlarning barchasi muqobil energiya olishning boshlanishi bo‘ldi. Shuningdek, bu borada rivojlangan quyosh fotoelektrik modullari va ulardan shaharsozlikda muqobil energiya manbalarini hosil qilish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari bajarilmoqda. Shu bilan birga, quyosh fotoelektrik modullari yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan keng foydalanish va samaradorligini oshirishga yordam beradigan yangi texnologiyalarni yaratish bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazish va ularni amalga qo‘llash bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta‘minlash hamda “Yashil iqtisodiyot” texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish»<sup>2</sup> bo‘yicha vazifalari belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish, jumladan quyosh fotoelektrik modullarining samaradorligini oshirish, ularning asosiy parametrlarini optimallashtirish, quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish jarayonlarini modellashtirish yechimlarini ishlab chiqish muhim masalalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025 yilga “Atrof muhitni asrash va “yashil” iqtisodiyot yili” deb nom berilganligi, 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘risidagi farmoni<sup>3</sup>, 2025 yil 11 martdagi PQ-100-son “Uy-joy hamda bino-

---

<sup>1</sup> [https://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2015\\_3\\_84\\_104.pdf](https://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2015_3_84_104.pdf)

<sup>2</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi farmoni.

<sup>3</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘risidagi farmoni.

inshootlarni issiqlik energiyasi bilan ta'minlash sohasini tubdan isloh qilish hamda binolarning energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori<sup>4</sup>, 2023 yil 11 sentabrdagi PF-158-son "«O'zbekiston - 2030» strategiyasi to'g'risida"gi farmoni<sup>5</sup>, 2023 yil 16 fevraldagi PQ-57-son "2023 yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori<sup>6</sup>, 2022 yil 9 sentabrdagi PF-220-son "Energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va kam quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarori<sup>7</sup>, 2023 yil 31 maydagi PQ-171-son "Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi faoliyatini samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi<sup>8</sup> qarorlari hamda farmonlari, shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "2020-2030 yillarda O'zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta'minlash konsepsiyasi"<sup>9</sup>, 2024 yil 8 yanvardagi 13-son "Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida energiya ta'minotini tashkil etish sohasini tartibga solish va rivojlantirish to'g'risida"<sup>10</sup>, 2023 yil 11 avgustdagi 362-son "Iqlim o'zgarishi va tabiiy ofatlar xavfiga nisbatan milliy harakatlar rejasini ishlab chiqish hamda samarali amalga oshirishni tashkil etish to'g'risi"<sup>11</sup> va 2019 yil 18 yanvar 48-son "O'zbekiston Respublikasida «Aqlli shahar» texnologiyalarini joriy etish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"<sup>12</sup> gi qarori bo'yicha mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Dissertatsiyasi ishi bo'yicha Respublikasining fan va texnologiyalarni rivojlantirishining IV «Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nanotexnologiyalar va qurilmalarni yaratish» ustivor yo'nalishiga mos keladi.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Shaharlarda quyosh fotoelektrik modullarining rivojlanishi, ulurning shaharsozlik talablari bo'yicha shaharlarda qo'llanilishi va shahar turar-joylarini ekologik toza energiya manbalari bilan jihozlash masalalari bo'yicha bir qator taniqli xorijiy olimlar katta hissa qo'shganlar, jumladan A.K. Raja, A.P. Srivastava, M. Dwivedi, Henrik Personn, Ho Soon Choi,

---

<sup>4</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-100-son "Uy-joy hamda bino-inshootlarni issiqlik energiyasi bilan taminlash sohasini tubdan isloh qilish hamda binolarning energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori.

<sup>5</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-158-son "«O'zbekiston - 2030» strategiyasi" to'g'risidagi farmoni.

<sup>6</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-57-son "2023 yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori.

<sup>7</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-220-son "Energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va kam quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarori.

<sup>8</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-171-son "Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi faoliyatini samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori.

<sup>9</sup> O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "2020–2030 yillarda O'zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta'minlash konsepsiyasi".

<sup>10</sup> O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 13-son "Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida energiya ta'minotini tashkil etish sohasini tartibga solish va rivojlantirish to'g'risida" gi qarori.

<sup>11</sup> O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasining 362–son "Iqlim o'zgarishi va tabiiy ofatlar xavfiga nisbatan milliy harakatlar rejasini ishlab chiqish hamda samarali amalga oshirishni tashkil etish to'g'risida" gi qarori.

<sup>12</sup> O'zbekiston Respublikasi vazirlar mahkamasining 48-son "O'zbekiston Respublikasida «Aqlli shahar» texnologiyalarini joriy etish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida" gi qarori.

C.H. Frivold, Geun Young Yun, Mike McEvoy, Koen Steemers, Li Mei, David Infield, Ursula Eicker, Volker Fux, Sung Duk Yoon, Sopharith Vuthy, Jon Uayli, В.А. Веников, Е.В. Путятин, П.С. Непорожный, В.И. Обрезков va boshqalar.

Quyosh fotoelektrik modullarini o'rnatish yordamida shahar turar-joylarini ekspluatatsiya samaradorligini oshirish masalalari respublikamizda deyarli o'rganilmagan sohadir va uni takomillashtirishga O'zbekistonning taniqli olimlarini ilmiy ishlari bag'ishlangan. Bulardan: I.S. Suxanov, M.M. Zaxidov, Yu.K. Rashidov, J.Z. Axadov, N.T. Toshpo'latov, P.I.Kalandarov, D.B. Qodirov, A.I. Anarbayev, S.A. Qodirova, M.T. Abdujabbarova, H.M. Ubaydullayev, M.M. Inog'omova, F.N. Bozorboyev kabi olimlar tadqiqotlarida ayrim jihatlari ochib berilgan. Turar joy maskanlarida binolarning energiya samaradorligiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatuvchi, ularni ufqqa nisbatan optimal joylashtirish, bunda binolarning o'zaro joylashuviga ta'sir etuvchi tabiiy, texnogen va antropogen omillar I.S. Shukurov, A.T. Xotamov, X.F. Allaberganov, B.E. Dusatovlar tomonidan o'rganilmoqda.

Shu bilan birga, shahar turar-joylarining energiya samaradorligi hamda ularning tutash hududlarini quyosh fotoelektrik moduli bilan jihozlash, ularga qo'yiladigan me'yoriy-texnik talablarni optimallashtirish muammolari yetarli darajada o'rganilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent arxitektura-qurilish universiteti Shahar infratuzilmasi kafedrasining Bosh ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi.** Quyosh fotoelektrik modullari yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

- shahar turar-joylarida quyosh panellarini o'rnatish va ularning samaradorligini hisoblash usullari o'rganish;
- quyosh panellari bilan jihozlangan binolardan foydalanish bo'yicha xorijiy tajribalarni tadqiq etish;
- turar joy binolari va ularga tutash hududlarning quyosh nurini qabul qilish vaqtini hisoblash uchun mo'ljallangan matematik model ishlab chiqish va ular asosidagi nazariy tadqiqotlarni olib borish;
- ufqqa nisbatan turli burchaklarda joylashgan shahar turar-joylarini quyosh panellari bilan jihozlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish;
- ishlab chiqilgan variantlar bo'yicha shahar turar-joylari ekspluatatsiyasi samaradorligini oshirishni texnik iqtisodiy jihatdan asoslash va atmosferaga chiquvchi CO<sub>2</sub> gaz miqdori kamayishini aniqlash.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida Toshkent shahridagi shahar turar-joylari va ularga tutash hududlar qabul qilingan.

**Tadqiqotning predmetini** shahar turar-joylarida quyosh panellarini o'rnatish orqali elektr energiya bilan ta'minlashning "bino - tutash hudud - quyosh paneli" tizimidagi optimal modellarini ishlab chiqishni tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** mavzuga oid Ilmiy manbalar, maqolalar va adabiyotlarni tahlil qilish, internet resurslarni o'rganish, normativ hujjaatlarni

o'rganish, natural kuzatuv, ma'lumotlarni statistik qayta ishlash, matematik-statistika usullari, korrelyatsion-regression tahlil kabi usullardan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ekspluatatsiyadagi shahar turar-joylari va ularga tutash hududlar energiya iste'moli hisobi bo'yicha tizimlashtirilgan;

shahar turar-joylari va ularga tutash hududlarning quyosh panellari bilan jihozlashning markaziy elektr tarmoqlaridan foydalanishga nisbatan samaradorligi qiyosiy tahlil usullari yordamida nazariy jihatdan asoslangan;

shahar turar-joylari va ularga tutash hududlarning energiyadan uzluksiz foydalanishni tashkil etish uchun quyosh panellaridan foydalangan holda tizimining matematik modeli ishlab chiqilgan;

shahar turar-joylari va ularga tutash hududlarda quyosh panellarini jihozlashning ufqqa nisbatan foydali ish koeffitsenti yuqori bo'lgan holatlari aniqlangan va ularni optimal joylashtirish mexanizmlari bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

shahar turar-joylari va ularga tutash hududlar holati vizual tahlil qilingan va tadqiqot hududidagi shahar turar-joylarining energiya iste'moli aniqlangan;

quyosh fotoelektrik modul (QFM)ning xorijiy va O'zbekistondagi o'rnatilgan holatlari tahlil qilinib ijtimoiy so'rovnomalar orqali ma'lumotlar bazasi shakllantirilgan;

shakllantirilgan ma'lumotlar bazasi asosida QFM ning bir nechta burchaklarda o'rnatilishi "Global Solar Atlas" dasturi orqali eksperimentlar o'tkazilgan va ularning matematik modeli ishlab chiqilgan;

quyosh fotoelektrik modullari yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirish bo'yicha modellar ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqotlar natijalarining ishonchliligi ularning yuqori darajada asoslanganligi, qilingan farazlarning haqiqiyliги bilan tasdiqlanib, hisob-kitob natijalarining tajriba ma'lumotlari bilan qiyoslanganligi, zamonaviy tadqiqot usullari va asbob-uskunalarini qo'llanganligi bilan ta'minlangan, hamda olingan natijalarda umum qabul qilingan nazariy taqdim etishga zid holatlar yo'qligi bilan tasdiqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati Respublikamizdagi ekspluatatsiyadagi shahar turar-joylari va ularga tutash hududlarni quyosh fotoelektrik modullari bilan jihozlashning nazariy jihatlarining ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shahar turar-joylari va ularga tutash hududlarning quyosh fotoelektrik modullari bilan jihozlash orqali matematik modeli hamda uslubiy asoslari ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.**

Ilmiy tadqiqot ishi natijalari asosida shahar turar-joylari ekspluatatsiyasi samaradorligini ta'minlashga xizmat qiluvchi "ToshuyjoyLITI" AJ (2025-yil, 24-aprel 07-04/34-sonli), "O'zshaharsozlikLITI" DM (2024-yil, 24-aprel 20-sonli), "PUKMADALISERVIS" MChJ (2025-yil, 21-aprel 10-sonli), "CONTROLLER ENERGY" MChJ (2025-yil, 14-mart 4/1-sonli) tashkilotlarida joriy qilingan va joriy etish dalolatnomalari olingan.

Toshkent shahar, Yakkasaroy tumani, Shota Rustaveli ko'chasida joylashgan 65-sonli xonadondagi "CONTROLLER ENERGY" MChJ bilan olib borilgan tadqiqotlariga muvofiq olingan natijalari asosida shahar turar-joylarini quyosh fotoelektrik modullari bilan jihozlash orqali yiliga 296906 kVt soat energiya ishlab chiqarishi, shuningdek yiliga 68,58 tonna CO<sub>2</sub> gazlari qisqartirilishiga erishilgan.

Shuningdek, joriy etish bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025-yil 5-iyundagi 34-06/6294-sonli ma'lumotnomasi olingan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya ishining natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta Respublika ilmiy-texnik anjumanida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya ishining natijalari 15 ta ilmiy va ilmiy-uslubiy ishlar, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tavsiya etgan nashrlarda 4 ta ilmiy maqola shuningdek 2 ta xalqaro: 1 tasi Web of science bazasidagi va 1 tasi yuqori "Impact Factor"ga ega jurnallar, 9 ta tezislari konferensiya materiallarida (ulardan 6 tasi xalqaro konferensiyalarda) va 1 ta darslik chop etilgan. Shuningdek, ilmiy ishga oid O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligidan elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturga № DGU 50255 raqamli Guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish qismi, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 111 betdan iborat.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Dissertatsiyaning kirish qismida** tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari, ob'ekti va predmeti tavsiflangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilib, tadqiqotning ilmiy yangiligi, amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning I bobi "**Quyosh fotoelektrik modullari yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirish**" deb nomlanib, unda Muammoning holati va tadqiqot vazifalari bilan boshlandi. Shahar turar-joylarining zichligi xolatini hududdagi qurilgan kvartiralar soni va ularning o'rtacha o'lchami yillar davomida ortib borayotganligidan ularning zichligi oshayotganligini ko'rishimiz mumkin.

Toshkent shahrida shahar turar-joylarining ufqqa nisbatan joylashuvi (orientatsiyasi) ularning energiya samaradorligi va yashash qulayligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Sanitar normalar bo'yicha yashash xonalarida 22 martdan 22 sentabrgacha 1 sutkada kamida 2.5 soat quyosh nuri ta'minlashi zarur.

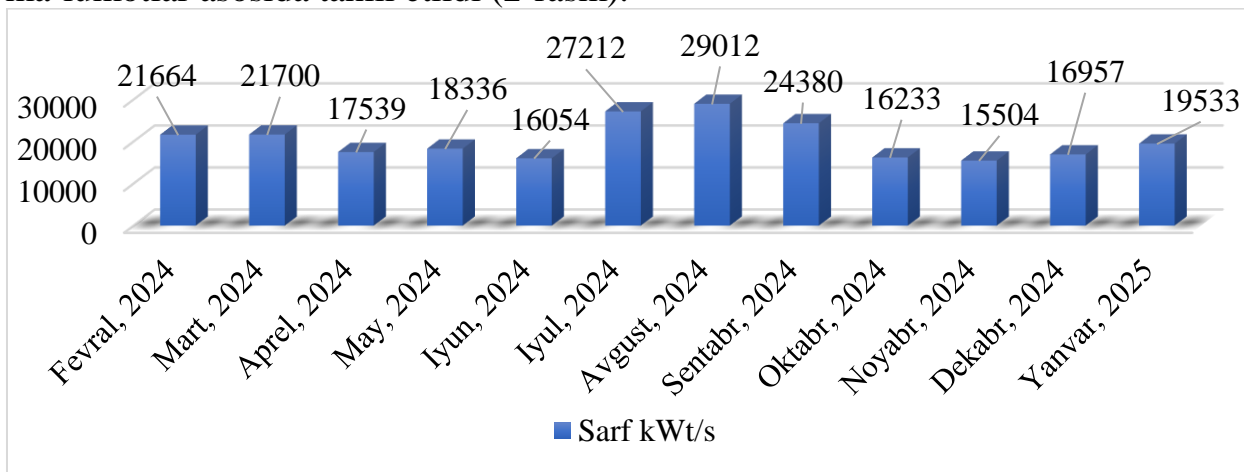
Shu munosabat bilan Toshkent shahrining Yakkasaroy tumanidagi mavjud 21 ta mahallalar va shahar turar-joylarining joylashuvi tahlil etildi. Shuningdek ularning ekspluatatsiyadagi holati vizual tekshirildi (1-rasm).



1-rasm. Yakkasaroy tumanidagi joylashgan tadqiqot ishlari olib borilgan turar-joylar

Shahar turar-joylarini ekspluatatsiya qilish jarayonidagi asosiy muammolar sifatida quyidagilarni keltirib o‘tish mumkin: kommunal tizimlar holati, energiya samaradorligi va isitish tizimi, texnik xizmat ko‘rsatish va remont ishlari, aholiga xizmat ko‘rsatishdagi muammolar, qonuniy va boshqaruv muammolari, ekologiya va atrof-muhit muammolari.

Tadqiqot ishining o‘rganish doirasidan kelib chiqqan holda shahar turar-joylarida issiqlik izolyatsiyasi yetarli darajada tashkil etilmaganligi natijasida issiqlik yo‘qotish yuqori ekanligi hamda fasadlar, tom va umumiy foydalanish joylarining eskirishi aniqlandi. Kuzatuv ishlari raqamli rivojlanish departamenti tomonidan ishlab chiqilgan “AgeTashkent” dasturida aniqlangan 1916-1970 yillarda qurilganligi aniqlangan binolar bilan o‘tkazildi. Ushbu shahar turar-joylari ichidan Shota Rustaveli ko‘chasida joylashgan 65-sonli xonadon tanlab olindi va “AgeTashkent” dasturida orqali ma’lumotlar o‘rganildi. Tanlangan binoning 2024-yil fevral oyidan 2025-yil fevral oyigacha bo‘lgan oraliqda qancha elektr-energiyasi iste’mol qilganligi Yakkasaroy tuman elektr tarmoqlari korxonasidan olingan ma’lumotlar asosida tahlil etildi (2-rasm).



2-rasm. 65- conli xonadonning bir yil davridagi energiya sarfi

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan 2025-yilga “Atrof-muhitni asrash va “yashil” iqtisodiyot yili” deb nom berilganligidan qayta tiklanadigan energiya manbalardan energiya ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirish ishlari jadal suratlarda amalga oshirish lozimligini ko‘rishimiz mumkin. Shuningdek, O

‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “2020-2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta’minlash konsepsiyasi” tasdiqlangan.

Hozirgi kunda jahonda energiya iste'molining qariyb 23 foizi uy-joy sohasiga to'g'ri kelsa, O'zbekiston Respublikasida bu ko'rsatkichlar 40 foizni tashkil qilmoqda. Xususan, Yevropada 1 kvadrat metr uchun energiya sarfi yiliga 120, 150 kilovatt soatni tashkil qilsa, O'zbekistonda bu ko'rsatkich 390 kilovatt soatdan oshmoqda.

Shaharsozlikda quyosh panellaridan foydalanish ko'plab afzalliklari tufayli tobora ommalashib bormoqda. Ushbu batareyalar kun davomida quyosh energiyasini saqlashga qodir, so'ngra uni eng yuqori davrlarda yoki quyosh porlamagan paytda ishlatish uchun beradi. Shuningdek, quyosh fotoelektrik modullarining ekspluatatsiya davrida vertikal yuzaga ma'lum bir burchak ostida joylashtirish natijasi ustida chang qoplanishi, panel orqa tomonida haroratning ko'tarilishi, do'l yog'ishi yoki ustini qor qoplashi davrida sikastlanishi kabi muammolar vujudga keladi. Shu muammolarni oldini olish maqsadida xorij tajribalar o'rganildi:

-Alyaskaning Anchorage shahrida joylashgan Activ Solar Ventures kompaniyasi qishda ishlab chiqarishni ko'paytirish uchun panellarni vertikal ravishda o'rnatishni boshladi;

-Nyu-Yorkda joylashgan Quixotic Systems taxminan 6 dyuym balandlikdagi devorlarga parallel ravishda devor massivlarini o'rnatadi va yopishmaslik uchun panel va bino orasidagi bo'shliq xosil qilingan.

Shaharsozlikda quyosh panellaridan foydalanish jarayonida gorizont tekislikda bir qancha muammolar yuzaga keldi. Shuning uchun ularni vertikal holatda o'rnatish hamda energiya olish imkoniyati mavjud ekanligini Quixotic Systems Nyu-Yorkdagi binolari misolida ko'rdik.

Quyosh panellaridan maksimal darajada foydalanish uchun birinchi navbatda elektr energiyasini ishlab chiqarishga ta'sir qiluvchi omillarni hisobga olish kerak:

- tomning turi va burchagi;
- hududni yoritish;
- quyosh panellarining turi (polikristal yoki monokristal);
- quyosh panellarini joylashtirish (tomga, devorga yoki yerga);
- quyosh elektr stantsiyasining turi (ongrid, ofgrid, gibrid);

Shuningdek, binolarni quyosh panellarini bilan jihozlashga qo'yiladigan asosiy talablarini PUZ-2011 "Elektr o'rnatish qoidalari", QMQ 3.05.06-97 "Elektr qurilmalari", QMQ 2.04.17-19 "Turar-joy va jamoat binolarining elektr jihozlari", ShNQ 2.04.15-23 "Fotoelektrik stantsiyalar (tizimlar)", Gost 22483-2012 "Kabellar, simlar va simlar uchun o'tkazgichlar", VSN 370-93 "Ishlarda elektr simlarini yotqizish bo'yicha ko'rsatmalar" kabi normalari va qoidalaridan olingan ma'lumotlar asosida amalga oshirilishi zarur.

"Hindistondagi fotoelektrik tizimlarni bino va shahar tizimlariga integratsiyasi" nomli loyihasida binoda o'rnatilgan fotovoltaik tizimlarini tomlar, fasadlar va tashqi elementlar bo'yicha tasniflab, IEC 63092-1 Standarti asosida turli qo'llanilishlari keltirib o'tilgan.

Dissertatsiyaning II bobi "**Quyosh fotoelektrik modullarini o'rnatish yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini nazariy va eksperimental tadqiq etish**" deb nomlanib, quyosh fotoelektrik modullaridan

ekologik toza qayta tiklanuvchan elektr energiyasini olish bugungi kunda butun dunyoda dolzarb masalaga aylanmoqda.

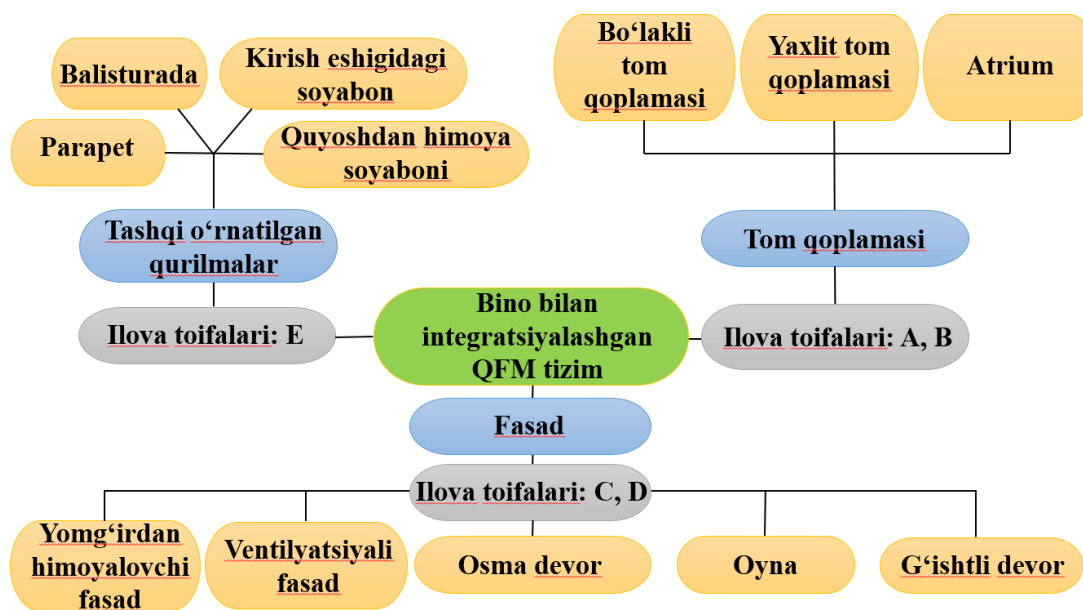
Tadqiqot jarayonida quyosh fotoelektrik modulidan energiya olish samaradorligi muhim omil hisoblanganligi sababli Yuldoshev I.A., Sultonov M.Q., Yuldoshev F.M., olimlarning “Quyosh energetikasi” nomli darsligida “Quyosh nurlanishining tushish burchagi va qabul qilgich maydonchani gorizontalga nisbatan qiyalik burchagini aniqlash usullari” bo‘limi o‘rganildi. Ma’lum bo‘ldiki Toshkent shahridagi 41°15'52" geografik kengligi uchun qishda, bahorda, kuzda va yozda optimal burchaklar aniqlangan (1-jadval)<sup>13</sup>.

1-jadval

Toshkent shahridagi optimal burchaklar

Yil mavsumlari bo‘yicha gorizontal tekislikga nisbatan FEB o‘rnatishning optimal qiyalik burchagi		
Qishda	Bahor va kuzda	Yozda
~62°	~41°	~20°

Quyosh fotoelektrik modulidan energiya ishlab chiqarishning yuqorida qayd etilgan turlaridan tashqari energiya olishning xalqaro standartlari ham mavjud. Ushbu xalqaro standart IEC 63092-1 binoga o‘rnatilgan quyosh panellari holatida energiya ishlab chiqarishning barcha turlarini tavsiflaydi (3-rasm)<sup>14</sup>.



3-rasm. Binoga o‘rnatilgan turli fotoelektrik modul tizimlarining tasnifi.

Binoga o‘rnatilgan fotoelektrik modul quyosh plitkalari, quyosh fasdlari va quyosh oynalari kabi ko‘plab shakllarga ega bo‘lishi mumkin. Quyosh energiyasi yerga yetib kelganida 19% atrofdagi atmosfera tomonidan, yana 35% bulutlar tomonidan so‘riladi<sup>15</sup>. Quyosh energiyasi yerni faqat uzluksiz isitadi va bu xarajat isrof qilingan energiyani foydali energiyaga aylantirish texnologiyasini talab qiladi, ya’ni biz u bilan foydali narsa qilishimiz kerak. Quyosh ham samarali katta termoyadroviy reaktordir.

<sup>13</sup> Yo‘ldoshev I.A., Sultonov M.Q., Yo‘ldoshev F.M., “Quyosh energetikasi” fanidan darslik, Toshkent - 2022.

<sup>14</sup> Xalqaro standart IEC 63092-1 binoga o‘rnatilgan quyosh panellari holati

<sup>15</sup> Toshpo‘latov N.T., Qodirov D.B., “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari” fanidan “O‘quv qo‘llanma”, Toshkent – 2020,

Respublikamizda ekspluatatsiya qilinayotgan shahar turar-joylarining katta qismini 50-60 yil oldin qurilgan turar-joylar tashkil etadi. Bu jarayonga o'rganilgan xorijiy tajribalardan kelib chiqqan holda shamollatiladigan fasadlar bilan jihozlashni shahar turar-joylarida ekspluatatsiya samaradorligini oshirish masalasida ko'rish mumkin.

Quyosh panellari bino yuziga vertikal holda joylashtirilganda asosan quyosh nurini ko'prok qabul qiluvchi yuza tanlansa maqsadga muvofiq bo'ladi. Chunki ushbu holat quyosh panellaridan eng yuqori miqdorda energiya olish uchun asosiy omil hisoblanadi. Shuningdek, quyosh panellaridan energiya olish jarayonida haroratning ko'tarilishi quyosh panellarida qizish holatini yuzaga keltiradi va bu holat natijasida paneldan ishlab chiqarilayotgan energiya miqdorining kamayishiga ta'sir ko'rsatadi. (4-a va b rasm).

a)



b)



4-rasm. Shamollatiluvchi fasadda quyosh panelining o'rnatilishi sxemasi.

Tadqiqot jarayonida ma'lum bo'ldiki vertikal o'rnatilgan quyosh panelining tashqi harorat  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  bo'lsa, quyoshli sharoitda panellar orqasidagi harorat  $10\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}$  oralig'ida bo'lishi hamda Soyali sharoitda esa orqa tomoni tashqi haroratga yaqin bo'lishi aniqlangan<sup>16</sup>.

Toshkent shahrida ham quyosh panellaridan elektr energiyasini ishlab chiqarish miqdorini oshirish maqsadda Toshkent shahri aholisining fikrlarini sotsial so'rovnomaga o'tkazish orqali o'rganib chiqildi.

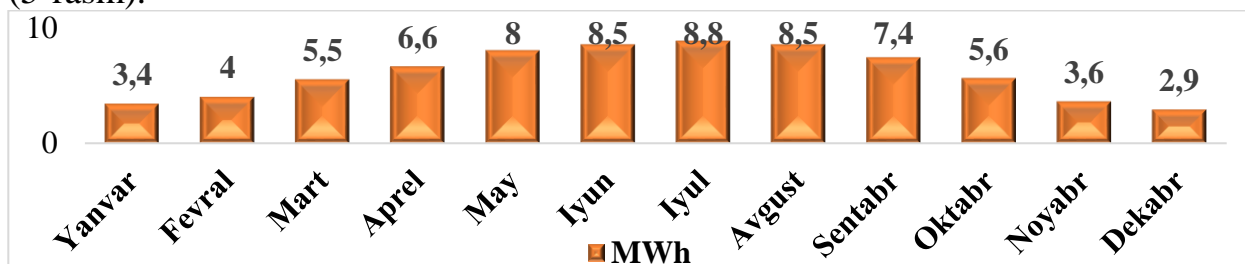
O'raganishlar jarayonida binolarda quyosh panellarini o'rnatish uchun qaysi qismi yetarli deb hisobalanishi haqida ham fikrlar o'rganildi. Ma'um bo'ldiki 53,7% ishtiroqchi "Tom" qismida, 41,3% ishtirokchi "Tom+Fasad" qismida va soha mutaxassislari tomonidan esa "Bino tom qismi yetarli emas 1 kv.t panel 4 metr kvadrat joyni egallaydi kotta maydon kerak", "Bu binolardagi elektr energiyasiga bo'lgan extiyojga bog'lik" va "Binoning tuzilishi va joylashuviga bog'liq" kabi fikrlar olindi.

"GLOBAL SOLAR ATLAS" dasturi orqali Toshkent shahar Yakkasaroy tumani Shota Rustaveli ko'chasida koordinata nuqtalari ( $41.278815^{\circ}$ ,  $069.247038^{\circ}$ )da joylashgan 65-sonli xonadonga 1-jadvalda keltirilgan natijalardan kelib chiqqan holatda binoga quyosh fotoelektrik modulini o'rnatish holatlarini tahlil qilib chiqildi. Binoning o'lchamlari hisobga olinib tom qismida  $33^{\circ}$  uchun 25 kWh quvvatli elektr stansiyasi va fasad qismiga  $20^{\circ}$ ,  $41^{\circ}$ ,  $62^{\circ}$  va  $90^{\circ}$  uchun 50 kWh quvvatli elektr stansiyasining natijalari tadqiq etildi.

Birinchi holatda yoz mavsumi uchun aniqlangan o'rtacha  $\sim 20^{\circ}$  da o'rnatilgan 50 kVt quvvatli quyosh fotoelektrik moduli orqali dastur asosida 12 oy davomida

<sup>16</sup> Said et al. (2018). "Impact of weather conditions on PV panel temperature: Experimental assessment in different climates", Applied Energy Journal.

72,733 MWh elektr energiyasi ishlab chiqilishi mumkin ekanligi aniqlandi (5-rasm).



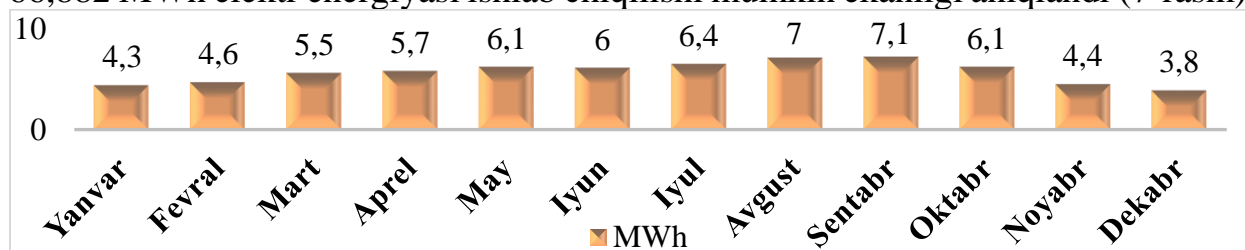
5-rasm. Quyosh paneli tomonidan umumiy ishlab chiqarilgan o'rtacha ~ 20° da elektr energiya

Ikkinchi holatda bahor va kuz mavsumlari uchun aniqlangan o'rtacha ~ 41° da o'rnatilgan 50 kWh quvvatli quyosh fotoelektrik moduli orqali dastur asosida 12 oy davomida 73,708 MWh elektr energiyasi ishlab chiqilishi mumkin ekanligi aniqlandi (6-rasm).



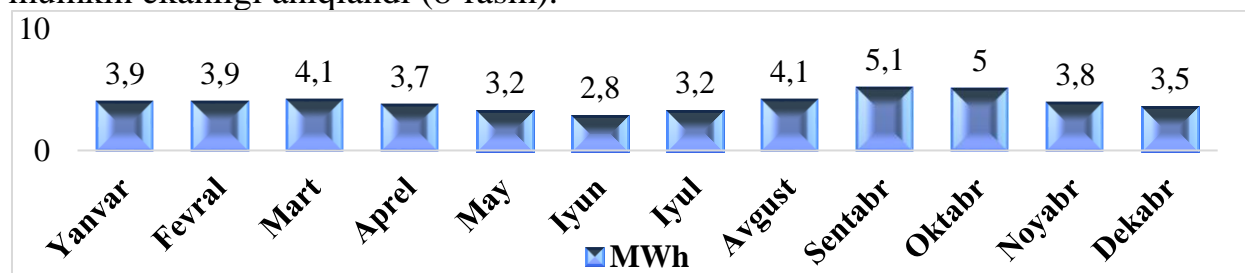
6-rasm. Quyosh paneli tomonidan umumiy ishlab chiqarilgan o'rtacha ~ 41° da elektr energiya

Uchinchi holatda qish mavsumi uchun aniqlangan o'rtacha ~ 62° da o'rnatilgan 50 kWh quvvatli quyosh fotoelektrik moduli orqali dastur asosida 12 oy davomida 66,882 MWh elektr energiyasi ishlab chiqilishi mumkin ekanligi aniqlandi (7-rasm).



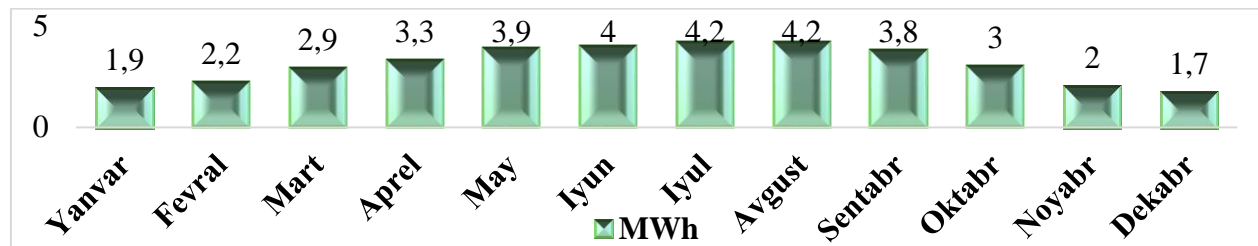
7-rasm. Quyosh paneli tomonidan umumiy ishlab chiqarilgan o'rtacha ~ 62° da elektr energiya

To'rtinchi holatda xorijiy tajribalar tahlil etilib o'rganilgan holatga muvofiq o'rtacha ~ 90° da o'rnatilgan 50 kWh quvvatli quyosh fotoelektrik moduli orqali dastur asosida 12 oy davomida 46,451 MWh elektr energiyasi ishlab chiqilishi mumkin ekanligi aniqlandi (8-rasm).



8-rasm. Quyosh paneli tomonidan umumiy ishlab chiqarilgan o‘rtacha ~ 90° da elektr energiya

Beshinchi holatda 25 kWh quvvatli quyosh fotoelektrik modulini 33° burchakda o‘rnatish hisoblandi va shunga ko‘ra yillik 37,132 MWh elektr energiyasi ishlab chiqilishi mumkin ekanligi aniqlandi (9-rasm).



9-rasm. Quyosh paneli tomonidan umumiy ishlab chiqarilgan o‘rtacha ~ 33° da elektr energiya

Tadqiqot natijalaridan ma’lum bo‘ldiki Toshkent shahar Yakkasaroy tumani Shota Rustaveli ko‘chasida koordinata nuqtalari (41.278815°, 069.247038°)da joylashgan 65-sonli xonadonning barcha tomonlarida quyoshning kun davomida nuri mavjudligini hisobga olgan holda keyingi bobda ushbu shahar turar-joylarining samaradorligini oshirish maqsadida matematik modul ishlab chiqilgan.

Dissertatsiyaning III bobi **“Quyosh fotoelektrik modullarini o‘rnatish yordamida shahar turar-joylarining ekspluatatsiya samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish”** deb nomlanib, shahar turar-joylarining energiya iste’moli va QFM ga tegishli matematik modeli va uning nazariy taqiqotlariga tegishli tasviyalardan iborat.

Toshkent shahar Yakkasaroy tumani elektr tarmoqlari korxonasining ma’lumotlar bazasidan vizual tekshiruvdan o‘tkazilgan shahar turar-joylari orasidan ixtiyoriy tanlangan №65 xonadonning 2024-2025 yil orasida bir yil davomida iste’mol qilgan elektr energiyasining iste’molini haqidagi ma’lumotlar olindi va 2-jadvalda keltirilgan <sup>17</sup>.

2-jadval

Toshkent shahridagi 65-conli xonadon elektr energiyasi iste’moli

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Iste’mol davri	02. 2024	03. 2024	04. 2024	05. 2024	06. 2024	07. 2024	08. 2024	09. 2024	10. 2024	11. 2024	12. 2024	01. 2025
Iste’mol quvvati (kVt/s)	19533	16957	15504	16233	24380	29012	27212	16054	18336	17539	21700	21664

Turli burchaklarda quyosh panellari o‘rnatilganda yillik elektr tejash quyidagicha hisoblanadi<sup>1819</sup>:

$$S = E_{\text{produced}} - E_{\text{demand}} \quad (1)$$

bu yerda:

$S$  – yillik elektr tejash (kWh),

$E_{\text{produced}}$  – quyosh panellaridan ishlab chiqarilgan energiya (kWh),

<sup>17</sup> Toshkent shahar Yakkasaroy tumani elektr tarmoqlari korxonasining ma’lumotlar bazasi

<sup>18</sup> Luque, A., & Hegedus, S. (2011). “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering”. John Wiley & Sons.

<sup>19</sup> Lyden, A.; Pepper, R.; Tuohy, P.G. A modelling tool selection process for planning of community scale energy systems including storage and demand side management. Sustain. Cities Soc. 2018, 30.

$E_{demand}$  – binoning yillik elektr iste'moli (kWh).

Agar  $S > 0$ , demak, binoning elektr iste'molining bir qismi quyosh panellari orqali qoplanmoqda.

Alohida o'zgaruvchilarning holatini nazorat qilish murakkab masala, ya'ni bitta o'rganilayotgan omilni ta'sirini baholash uchun barcha sharoitlarni birdek ta'minlab berish mumkin emas. Bunday holatlarda boshqa omillarni modelga kiritib ularning ta'sirini o'rganishga harakat qilinadi, ya'ni quyidagi ko'p omilli regressiya tenglamasi tuziladi (3-jadval):

3-jadval

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ep	3,4	4	5,6	6,6	8	8,5	8,8	8,5	7,4	5,6	3,6	2,9
T	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	9

Regressiya koeffitsientlarini baholash vektorini aniqlaymiz. Eng kichik kvadratlar uslubiga ko'ra, vektor  $Y(X)$  ifodadan olinadi (4-jadval):

$$\hat{\beta}_{OLS} = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y \quad (2)$$

$Y$  – Er(KWh);

$X$  – T (soat).

4-jadval

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y	3,4	4	5,6	6,6	8	8,5	8,8	8,5	7,4	5,6	3,6	2,9
X	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	9

$X_j$  o'zgaruvchili matrisaga bir elementli ustunni kiritamiz:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 9 \\ 1 & 10 \\ 1 & 11 \\ 1 & 12 \\ 1 & 13 \\ 1 & 14 \\ 1 & 14 \\ 1 & 13 \\ 1 & 12 \\ 1 & 11 \\ 1 & 10 \\ 1 & 9 \end{pmatrix}; \quad Y = \begin{pmatrix} 3,4 \\ 4 \\ 5,6 \\ 6,6 \\ 8 \\ 8,5 \\ 8,8 \\ 8,5 \\ 7,4 \\ 5,6 \\ 3,6 \\ 2,9 \end{pmatrix}$$

$X$  ga transponirlangan  $X^T$  matrisani tuzamiz:

$$X^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 14 & 13 & 12 & 11 & 10 & 9 \end{pmatrix}$$

$$\text{Matrisalarni ko'paytiramiz, } (X^T X) = \begin{pmatrix} 12 & 138 \\ 138 & 1622 \end{pmatrix}$$

Teskari matrisa  $(X^T X)^{-1}$  ni to'pamiz:

$$(X^T X)^{-1} = \begin{pmatrix} 3,862 & -0,299 \\ -0,329 & 0,029 \end{pmatrix} \quad \text{va} \quad (X^T Y) = \begin{pmatrix} 72,9 \\ 880,6 \end{pmatrix}$$

Modelning parametrlari quyidagicha topiladi:

$$\hat{\beta}_{OLS} = \begin{pmatrix} 3,862 & -0,329 \\ -0,329 & 0,029 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 72,9 \\ 880,6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -7,81 \\ 1,21 \end{pmatrix}$$

Demak regressiya tenglamasi:

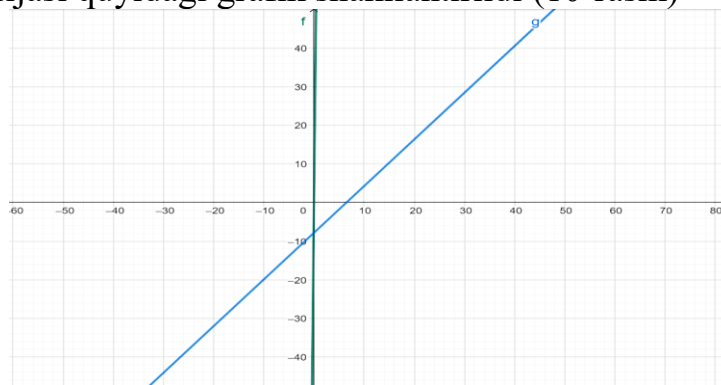
$$Y(X) = -7,81 + 1,21 \cdot X$$

$$E_p = -7,81 + 1,21 \cdot T$$

Natijada quyidagi chiziqli model topildi:

$$E_p = -7,81 + 1,21 \cdot T$$

Ushbu modul natijasi quyidagi grafik shakllantirildi (10-rasm)



10-rasm. Modul natijasidagi grafik

Matematik model bo'yicha amalga oshirilgan nazariy tadqiqotlar jarayonida 5-jadval shakllantirildi va ko'p omilli model orqali 3.3-formulaga ko'ra R-korrelyatsiya koeffitsienti aniqlandi.

5-jadval

S	-3264	267	9843	10396	12367	4520	1588	4288	14946	7564	461	-5300	57676
T	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	9	
$E_p$	18400	19800	26800	25900	28600	28900	30600	31500	31000	25900	18000	16400	
$E_d$	21664	19533	16957	15504	16233	24380	29012	27212	16054	18336	17539	21700	

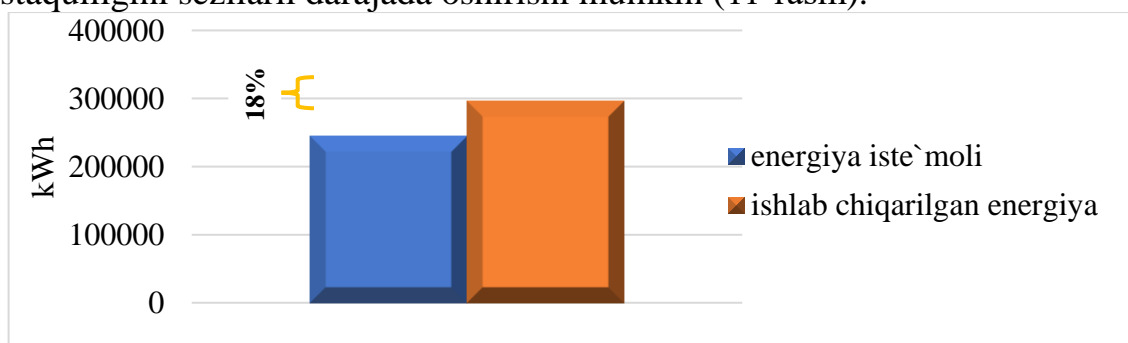
$$E_p = -0,22E_d + 2588 \cdot T \quad (3)$$

natijada  $R=0,93$  ekanligi aniqlandi.

$F_{emp} > F_{tabl}$ , koeffitsientlar statistik jihatdan ahamiyatli va regressiya tenglamasi statistik jihatdan 95% bilan ishonchli ekanligi tasdiqlandi<sup>20</sup>.

Tadqiqot jarayonida Toshkent shahar Yakkasaroy tumani Shota Rustaveli ko'chasida joylashgan 65-sonli xonadon o'rganildi. Natijasida 65-sonli xonadonning yillik energiya iste'moli 244124 kWh ni tashkil etdi.

Umuman olganda, ushbu tajribalar natijasidan yillik 296906 kWh quyosh energiyasi ishlab chiqarildi, bu esa shahar turar-joylari muassasasining energiya mustaqulligini sezilarli darajada oshirishi mumkin (11-rasm).



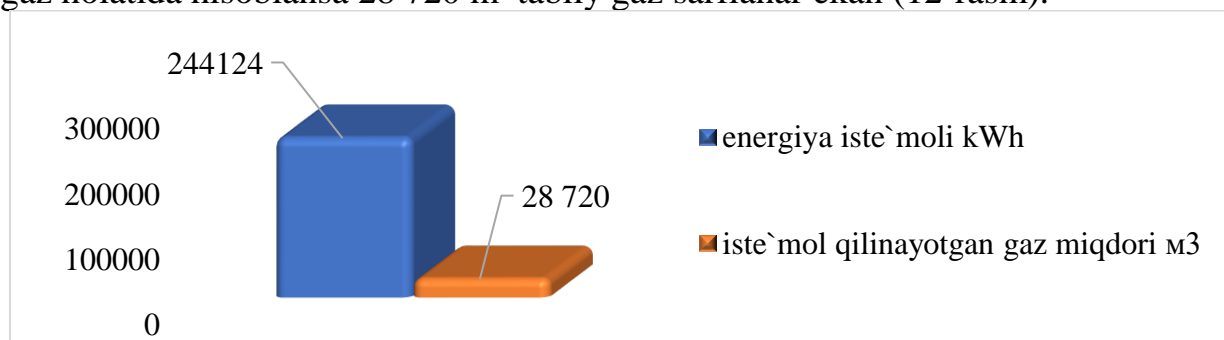
11-rasm. 65-sonli xonadon iste'moli va ishlab chiqargan elektr energiyasi tahlili

11-rasmda keltirilgan holatdan ma'lumki ishlab chiqarilgan elektr energiyasi iste'moldan ko'ra 18 % ko'p elektr energiya ishlab chiqarilar ekan.

Tadqiqot jarayonida 1 m<sup>3</sup> tabiiy gaz taxminan 8,5 dan 10 kVt·soatgacha energiya ajratadi. 65-sonli xonadonning yillik energiya iste'moli 244124 kWh ni

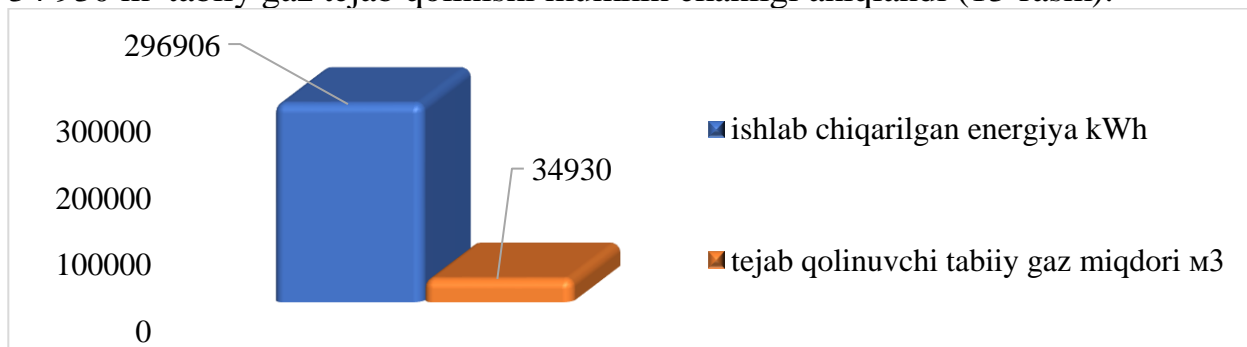
<sup>20</sup>Гмурман В.Е. "Теория вероятностей и математическая статистика." учебник М.: Высшая школа, 1999 г.

tashkil etdi va bu iste'mol qilinayotgan energiya miqdorini eng past hajmli tabiiy gaz holatida hisoblansa 28 720 m<sup>3</sup> tabiiy gaz sarflanar ekan (12-rasm).



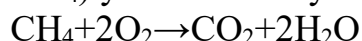
12-rasm. 65-sonli xonadonning yillik energiya iste'moli va uning tabiiy gaz bilan solishtirma holati

Dekarbonizatsiya yani qazib olinadigan yoqilg'iga asoslangan elektr energiyasini qayta tiklanadigan elektr energiyasi ishlab chiqarish bilan almashtirish orqali mahalliy havo ifloslanishini bartaraf etishga yordam beruvchi holatni ko'rib chiqamiz. Ushbu jarayonda quyosh fotoelektrik moduli orqali ishlab chiqarilgan 296906 kWh energiya miqdorini eng past hajmli tabiiy gaz holatida hisoblansa 34 930 m<sup>3</sup> tabiiy gaz tejab qolinishi mumkin ekanligi aniqlandi (13-rasm).



13-rasm. 65-sonli xonadonning yillik energiya ishlab chiqarilishi va uning tejab qoluvchi tabiiy gaz bilan solishtirma holati

Tabiiy gaz (asosan metan – CH<sub>4</sub>) yonishi reaksiyasi:



Bu reaksiyadan ko'rinib turibiki, 1 m<sup>3</sup> metan yonib, 44.64 mol CO<sub>2</sub> ning massasi:

$$m = 44.64 \times 44 = 1964.16 \text{ g} = 1.964 \text{ kg}$$

Demak, 1 m<sup>3</sup> tabiiy gaz yonishi natijasida taxminan 1.964 kg CO<sub>2</sub> hosil bo'ladi

Endi 34 930 m<sup>3</sup> uchun hisoblaymiz:

$$34\,930 \times 1.964 = 68\,579.52 \text{ kg}$$

yoki:  $68\,579.52 \text{ kg} \div 1000 = 68.58 \text{ tonna}$

Hisoblash natijasidan malum bo'ldiki 34 930 m<sup>3</sup> tabiiy gazni yonishi natijasida taxminan 68.58 tonna CO<sub>2</sub> gazi hosil bo'ladi.

Shuningdek, ushbu 65-sonli xonadonda o'rnatilgan QF moduli tomonidan ishlab chiqarilayotgan yillik energiya 296906 kWh ni tashkil etdi. Ishlab chiqarilgan yillik energiyani «Quyoshli uy» dasturi asosida "Hududiy elektr tarmoqlari" AJ kompaniyasiga 1000 so'mdan sotilishi natijasida 296 906 000 so'm xonadonning balansida shakllanishi mumkin. Agar iste'mol uchun to'g'ridan-to'g'ri "Hududiy

elektr tarmoqlari” AJ kompaniyasi sotib olinsa va ishlab chikarilgan energiya “Hududiy elektr tarmoqlari” AJ ga qayta sotilsa 2 marotaba ko‘proq foyda ko‘rilishi mumkin.

O‘zini oqlash muddati: Quyosh panellarini o‘rnatish xarajatlari turli omillarga bog‘liq bo‘lib, taxminan quyidagicha bo‘lishi mumkin:

- 1 kW quvvatli quyosh panellari narxi: 4,8 million so‘mdan 6 million so‘mgacha.

- binoga o‘rnatilgan quyosh panellarining umumiy quvvati: taxminan 225 kW.

- umumiy o‘rnatish xarajatlari:  $225 \text{ kW} \times 4,8 \text{ mln.so‘m} = 1.080 \text{ mln.so‘m}$ .

O‘zini oqlash muddati quyidagicha hisoblanadi:

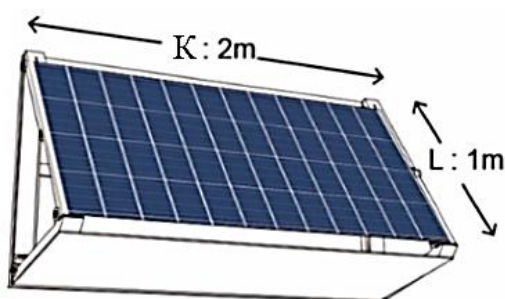
$1\,080\,000\,000 \text{ so‘m} / 296\,906\,000 \text{ so‘m/yil} \approx 3,6 \text{ yil}$ .

Demak, sarflangan mablag‘ taxminan 3,6 yilda qoplanadi. Shundan so‘ng, quyosh panellari yana 20-25 yil davomida elektr energiyasini ishlab chiqarishda davom etadi, bu esa qo‘shimcha daromad manbai bo‘ladi.

Tadqiqot jarayonida quyosh fotoelektrik modullar bilan integratsiyalashgan binolardan foydalanish bo‘yicha bir qancha xorijiy tajribalar o‘rganildi. Natijada, ushbu tizimni nafaqat shahar turar-joylarining tom qismida balki boshqa holatlarda binoga o‘rnatgan holda energiya olinishi mumkin ekanligi ma’lum bo‘ldi va tadqiqot jarayonidan olingan natijalardan quyidagicha bir nechta tavsiyalar ishlab chiqildi.

Tadqiqot jarayonida quyosh fotoelektrik modulni shahar turar-joylarining fasadiga mos ravishda ikkita usulda joylashtirilishi mumkin ekanligi ma’lum bo‘ldi (14-rasm)<sup>21</sup>:

- A turi – kengligi 2 m (K), uzunligi 1 m (L).
- B turi – kengligi 1 m (K), uzunligi 2 m (L).



A turi

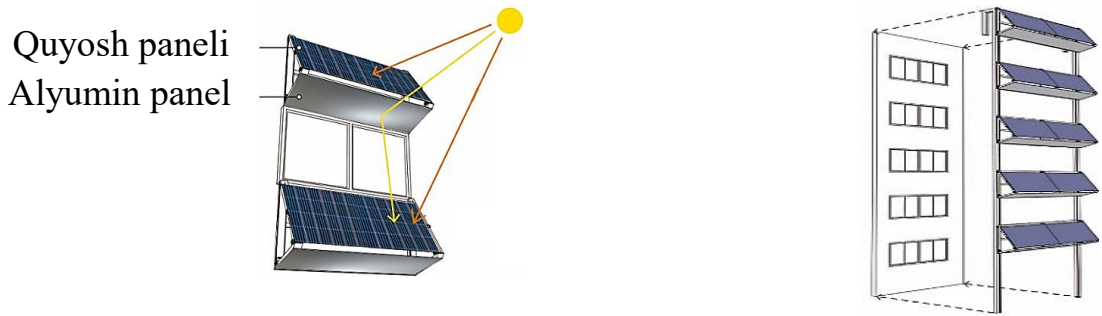


B turi

14-rasm. Ikki turda quyosh panellarini joylashtirilishi

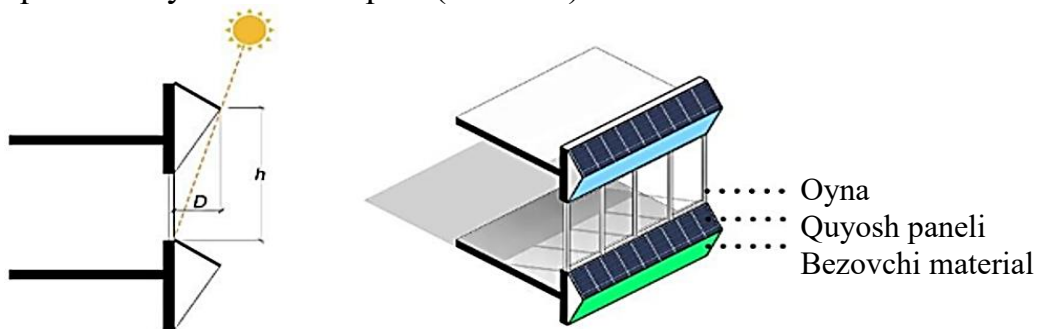
14-rasmda tadqiq etilgan holat bo‘yicha kinetik fasad tizimiga tavsiya ishlab chiqildi. Ushbu kinetik fasad tizimida optimal quyosh energiyasini ishlab chiqarish uchun birinchi o‘rnatilgan quyosh paneliga faqatgina quyosh nurining o‘zi tushadi uning ostiga esa qo‘shimcha yuqori aks ettirish qobiliyatiga ega aluminiy panel joylashtiriladi. Pastki aluminiy panel yuqori aks ettirish xususiyati tufayli bilvosita yorug‘likni quyosh paneliga yo‘naltiradi va unda birinchi panelga nisbatan ko‘proq yorug‘lik nuri tushadi (15-rasm).

<sup>21</sup> Ho Soon Choi “Architectural Experiment Design of Solar Energy Harvesting: A Kinetic Façade System for Educational Facilities”, Appl. Sci. 2022,



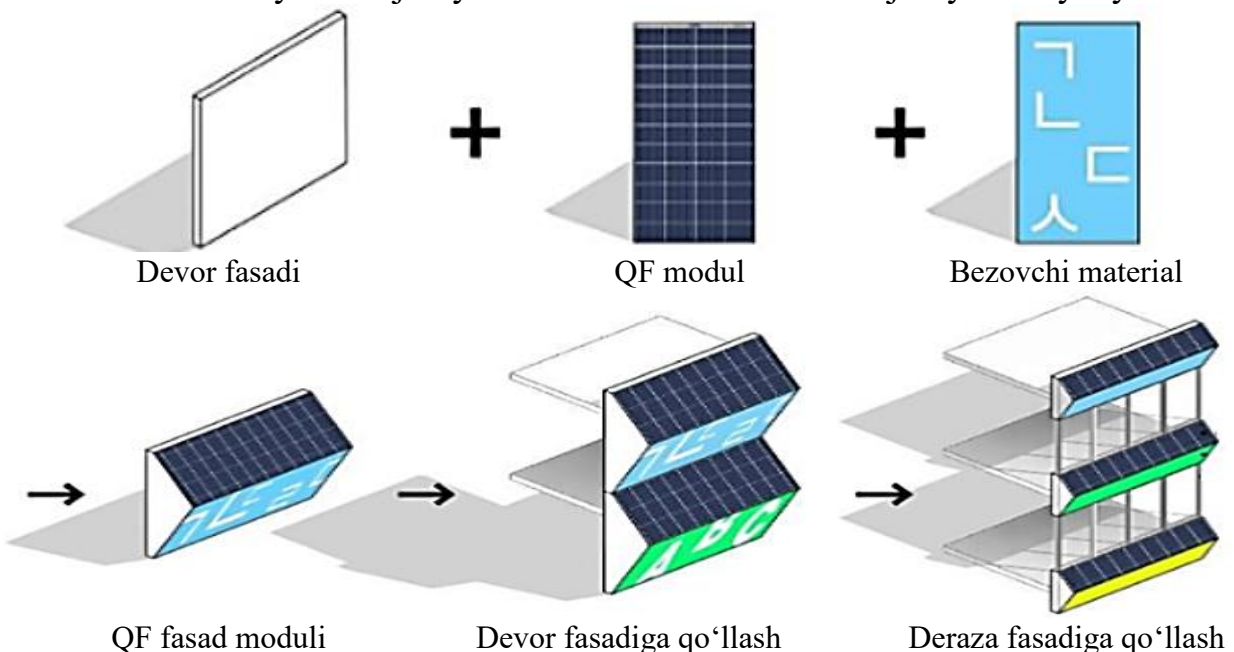
15-rasm. Optimal qiyalik burchagiga ko‘ra quyosh paneliga ega kinetik fasad tizimi prinsipi

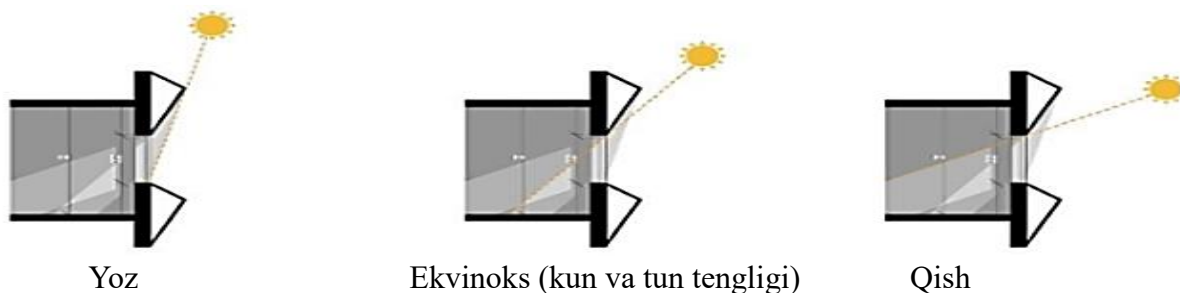
15-rasmda keltirilgan holatda alyumin panellar Toshkent shahridagi binolar ziyorlashganligini hisobga olsak ayrim hududlarda qaytayotgan quyosh nuri hisobiga noqulayliklarni keltirib chiqarishi mumkin. Shuni hisobga olgan holda ushbu tizimga muqobil tavsiya ishlab chiqildi (16-rasm).



16-rasm. Quyosh fotoelektrik modul tizimini bezak material bilan jixozlanishi

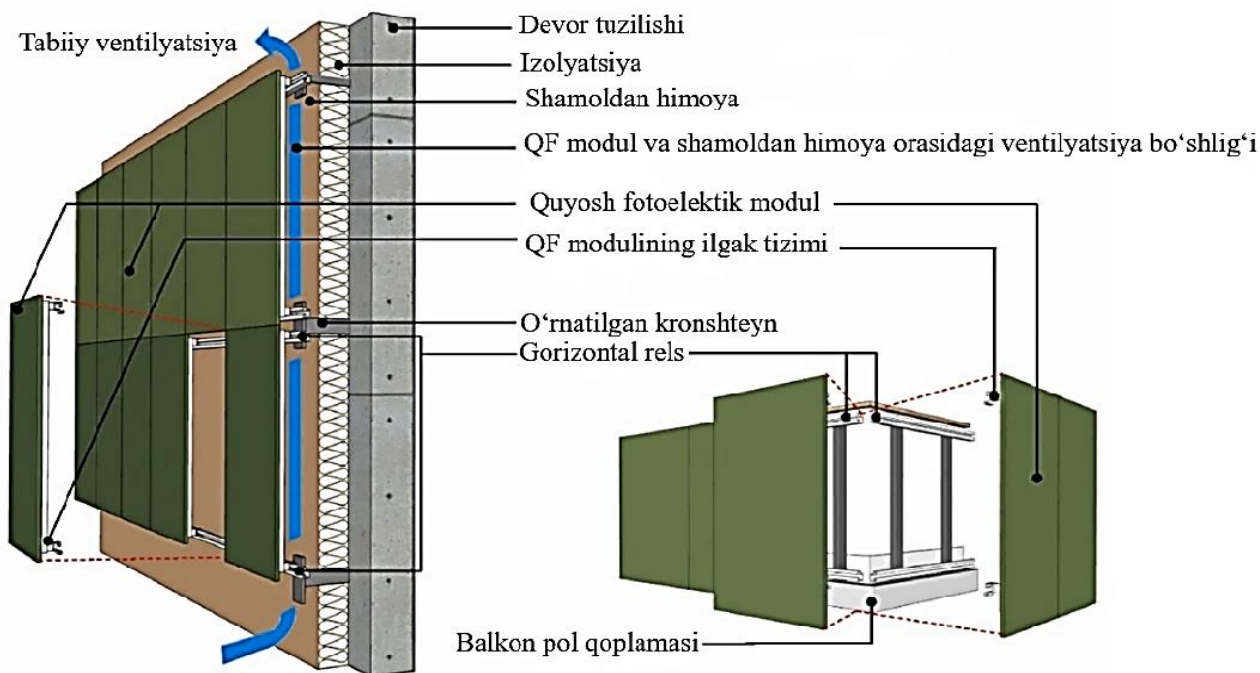
Odatda binolar fasadlari bir xil ko‘rinishdagi g‘ishtlar yoki panel devorlar va derazalardan iborat bo‘ladi. Ushbu tadqiqotda quyosh fotoelektrik modullari binolar bo‘ylab takroriy tarzda joylashtirilgan bo‘lib, yuqori qismida qiyalangan quyosh paneli, pastki qismida esa bezak panelidan tashkil topgan (17-rasm). Ushbu ekologik toza dizaynni joriy etish qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarishga imkon yaratish bilan birga, doimo shahar turar-joylari makonida bo‘ladigan fuqarolarda atrof-muhit ahamiyati va ijodiy fikrlashni shakllantirishda ijobiy rol o‘ynaydi.





17-rasm. Quyosh fotoelektrik modulining fasadda qo‘llanilishi

Shuningdek, shahar turar-joylarining fasad qismiga ma’lum bir burchak ostida joylashtirish holatidan tashqari quyosh fotoelektrik modul tizimini uning yuzasiga parallel holatda joylashtirish holatini ham tavsiya etish mumkin (18-rasm).




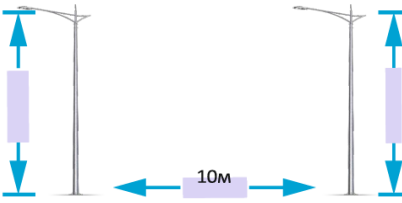

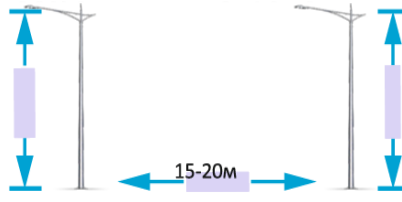

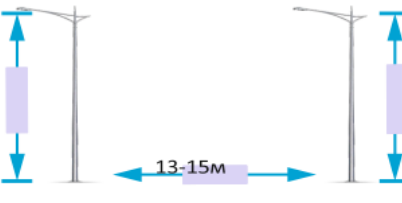

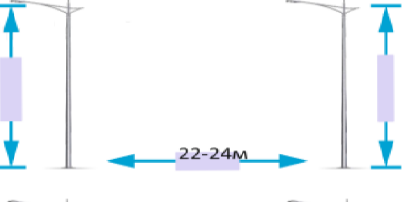

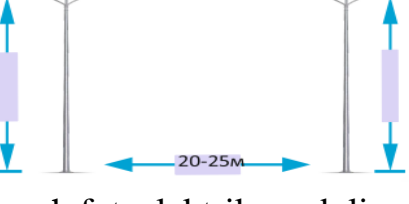
18-rasm. FIFP konstruktiv diagrammalari (chapda: devorlarga o‘rnatilgan FIFP; o‘ngda: balkon panjaralariga o‘rnatilgan FIFP).

18-rasmda devorlar va balkon panjaralari uchun FIFPlarning (fotoelektrik integratsiyalangan fasad panellari) kontseptual konstruktiv holati ko‘rsatilgan. Ushbu holat ananaviy fasad va balkon qoplama tizimlariga o‘xshash bo‘lib, bunda oddiy qoplama materiallari o‘rniga FIPV ishlatiladi.

Olib borilgan ilmiy izlanishlar natijasida shahar turar-joylariga tutash hududlar o‘rganildi natijada qator kamchiliklar aniqlandi. Shularni hisobga olgan holda hududga shaharsozlik bo‘yicha bir nechta tavsiyalar ishlab chiqildi.

O‘rganishlar natijasida eski ko‘cha chiroqlari bo‘yicha shaharsozlik muammolarni xorijiy tajribalarga asoslangan holda hal qilish maqsadida Respublikamizda o‘z faoliyatini amalga oshirayotgan “TELECOM SOLARDEVICE” MJCh bilan hamkorlikda tadqiqot ishining shahar turar-joylarini tutash hududini quyosh fotoelektrik moduli energiyasi bilan ta’minlash samaradorligi masalasida o‘rganishlar olib borildi va quyidagicha tavsiyalar shakllantirildi (19-rasm)<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> “Telecom solardevice” MJCH korxonasi ma’lumotlar bazasi.

	TDP – 90W1 450.000 so`m	Model № Kuch Quyosh panellari Batareya Li-Po4	TDP – 90W1 90 Vt 6 V 9 Vt 399*214 mm 3.2 V 10 Ah	
	TDP-120W6 550.000 so`m	Model № Kuch Quyosh panellari Batareya Li-Po4	TDP – 120W6 120 Vt 6 V 13 Vt 507*231mm 3.2 V 15 Ah	
	TDP-100W3 900.000 so`m	Model № Kuch Quyosh panellari Batareya Li-Po4	TDP – 100W3 100 Vt 6 V 25 Vt 530*350mm 3.2 V 25 Ah	
	TDP-400W4 1.500.000 so`m	Model № Kuch Quyosh panellari Batareya Li-Po4	TDP – 400W4 400 Vt 6 V 40 Vt 670*445mm 3.2 V 40 Ah	
	TDP-400W8 1.250.000 so`m	Model № Kuch Quyosh panellari Batareya Li-Po4	TDP – 400W8 400 Vt 6 V 30 Vt 335*590mm 3.2 V 40 Ah	

19-rasm. Shahar turar-joylarini tutash hududini quyosh fotoelektrik moduli energiyasi bilan ta'minlash tavsiyalari

19-rasmda keltirilgan ishlar orqali shahar turar-joylari tutash hududini quyosh fotoelektrik moduli energiyasi bilan ta'minlash orqali hududda iste'mol qilinuvchi energiya hajmini kamaytirishga erishish mumkin.

Tadqiqot jarayonida o'rganilgan hududda avtomobillar saqlash joylarini modernizatsiya ishlarini amalga oshirish lozimligi aniqlandi. Shularni hisobga olgan holda zaryadlash xususiyatiga ega avtomobil to'xtash joylariga tavsiyalar ishlab chiqildi (20-rasm).



20-rasm. Avtomobillarning to'xtash joylarini quyosh fotoelektrik modullari orqali zamonaviy loyihalash tavsiyasi

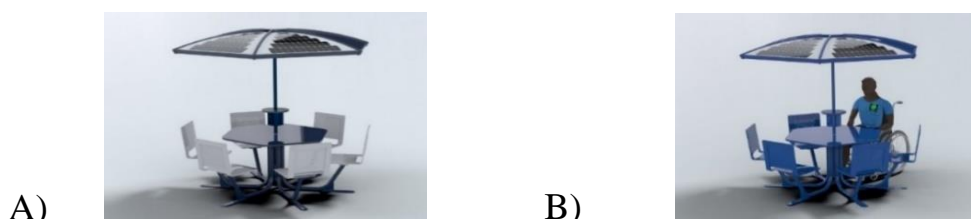
20-rasmda tasvirlangan avtomobillarning to'xtash joylarini zamonaviylashtirish maqsadida quyosh fotoelektrik modullari bilan birlashtirish natijasida shaharsozlikda shahar turar-joylari va uning tutash hududini quyosh fotoelektrik modul energiyasi bilan ta'minlash orqali samaradorlikga erishish uchun bir qancha takliflar ishlab chiqildi.

Shahar turar-joylari ga tutash hududni quyosh fotoelektrik moduli energiyasi bilan ta'minlash masalasida o'rganilgan hududda yashovchilar uchun o'rindiqlar eskiligi va soni yetishmasligini hisobga olgan holda tavsiyalar ishlab chiqildi (21-rasm).



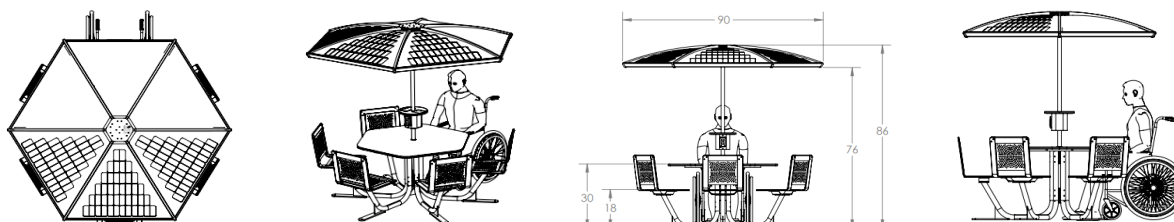
21-rasm. Shahar turar-joylarigi o'rindiqlarni quyosh fotoelektrik moduli energiyasi bilan ta'minlash bo'yicha tavsiyalar

Tadqiqot ishlari amalga oshirilayotgan hududning dam olish xiyobonlarining zamon talablariga mos emasligini hisobga olgan holda ularni quyosh fotoelektrik modullari bilan jihozlagan holda tavsiyalar ishlab chiqildi (22-rasm).



A) Imkoniyati cheklanmagan aholi uchun, B-Imkoniyati cheklangan aholini hisobga olgan holda

22-rasmda keltirilgan B holatda imkoniyati cheklangan insonlarni ham hisobga olgan holda dam olish xiyobonini loyihalash tavsiyasining o'lchamli chizma ishlarini 23-rasmda ko'rish mumkin.



23-rasm. Imkoniyati cheklanganlar uchun tavsiyalar

Tadqiqot ishlari olib borilayotgan hududdagi 1 ta turar-joyning o'rtacha yillik energiya iste'moli taxminan 250000 kVt/s ni tashkil etishi va unda 45 ta xonadon mavjudligi aniqlandi va 1 xonadon yil davomida 5 555.5 kVt/s energiya este'mol qilish mumkinligi hisoblandi. Shuningdek, bu jarayon tumandagi barcha turar-joylardagi xonadonlar uchun hisoblanganda 151 633 334 kVt/s ni tashkil etdi. Hududning yillik energiya iste'moli ta'minlash uchun sarflanishi mumkin bo'lgan gaz hajmini aniqlashda ushbu bobda aniqlangan hisoblash ishlaridan foydalanildi. Natijada, 151 633 334 kVt/s energiya ishlab chiqarish uchun o'rtacha 17 839 215 m<sup>3</sup> gaz sarflanishi mumkinligi aniqlandi. Dissestatsiya ishining iqtisodiy qismida aniqlangan 1 m<sup>3</sup> tabiiy gaz yonishi natijasida taxminan 1.964 kg CO<sub>2</sub> hosil bo'lishini hisobga olindi va Yakkasaroy tumanini elektr energiyasi bilan ta'minlash maqsadida 17 839 215 m<sup>3</sup> gazni sarflanishi va gazni yoqish natijasida atmosferaga 35 036.22 tonna CO<sub>2</sub> chiqindi gazi chiqishi mumkin.

## XULOSALAR

Dissertatsiya taqdim etilgan nazariy va amaliy natijalari shahar turar-joylar va ularga tutash hududlar ekspluatatsiyasi samaradorligini oshirishda vujudga kelgan muammolarni, murakkab bo'lgan ilmiy-texnik yechimiga imkon beradi. Tadqiqot natijalari quyidagi asosiy xulosalarni keltirishga asos bo'ladi:

1. O'zbekiston Respublikasida qurilgan kvartiralar umumiy maydoni 2019 yilda 126,8 m<sup>2</sup> ni tashkil etgan bo'lsa ushbu holat 2023 yilda 190,2 m<sup>2</sup> ni hosil qildi. Shuningdek, Respublikamizda so'ngi 5 yilda elektr energiyasi iste'moli 20% ga oshgan va bu xolatda aholi tomonidan sarflanayotgan energiya 31% ga oshgan hamda ushbu ko'rsatkich yiliga 6% dan o'sib bormoqda;

2. Aniqlangan holatga ko'ra Yakkasaroy tumani Shota Rustaveli ko'chasida joylashgan 65-sonli xonadonning 2024 yil fevral oyidan 2025 yil fevral oyigacha bo'lgan oraliqda yillik elektr energiyasi sarfi 244124 kWh ni tashkil etdi;

3. IES 63092-1 standarti bo'yicha quyosh fotoelektrik modullarini deyarli har qanday qoplama komponenti binoga o'rnatilgan turli fotoelektrik bilan jihozlanishi mumkin, jumladan tom, turli xil fasadlar, balustradalar va tashqi elementlar, masalan, soya yaratish qurilmalari bilan birlashtirish kabi bir qancha holatlar ko'rib chiqildi;

4. Aholi bilan o'tkazilgan so'rovnomatahlilida quyosh panellaridan foydalanish jarayoni bo'yicha 29.7% respondentlar sifati yaxshi ekanligini takidlagi va u aholining iste'mol talablarini qanoatlantirishi haqida fikrlar o'rganilganda 45.3% respondent qisman qanoatlantirayotganligi ma'lum qildi. Shuningdek, respondentlar orasida mutaxassislar ham fikri o'rganilganda ular tomonidan quyosh fotoelektrik moduli uchun bino tom qismi yetarli emasligi va uni "Tom+Fasad" qismida o'rnatish 41.3% fikr berilganligi aniqlandi;

5. "GLOBAL SOLAR ATLAS" dasturi bo'yicha tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, shahar turar-joylarining tom va fasad qismida turli burchaklarda quyosh fotoelektrik modulini o'rnatish orqali elektr energiya ishlab chiqarish mavjudligi aniqlandi hamda matematik modeli ishlab chiqilib nazariy tadqiq etildi. Natijada,  $F_{emp} > F_{tabl}$ , koeffitsientlar statistik jihatdan ahamiyatli va regressiya tenglamasi statistik jihatdan 95% bilan ishonchli ekanligi tasdiqlandi.

6. Texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha binoda quyosh fotoelektrik moduli o'rnatilinsa ishlab chiqarilgan elektr energiyasi xonadon egalari tomonidan iste'mol qilinayotgan elektr energiyadan 18% ko'p ekanligi aniqlandi. Shuningdek, quyosh fotoelektrik moduli orqali ishlab chiqarilgan yillik 296906 kWh energiya miqdorini eng past hajmli tabiiy gaz holatida hisoblansa 34 930 m<sup>3</sup> tabiiy gaz tejab qolinishi mumkin ekanligi va atmosferaga 65.58 tonna CO<sub>2</sub> gaz chiqishi oldini olinishi mumkinligi aniqlandi.

7. Tadqiqot ishi olib borilgan shahar turar-joylari va tutash hududini quyosh fotoelektrik moduli energiyasi bilan ta'minlash orqali samaradorlikga erishish bo'yicha binolarning atrofini markaziy elektr tarmog'idan uzilgan holda ko'chalarni yoritish tizimi bilan ta'minlash, avtomobillarning to'xtash joylarini va tumandagi avtobus bekatlarini zamonaviylashtirish bilan energiya ishlab chiqaruvchi kichik stansiyalar bilan jihozlashga tavsiyalar ishlab chiqildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.26/04.07.2023.Т.11.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**УРИНОВ МУРОДЖОН ЗАЙНИ УГЛИ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ  
ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ  
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ**

18.00.02 – Районирование. Градостроительство. Планирование сельских жилых зданий.  
Ландшафтная архитектура. Архитектура зданий и сооружений (технические науки).

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Ташкент - 2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2025.2.PhD/T5798**

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном университете. Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском) (резюме) размещен на веб-странице Ташкентского архитектурно-строительного университета (<http://taqu.uz/interaktiv-xizmatlar/taqu-ilmiy-faoliyati/ixtisoslashgan-kengashlar/avtoref.html>) и на информационно-образовательном портале "ZiyoNet" ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:**

**Хотамов Асадулла Тоштемирович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Шукуров Илхомжон Садриевич,**  
доктор технических наук, профессор  
**Дусатов Ботир Эшдавлат угли,** доктор философии по техническим наукам (PhD)

**Ведущая организация:**

**ГУ «УзшахарсозликЛИТИ»**

Защита диссертации состоится на заседании научного совета по присвоению учёных степеней под номером PhD 26/04.07.2023.T.11.03 при Ташкентском архитектурно-строительном университете от “30” сентября 2025 года в 13-00 часов (Адрес: город Ташкент, Юнусабадский район, улица Янги шахар, дом 9. Зал собраний Ташкентского архитектурно-строительного университета. Тел.: +998(55) 508 02 56, e-mail).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного университета (зарегистрирована под номером №171). (Адрес: 100194, город Ташкент, Юнусабадский район, улица Янги шахар, дом 9. Тел.: +998 (71) 142 65 85).

Автореферат диссертации был разослан “18” сентября, 2025 года.

(протокол реестра №8/2025-3 от “28” августа, 2025 года).

**Ш.Х. Юнусов**

Заместитель председателя научного  
совета по присвоению учёных  
степеней, д.арх.н, доцент

**Ф.А. Абдихалилов**

Секретарь научного совета по  
присвоению ученых степеней, PhD,  
доцент

**И.С.Шукуров**

Председатель научного семинара при  
научном совете по присвоению  
учёных степеней, д.т.н, профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации кандидата наук (PhD))

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** Одним из наиболее приоритетных направлений широкого практического использования солнечной энергии в мире является использование солнечных фотоэлектрических модулей для получения энергии из альтернативных источников энергии в градостроительстве. В настоящее время в развитых странах «...производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии растет на 7% в год, из них доля ветровой и солнечной энергии составляет 60%. Установлено, что к 2030 году на возобновляемые источники энергии будет приходиться более 60% производства в сценарии с нулевым уровнем выбросов»<sup>23</sup>. В этой связи особое внимание уделяется повышению энергоэффективности, в том числе установке солнечных фотоэлектрических модулей в городских жилых зданиях, модернизации прилегающих к ним территорий, анализу и моделированию энергетической ситуации.

В ведущих мировых научных центрах ведутся научно-исследовательские работы по проектированию солнечных фотоэлектрических модулей, применяемых в солнечной энергетике, в том числе по созданию новых конструкций непрерывных источников электроэнергии и методов их расчета. Если обратиться к истории, то в 1973 году в Нигерии и Париже прошёл международный конгресс на тему «Солнце на службе человека». Все эти симпозиумы положили начало альтернативной энергетике. Они стали началом получения альтернативной энергии. Также ведутся исследования перспективных солнечных фотоэлектрических модулей и создания на их основе альтернативных источников энергии в градостроительстве. При этом повышение эксплуатационной эффективности городских жилых зданий с помощью солнечных фотоэлектрических модулей считается актуальной задачей.

В нашей республике реализуются масштабные мероприятия по проведению исследований и внедрению новых технологий, которые будут способствовать широкому использованию и повышению эффективности возобновляемых источников энергии. В Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы среди прочего обозначены задачи по «обеспечению бесперебойного снабжения экономики электроэнергией и активному внедрению технологий «зеленой экономики» во всех отраслях, повышению энергоэффективности экономики на 20 процентов»<sup>24</sup>. Одним из важных вопросов является реализация этих задач, в том числе повышение эффективности солнечных фотоэлектрических модулей, оптимизация их основных параметров, разработка решений по моделированию процессов преобразования солнечной энергии в электрическую.

Исходя из того, что Президент Республики Узбекистан объявил 2025 год «Годом охраны окружающей среды и «зеленой» экономики», данное диссертационное исследование послужит в определенной мере реализации

---

<sup>23</sup> [https://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2015\\_3\\_84\\_104.pdf](https://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2015_3_84_104.pdf)

<sup>24</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

задач, изложенных в указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О новой Стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы»<sup>25</sup>, постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-100 от 11 марта 2025 года «О мерах по кардинальному реформированию сферы обеспечения тепловой энергией жилых домов, зданий и сооружений, а также повышению энергоэффективности зданий»<sup>26</sup>, указе Президента Республики Узбекистан №УП-158 от 11 сентября 2023 года «О Стратегии “Узбекистан-2030”»<sup>27</sup>, постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-57 от 16 февраля 2023 года «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году»<sup>28</sup>, указе Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 г. №УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности»<sup>29</sup>, постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-171 от 31 мая 2023 года “О мерах по эффективной организации деятельности министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата”<sup>30</sup>, а также, «Концепция обеспечения Республики Узбекистан электроэнергией на 2020-2030 годы» Кабинета Министров Республики Узбекистан”<sup>31</sup>, постановлении Кабинета Министров от 8 января 2024 года №13 “О регулировании и развитии сферы организации энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии”<sup>32</sup>, постановлении Кабинета Министров №362 от 11 августа 2023 года “О мерах по разработке и эффективной реализации национального плана в отношении к изменению климата и рискам стихийных бедствий”<sup>33</sup> и постановлении Кабинета Министров №48 от 18 января 2019 года “Об утверждении концепции внедрения технологий «Умный город» в Республике Узбекистан”<sup>34</sup> и в других нормативно-правовых документах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Диссертационная работа соответствует

---

<sup>25</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы.

<sup>26</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-100 от 11 марта 2025 года «О мерах по кардинальному реформированию сферы обеспечения тепловой энергией жилых домов, зданий и сооружений, а также повышению энергоэффективности зданий».

<sup>27</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-158 от 11 сентября 2023 года "О Стратегии "Узбекистан-2030"".

<sup>28</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-57 от 16 февраля 2023 года «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году.

<sup>29</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-220 от 9 сентября 2022 года “О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности».

<sup>30</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-171 от 31 мая 2023 года “О мерах по эффективной организации деятельности министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата”.

<sup>31</sup> «Концепция обеспечения Республики Узбекистан электроэнергией на 2020-2030 годы» Кабинета Министров Республики Узбекистан”.

<sup>32</sup> Постановление Кабинета Министров от 8 января 2024 года №13 “О регулировании и развитии сферы организации энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии.

<sup>33</sup> Постановление Кабинета Министров №362 от 11 августа 2023 года “О мерах по разработке и эффективной реализации национального плана в отношении к изменению климата и рискам стихийных бедствий.

<sup>34</sup> Постановлении Кабинета Министров №48 от 18 января 2019 года “Об утверждении концепции внедрения технологий «Умный город» в Республике Узбекистан.

приоритетному направлению IV Программы развития науки и технологий Республики Узбекистан «Разработка методов использования возобновляемых источников энергии, создание нанотехнологий и устройств».

**Степень изученности проблемы.** Значительный вклад в разработку солнечных фотоэлектрических модулей в городах, их применение в городах в соответствии с градостроительными требованиями, обеспечение городских жилых зданий экологически чистыми источниками энергии внесли ряд видных зарубежных ученых, в том числе А.К. Раджа, А.П. Шривастава, М. Дживеди, Хенрик Персон, Хо Сун Чой, К.Х. Фриволд, Гын Ён Юн, Майк МакЭвой, Коэн Стимерс, Ли Мэй, Дэвид Инфилд, Урсула Эйкер, Волкер Фукс, Сон Дук Юн, Софарит Вути, Джон Уайли, В.А. Веников, Е.В. Путьягин, П.С. Непорожный, В.И. Обрезков и другие.

Вопрос повышения эффективности эксплуатации городских жилых зданий с помощью установки солнечных фотоэлектрических модулей является практически неизученной сферой в нашей республике, его совершенствованию посвящены научные труды видных ученых Узбекистана. Некоторые аспекты данного вопроса были раскрыты в исследованиях таких ученых, как И.С. Суханов, М.М. Захидов, Ю.К. Рашидов, Дж.З. Ахадов, Н.Т. Ташпулатов, П.И. Каландаров, Д.Б. Кадыров, А.И. Анарбаев, С.А. Кадирова, М.Т. Абдуджаббаров, Х.М. Убайдуллаев, М.М. Иногамова, Ф.Н. Базарбаев. Вопросы ориентации зданий в жилых массивах, с учётом естественных, техногенных и антропогенных факторов, влияющих на их взаимное расположение и, соответственно, на их энергоэффективность, изучаются И.С.Шукуровым, А.Т.Хотамовым, Х.Ф.Аллабергановым, Б.Э.Дусатовым.

Вместе с тем, недостаточно изучены проблемы энергоэффективности городских жилых зданий и оснащения прилегающих к ним территорий солнечными фотоэлектрическими модулями, оптимизации предъявляемых к ним нормативно-технических требований.

**Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими планами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с Основным планом научных исследований кафедры «Городская инфраструктура» Ташкентского архитектурно-строительного университета.

**Цель исследования.** Разработка рекомендаций по повышению эффективности эксплуатации городских жилых зданий с помощью солнечных фотоэлектрических модулей.

**Задачи исследования:**

- изучение способов установки солнечных панелей и расчета их эффективности в городских жилых зданиях;
- изучение зарубежного опыта по использованию зданий, оснащенных солнечными панелями;
- разработка математической модели расчета времени поступления солнечного света на жилые здания и прилегающие к ним территории и проведение на ее основе теоретических исследований;
- разработка рекомендаций по оснащению солнечными панелями городских жилых зданий, расположенных под разными углами к горизонту;

- технико-экономическое обоснование повышения эффективности эксплуатации городских жилых зданий по разработанным вариантам и определение снижения количества выбрасываемого в атмосферу CO<sub>2</sub> газа.

В качестве **объекта исследования** были приняты городские жилые здания города Ташкента и прилегающие к ним территории.

**Предметом исследования** является разработка оптимальных моделей обеспечения электроэнергией посредством установки солнечных панелей на городских жилых зданиях в системе «здание – прилегающая территория – солнечная панель».

**Методы исследования.** В процессе исследования были использованы такие методы, как анализ научных источников, статей и литературы по теме, изучение интернет-ресурсов, изучение нормативных документов, естественное наблюдение, статистическая обработка данных, математико-статистические методы, корреляционно-регрессионный анализ.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

систематизирован учет потребления энергоресурсов в городских жилых зданиях и прилегающих к ним территориях, находящихся в эксплуатации;

с использованием методов сравнительного анализа теоретически обоснована эффективность оснащения городских жилых зданий и прилегающих к ним территорий солнечными панелями по сравнению с использованием централизованных электросетей;

разработана математическая модель системы с использованием солнечных панелей для организации бесперебойного энергопотребления городских жилых зданий и прилегающих к ним территорий;

выявлены случаи оборудования солнечных панелей в городских жилых зданиях и прилегающих к ним территориях с высоким коэффициентом полезной работы по отношению к горизонту и разработаны рекомендации по механизмам их оптимального размещения.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

проведен визуальный анализ состояния городских жилых зданий и прилегающих к ним территорий, а также определено энергопотребление городских жилых домов на исследуемой территории;

проведен анализ состояния установленных солнечных фотоэлектрических модулей (СФМ) за рубежом и в Узбекистане, а также сформирована база данных путем проведения социологического опроса;

на основе сформированной базы данных проведены эксперименты с использованием программы Global Solar Atlas по установке СФМ под несколькими углами и разработана их математическая модель;

разработаны модели для повышения эффективности эксплуатации городских жилых зданий с использованием солнечных фотоэлектрических модулей.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обеспечивается их высокой обоснованностью, подтверждаемой достоверностью выдвинутых гипотез, сопоставлением результатов расчетов с экспериментальными данными, использованием современных методов

исследования и оборудования, а также отсутствием противоречий полученных результатов общепринятым теоретическим представлениям.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке теоретических аспектов оснащения эксплуатируемых в нашей Республике городских жилых зданий и прилегающих к ним территорий солнечными фотоэлектрическими модулями.

Практическая значимость результатов исследования объясняется разработкой математической модели и методических основ путем оснащения городских жилых зданий и прилегающих к ним территорий солнечными фотоэлектрическими модулями.

#### **Внедрение результатов исследования.**

На основе результатов научно-исследовательской работы проведено внедрение и получены акты внедрения в организациях, которые служат для обеспечения эффективности эксплуатации городских жилых зданий, таких как АО “ТошуйжойЛИТИ” (акт №07-04/34 от 24 апреля 2025 года), ГУ “УзшахарсозликЛИТИ” (акт №20 от 24 апреля 2024 года), ООО “PUK MADALI SERVICE” (акт №10 от 21 апреля 2025 года), ООО “CONTROLLER ENERGY” (акт №4/1 от 14 марта 2025 года).

По результатам исследований, проведенных совместно с ООО «CONTROLLER ENERGY», расположенному по адресу город Ташкент, Яккасарайский район, улица Шота Руставели, квартира №65, за счет оснащения городских жилых зданий солнечными фотоэлектрическими модулями было достигнуто производство 296906 кВт.ч. энергии в год, а также сокращение 68,58 тонн выбросов газа CO<sub>2</sub> в год.

Также по внедрению получена справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 5 июня 2025 года № 34-06/6294.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы обсуждались на 2 международных и 2 республиканских научно-технических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы опубликованы в 15 научных и научно-методических трудах, в 4 научных статьях в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, а также 2 международных изданиях: 1 в базе данных информационной платформы Web of Science и 1 в журналах с высоким «Impact Factor», 9 тезисов в материалах конференций (из них 6 на международных) и 1 в учебном пособии. Также получено свидетельство №DGU 50255 от Министерства юстиции Республики Узбекистан на созданную программу для электронных вычислительных машин, связанную с научной работой.

**Структура и объем диссертации.** Состав диссертации состоит из вступительной части, четырех глав, заключения, использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 111 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во вступительной части диссертации обосновываются актуальность и необходимость исследования, описываются цели и задачи, объект и предмет исследования, указывается его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, описывается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научно-практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных научных работах, структуре диссертации.

Первая глава диссертации называется «**Повышение эффективности эксплуатации городских жилых зданий с использованием солнечных фотоэлектрических модулей**» и начинается с состояния проблемы и целей исследования. Мы видим, что плотность городской застройки увеличивается, поскольку количество построенных в этом районе квартир и их средняя площадь увеличиваются с годами.

Расположение (ориентация) городских жилых зданий в городе Ташкенте относительно горизонта оказывает существенное влияние на его энергоэффективность и комфортность проживания. Согласно санитарным нормам, в период с 22 марта по 22 сентября в жилых помещениях должно быть не менее 2,5 часов солнечного света в день.

В связи с этим проанализировано расположение 21 махалли и городских жилых зданий в Яккасарайском районе города Ташкента. Также визуально проверено их эксплуатационное состояние (рисунок 1).



Рисунок-1. Жилые здания, расположенные в Яккасарайском районе, где проводились исследования

Основные проблемы в процессе эксплуатации городских жилых зданий можно свести к следующему: состояние инженерных систем, энергоэффективность и теплоснабжение, проведение ремонтно-эксплуатационных работ, проблемы в предоставлении услуг населению, правовые и управленческие проблемы, экологические и природоохранные проблемы.

В результате проведенного исследования установлено, что недостаточная теплоизоляция городских жилых зданий приводит к высоким потерям тепла и ухудшению состояния фасадов, кровель и мест общего пользования. Мониторинговые работы проводились на зданиях, построенных в период с 1916 по 1970 годы, согласно программе «AgeTashkent», разработанной Департаментом цифрового развития. Среди этих городских жилых зданий

была выбрана квартира №65 по улице Шота Руставели и данные были изучены с помощью программы “AgeTashkent”. Анализ потребления электроэнергии выбранным зданием с февраля 2024 года по февраль 2025 года проводился на основе данных, полученных от Яккасарайского районного предприятия электрических сетей (рисунок 2).

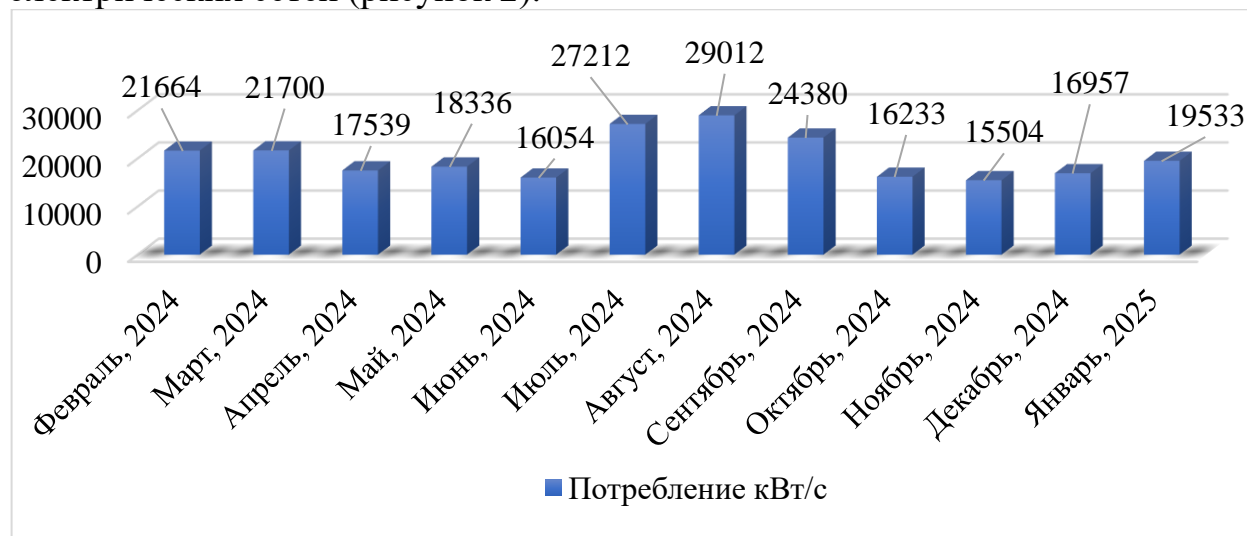


Рисунок-2. Энергопотребление квартиры № 65 за один год

Поскольку Президентом Республики Узбекистан 2025 год объявлен «Годом охраны окружающей среды и «зеленой» экономики», мы видим, что работу по развитию технологий производства энергии из возобновляемых источников энергии необходимо вести ускоренными темпами. Также Кабинетом Министров Республики Узбекистан утверждена «Концепция обеспечения электроэнергией Республики Узбекистан в 2020-2030 годах».

В настоящее время около 23 процентов потребления энергии в мире приходится на жилищный сектор, тогда как в Республике Узбекистан эти показатели составляют 40 процентов. В частности, если в Европе потребление энергии на квадратный метр составляет 120–150 киловатт-часов в год, то в Узбекистане этот показатель превышает 390 киловатт-часов.

Использование солнечных панелей в градостроительстве становится всё более популярным благодаря его многочисленным преимуществам. Эти батареи способны накапливать солнечную энергию в течение дня, а затем отдавать её для использования в периоды пиковой нагрузки или когда солнце не светит. Также в процессе эксплуатации солнечных фотоэлектрических модулей могут возникнуть такие проблемы, как накопление пыли на поверхности, повышение температуры на задней стороне панели, а также повреждения во время града или снежного покрова из-за установки под определенным углом к вертикальной поверхности. Чтобы избежать этих проблем, был изучен зарубежный опыт:

- Компания Activ Solar Ventures, базирующаяся в Анкоридже (Аляска), начала вертикальную установку панелей для увеличения выработки электроэнергии в зимний период;

- Компания Quixotic Systems из Нью-Йорка устанавливает стеновые панели параллельно стенам высотой около 6 дюймов, оставляя зазор между панелью и зданием для предотвращения прилипания.

В процессе использования солнечных панелей в градостроительстве возникло несколько проблем в горизонтальной плоскости. Таким образом, на примере зданий компании Quixotic Systems в Нью-Йорке мы увидели, что их можно устанавливать вертикально и получать энергию.

Чтобы максимально эффективно использовать солнечные панели, необходимо сначала учесть факторы, влияющие на выработку электроэнергии:

- тип и угол крыши;
- освещение территории;
- тип солнечных панелей (поликристаллические или монокристаллические);
- размещение солнечных панелей (на крыше, стене или земле);
- тип солнечной электростанции (сетевая, автономная, гибридная);

Кроме того, основные требования по оснащению зданий солнечными панелями должны осуществляться на основе сведений, полученных из таких норм и правил, как ПУЗ-2011 «Правила устройства электроустановок», СНиП (КМК) 3.05.06-97 «Электротехнические устройства», СНиП 2.04.17-19 «Электрооборудование жилых и общественных зданий», ШНК 2.04.15-23 «Фотоэлектрические установки (системы)», ГОСТ 22483-2012 «Кабели, провода и жилы для проводов», ВСН 370-93 «Инструкция по прокладке электропроводок при производстве работ».

Проект под названием «Интеграция фотоэлектрических систем в здания и городские системы в Индии» классифицирует фотоэлектрические системы, установленные в зданиях, по крышам, фасадам и внешним элементам, а также представляет различные области применения на основе стандарта IEC 63092-1.

Глава II диссертации называется **«Теоретическое и экспериментальное исследование эффективности эксплуатации городских жилых зданий с помощью установки солнечных фотоэлектрических модулей»**. Получение экологически чистой возобновляемой электроэнергии с помощью солнечных фотоэлектрических модулей становится сегодня актуальной проблемой во всем мире.

Поскольку эффективность получения энергии солнечным фотоэлектрическим модулем является важным фактором в процессе исследования, был изучен раздел «Методика определения угла падения солнечного излучения и угла наклона приемной площадки к горизонту» учебника «Солнечная энергетика» учёных Юлдашева И.А., Султанова М.К., Юлдашева Ф.М. Оказалось, что для географической широты 41°15'52" города Ташкента оптимальные углы определены зимой, весной и осенью, а также летом (таблица 1)<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Юлдашев И.А., Султанов М.К., Юлдашев Ф.М., Учебник по предмету «Солнечная энергетика», Ташкент – 2022.

## Оптимальные углы в городе Ташкенте

Оптимальный угол наклона установки ФЭБ относительно горизонтальной плоскости в зависимости от времени года		
Зимой	Весной и осенью	Летом
~62 <sup>0</sup>	~41 <sup>0</sup>	~20 <sup>0</sup>

Помимо вышеперечисленных видов производства энергии с помощью солнечных фотоэлектрических модулей, существуют также международные стандарты получения энергии. Международный стандарт IEC 63092-1 описывает все виды производства энергии в случае солнечных панелей, установленных на зданиях (рисунок 3)<sup>36</sup>.

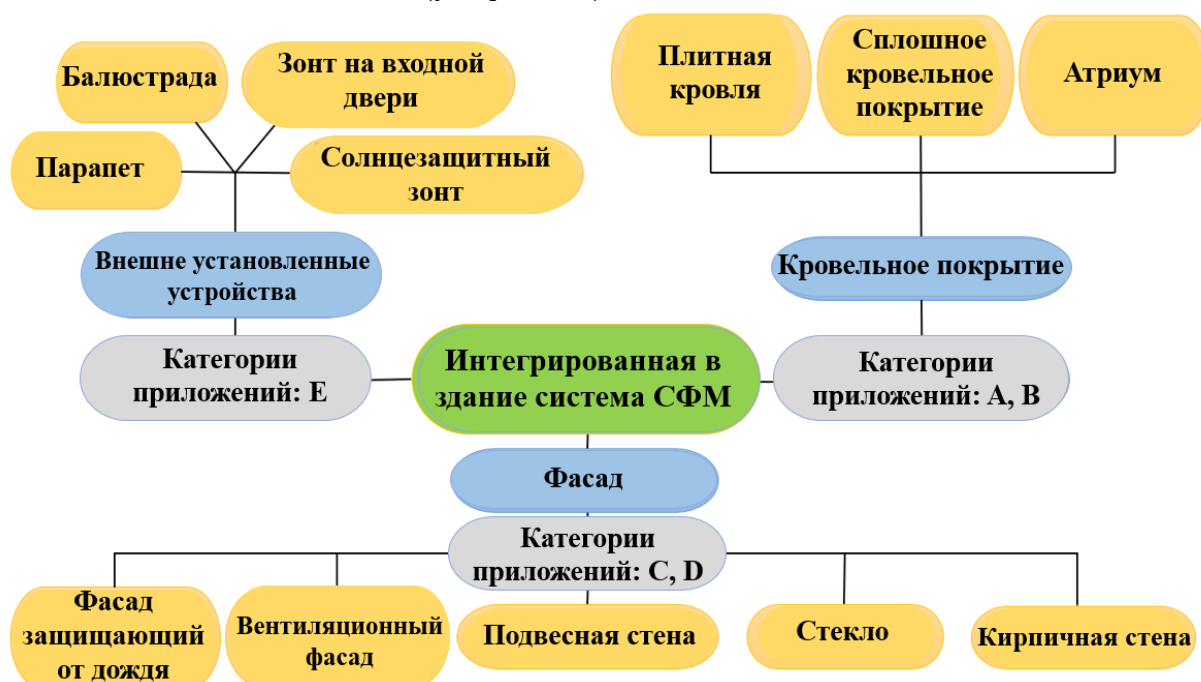


Рисунок 3. Классификация различных фотоэлектрических модульных систем, установленных в здании.

Фотоэлектрический модуль, установленный на здании, может иметь различную форму, например, солнечную черепицу, солнечные фасады и солнечные зеркала. Когда солнечная энергия достигает Земли, 19% поглощается окружающей атмосферой и еще 35% — облаками. Солнечная энергия нагревает Землю лишь непрерывно, и эти затраты требуют создания технологий для преобразования потерянной энергии в полезную, то есть нам нужно сделать с ней что-то полезное. Солнце также является эффективным большим термоядерным реактором.

Большинство городских жилых зданий в нашей республике построены 50 - 60 лет назад. Исходя из зарубежного опыта, накопленного в этом процессе, оснащение их вентилируемыми фасадами можно рассматривать как один из способов повышения эффективности эксплуатации городских жилых зданий.

<sup>36</sup> Международный стандарт IEC 63092-1 регламентирует состояние солнечных панелей, устанавливаемых на зданиях

При вертикальном размещении солнечных панелей на фасаде здания целесообразно выбирать поверхность, получающую наибольшее количество солнечного света. Потому что это является основным фактором получения максимального количества энергии из солнечных панелей. Кроме того, повышение температуры в процессе получения энергии от солнечных панелей приводит к перегреву солнечных панелей, что в свою очередь снижает количество вырабатываемой панелью энергии. (рисунок 4а и б).

а)



б)



Рисунок 4. Схема установки солнечных панелей на вентилируемом фасаде.

В ходе исследований было установлено, что при наружной температуре вертикально установленной солнечной панели  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура за панелями в солнечную погоду составляет  $10\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в теньных условиях на обратной стороне панели близка к наружной температуре<sup>37</sup>.

В Ташкенте был проведен социологический опрос среди жителей города, направленный на увеличение объемов выработки электроэнергии с помощью солнечных панелей.

В ходе исследований также изучались мнения о том, какая часть зданий считается достаточной для установки солнечных панелей. Было установлено, что  $53,7\%$  участников опроса выбрали раздел «Крыша»,  $41,3\%$  выбрали раздел «Крыша + Фасад», а такие мнения, как «Крыши здания недостаточно,  $1\text{ кв. м.}$  панели занимает  $4\text{ кв. м.}$ , необходима большая площадь», «Это зависит от потребности в электроэнергии в зданиях» и «Это зависит от конструкции и расположения здания» были получены от отраслевых экспертов.

С использованием программы «GLOBAL SOLAR ATLAS» был проведен анализ установки солнечного фотоэлектрического модуля на здании в квартире № 65, расположенном по улице Шота Руставели, Яккасарайского района города Ташкента в точке с координатами ( $41.278815^{\circ}$ ,  $069.247038^{\circ}$ ), исходя из результатов, представленных в таблице 1. Учитывая размеры здания, были изучены результаты установки электростанции мощностью  $25\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  под углом  $33^{\circ}$  на крыше и электростанции мощностью  $50\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  под углом  $20^{\circ}$ ,  $41^{\circ}$ ,  $62^{\circ}$  и  $90^{\circ}$  на фасаде.

В первом случае было определено, что за период в 12 месяцев по программе с использованием солнечного фотоэлектрического модуля мощностью  $50\text{ кВт}$ , установленного в среднем под углом  $\sim 20^{\circ}$  за летний сезон, можно выработать  $72\ 733\text{ МВт}\cdot\text{ч}$  электроэнергии (Рисунок 5)

<sup>37</sup> Said et al. (2018). "Impact of weather conditions on PV panel temperature: Experimental assessment in different climates", Applied Energy Journal.

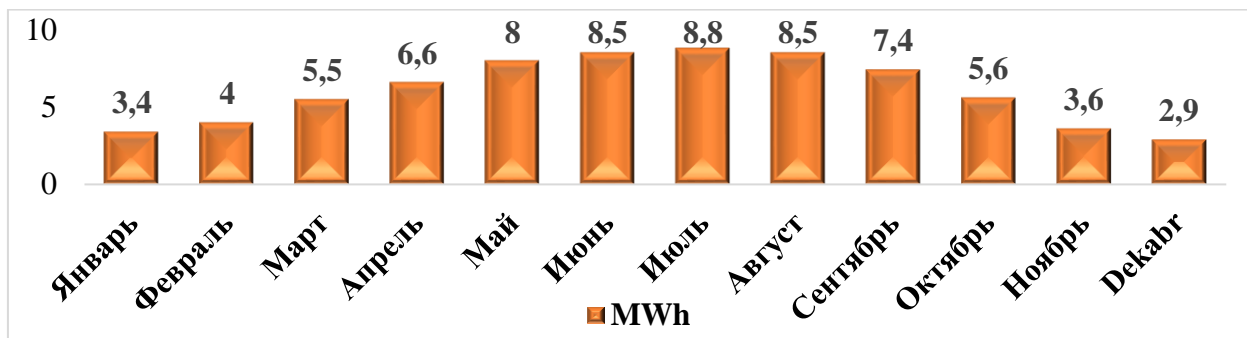


Рисунок 5. Общая электроэнергия, вырабатываемая солнечной панелью в среднем при угле  $\sim 20^{\circ}$

Во втором случае было определено, что установленный в среднем под углом  $\sim 41^{\circ}$  солнечный фотоэлектрический модуль мощностью 50 кВт·ч для весеннего и осеннего сезонов может выработать 73 708 МВт·ч электроэнергии за 12-месячный период в соответствии с программой (рисунок 6).

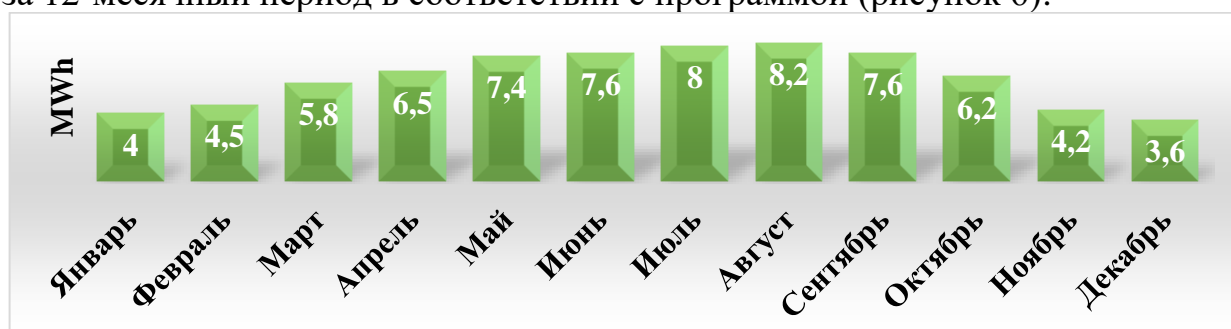


Рисунок 6. Общая электроэнергия, вырабатываемая солнечной панелью в среднем при угле  $\sim 41^{\circ}$

В третьем случае было установлено, что за 12 месяцев на основе программы с использованием солнечного фотоэлектрического модуля мощностью 50 кВт·ч, установленного под углом в среднем  $\sim 62^{\circ}$  для зимнего сезона, можно выработать 66 882 МВт·ч электроэнергии (рисунок 7).

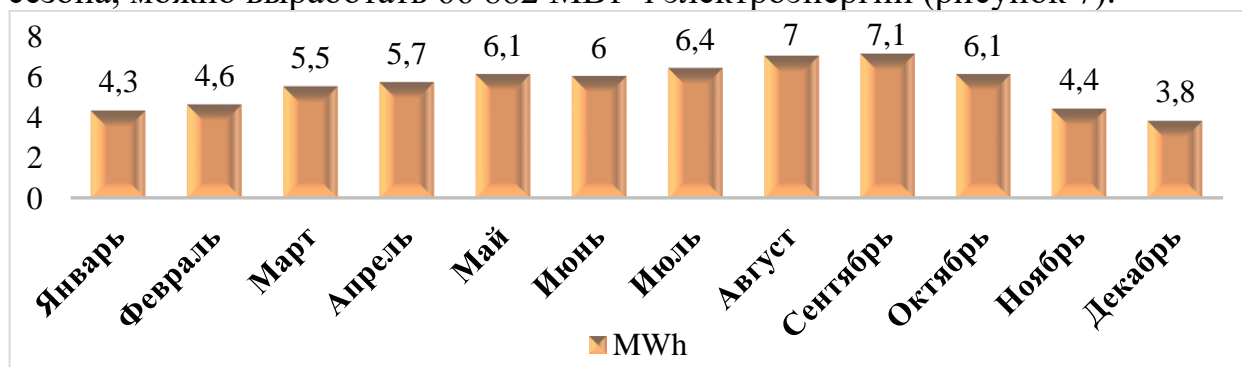


Рисунок 7-gasm. Общая электроэнергия, вырабатываемая солнечной панелью в среднем при угле  $\sim 62^{\circ}$

В четвертом случае на основе анализа и изучения зарубежного опыта определено, что на основе программы с использованием солнечного фотоэлектрического модуля мощностью 50 кВт·ч, установленного под углом в среднем  $\sim 90^{\circ}$ , за период 12 месяцев может быть выработано 46 451 МВт·ч электроэнергии (рисунок 8).

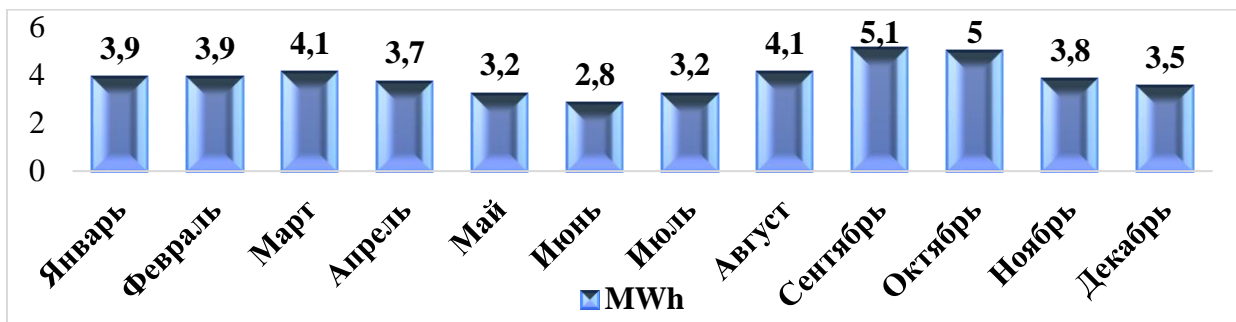


Рисунок 8. Общая электроэнергия, вырабатываемая солнечной панелью в среднем при угле  $\sim 90^{\circ}$

В пятом случае солнечный фотоэлектрический модуль мощностью 25 кВт·ч был установлен под углом  $33^{\circ}$ , и было определено, что ежегодно можно вырабатывать 37 132 МВт·ч электроэнергии (рисунок 9).

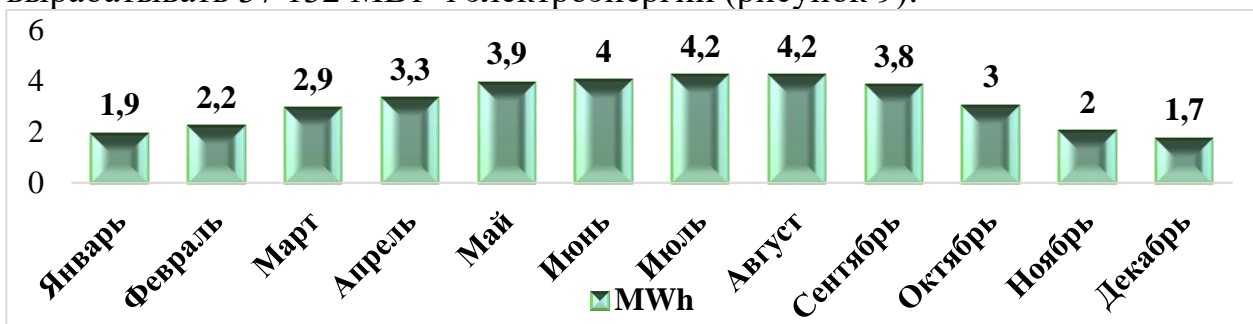


Рисунок. Общая электроэнергия, вырабатываемая солнечной панелью в среднем при угле  $\sim 90^{\circ}$

Результаты исследования показали, что, учитывая наличие солнечного света со всех сторон квартиры № 65, расположенной по улице Шота Руставели Яккасарайского района города Ташкента в координатах ( $41.278815^{\circ}$ ,  $069.247038^{\circ}$ ), в следующей главе был разработан математический модуль по повышению эффективности использования этих городских жилых зданий.

Глава III диссертации называется «**Разработка рекомендаций по повышению эффективности эксплуатации городских жилых зданий с помощью установки солнечных фотоэлектрических модулей**» и состоит из математической модели энергопотребления и СФМ городских жилых зданий и ее теоретических исследований.

Проведен визуальный осмотр базы данных Яккасарайского районного предприятия электросетей города Ташкента и получены данные по потреблению электроэнергии квартирой № 65, случайно выбранной из числа городских жилых зданий, за год с 2024 по 2025 год, которые представлены в таблице 2.<sup>38</sup>

Таблица 2

Потребление электроэнергии квартиры № 65 в г. Ташкенте

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Период потребления	02. 2024	03. 2024	04. 2024	05. 2024	06. 2024	07. 2024	08. 2024	09. 2024	10. 2024	11. 2024	12. 2024	01. 2025

<sup>38</sup> База данных Яккасарайского районного предприятия электросетей города Ташкента

Потребляемая мощность (кВт·ч)	19533	16957	15504	16233	24380	29012	27212	16054	18336	17539	21700	21664
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Годовая экономия электроэнергии при установке солнечных панелей под разными углами рассчитывается следующим образом<sup>39,40</sup>:

$$S = E_{\text{produced}} - E_{\text{demand}} \quad (1)$$

здесь:

$S$  – годовая экономия электроэнергии (кВтч),

$E_{\text{produced}}$  – энергия, произведенная солнечными панелями (кВтч),

$E_{\text{demand}}$  – Годовое потребление электроэнергии зданием (кВтч).

Если  $S > 0$ , это означает что часть потребляемой зданием электроэнергии покрывается солнечными панелями.

Контроль состояния отдельных переменных представляет собой сложную задачу, поскольку невозможно обеспечить все условия для оценки влияния одного изучаемого фактора. В таких случаях делается попытка включить в модель другие факторы и изучить их влияние, то есть строится следующее многофакторное уравнение регрессии (таблица 3):

Таблица 3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_p$	3,4	4	5,6	6,6	8	8,5	8,8	8,5	7,4	5,6	3,6	2,9
T	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	9

Определим вектор оценок коэффициентов регрессии. Согласно методу наименьших квадратов вектор  $Y(X)$  получается из выражения (таблица 4):

$$\hat{\beta}_{OLS} = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y \quad (2)$$

$Y$  –  $E_p$ (кВтч);

$X$  – T (час).

Таблица 4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y	3,4	4	5,6	6,6	8	8,5	8,8	8,5	7,4	5,6	3,6	2,9
X	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	9

Вставляем в матрицу столбец из одного элемента с переменной  $X_j$ :

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 9 \\ 1 & 10 \\ 1 & 11 \\ 1 & 12 \\ 1 & 13 \\ 1 & 14 \\ 1 & 14 \\ 1 & 13 \\ 1 & 12 \\ 1 & 11 \\ 1 & 10 \\ 1 & 9 \end{pmatrix}; \quad Y = \begin{pmatrix} 3,4 \\ 4 \\ 5,6 \\ 6,6 \\ 8 \\ 8,5 \\ 8,8 \\ 8,5 \\ 7,4 \\ 5,6 \\ 3,6 \\ 2,9 \end{pmatrix}$$

<sup>39</sup> Luque, A., & Hegedus, S. (2011). "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering". John Wiley & Sons.

<sup>40</sup> Lyden, A.; Pepper, R.; Tuohy, P.G. A modelling tool selection process for planning of community scale energy systems including storage and demand side management. Sustain. Cities Soc. 2018, 30.

Построим матрицу  $X^T$ , транспонированную в  $X$ :

$$X^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 14 & 13 & 12 & 11 & 10 & 9 \end{pmatrix}$$

$$\text{Умножаем матрицы, } (X^T X) = \begin{pmatrix} 12 & 138 \\ 138 & 1622 \end{pmatrix}$$

Находим обратную матрицу  $(X^T X)^{-1}$ :

$$(X^T X)^{-1} = \begin{pmatrix} 3,862 & -0,299 \\ -0,329 & 0,029 \end{pmatrix} \quad \text{и} \quad (X^T Y) = \begin{pmatrix} 72,9 \\ 880,6 \end{pmatrix}$$

Параметры модели находятся следующим образом:

$$\hat{\beta}_{OLS} = \begin{pmatrix} 3,862 & -0,329 \\ -0,329 & 0,029 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 72,9 \\ 880,6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -7,81 \\ 1,21 \end{pmatrix}$$

Итак, уравнение регрессии имеет вид:

$$Y(X) = -7,81 + 1,21 \cdot X$$

$$E_r = -7,81 + 1,21 \cdot T$$

В результате была найдена следующая линейная модель:

$$E_r = -7,81 + 1,21 \cdot T$$

Результат работы данного модуля был сформирован в виде следующего графика (рисунок 10):

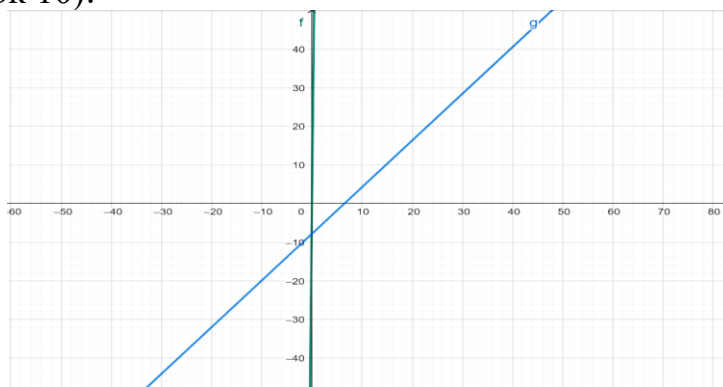


Рисунок 10. График результата модуля

В процессе теоретического исследования математической модели была сформирована таблица 5 и определен коэффициент R-корреляции по формуле 3.3 с использованием многофакторной модели.

Таблица 5

S	-3264	267	9843	10396	12367	4520	1588	4288	14946	7564	461	-5300	57676
T	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	9	
$E_p$	18400	19800	26800	25900	28600	28900	30600	31500	31000	25900	18000	16400	
$E_d$	21664	19533	16957	15504	16233	24380	29012	27212	16054	18336	17539	21700	

$$E_r = -0,22E_d + 2588 \cdot T \quad (3)$$

В результате было установлено, что  $R=0,93$ .

$F_{emp} > F_{tabl}$ , коэффициенты статистически значимы, и подтверждено, что уравнение регрессии статистически достоверно на уровне 95%<sup>41</sup>.

В ходе исследования была обследована квартира № 65, расположенная по улице Шота Руставели Яккасарайского района города Ташкента. В результате годовое потребление электроэнергии квартирой № 65 составило 244 124 кВт·ч.

Если брать в целом, в результате этих экспериментов было выработано 296 906 кВт·ч солнечной энергии в год, что может существенно повысить

<sup>41</sup>Гмурман В.Е. "Теория вероятностей и математическая статистика." учебник М.: Высшая школа, 1999 г.

энергетическую независимость учреждения городского жилого здания (рисунок 11).

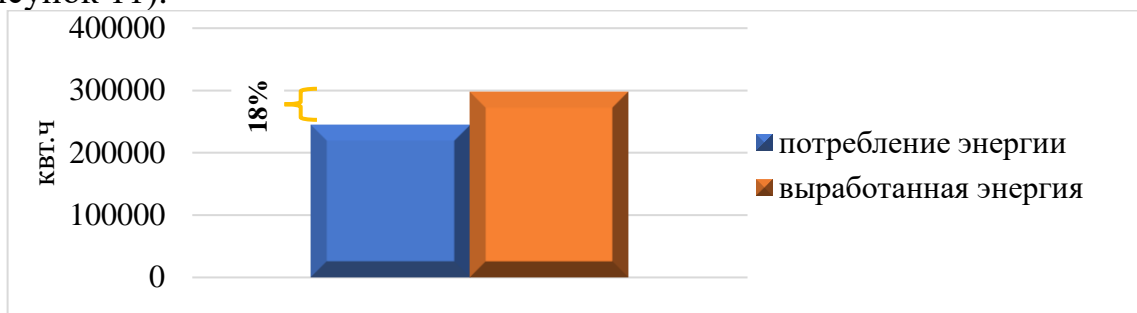


Рисунок 11. Анализ потребления и выработки электроэнергии в квартире № 65

Из ситуации, представленной на рисунке 11, видно, что электроэнергия производится на 18% больше, чем потребляется.

В ходе исследования было установлено, что 1 м<sup>3</sup> природного газа выделяет примерно от 8,5 до 10 кВт·ч энергии. Годовое потребление энергии квартирой № 65 составило 244 124 кВт·ч, а если этот объем потребляемой энергии рассчитать по наименьшему объему природного газа, то будет потреблено 28 720 м<sup>3</sup> природного газа (рисунок 12).

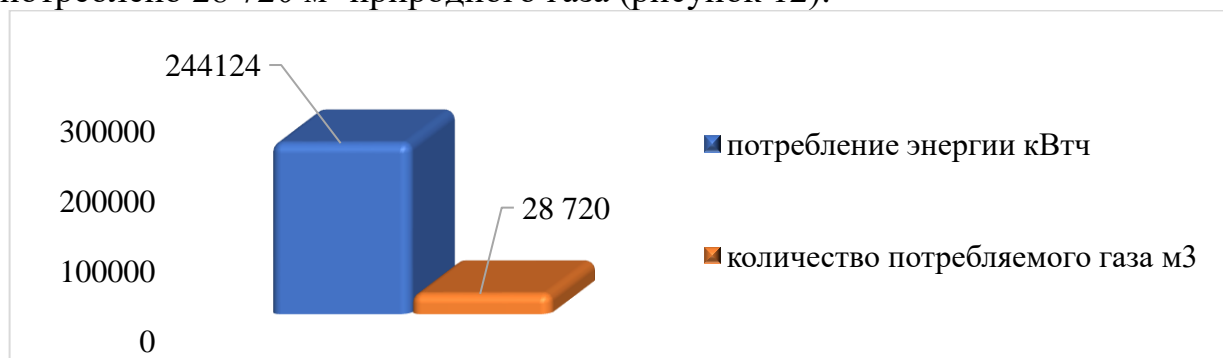


Рисунок 12. Годовое потребление энергии квартирой № 65 и его сравнение с природным газом.

Рассмотрим случай декарбонизации, то есть замены выработки электроэнергии на основе ископаемого топлива на выработку электроэнергии из возобновляемых источников, что помогает устранить локальное загрязнение воздуха. В ходе этого процесса было установлено, что можно сэкономить 34 930 м<sup>3</sup> природного газа, если рассчитать 296 906 кВт·ч энергии, вырабатываемой солнечным фотоэлектрическим модулем, для случая наименьшего объема природного газа (рисунок 13).

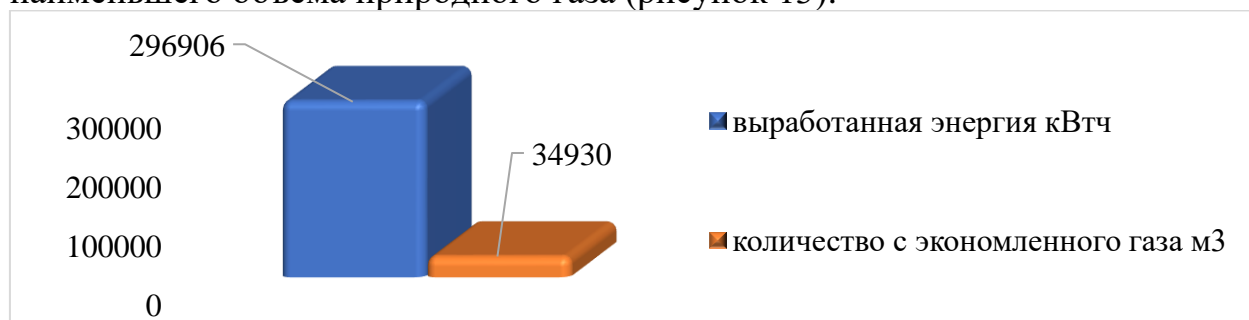
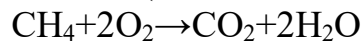


Рисунок 13. Годовая выработка энергии в квартире № 65 и ее сравнение с энергосберегающим природным газом

Реакция горения природного газа (в основном метана – CH<sub>4</sub>):



Из этой реакции видно, что при сжигании 1 м<sup>3</sup> метана образуется масса 44,64 моль CO<sub>2</sub>:

$$m = 44.64 \times 44 = 1964.16 \text{ г} = 1.964 \text{ кг}$$

Это означает, что при сжигании 1 м<sup>3</sup> природного газа образуется около 1.964 кг CO<sub>2</sub>.

Теперь рассчитаем для 34 930 м<sup>3</sup>:

$$34\,930 \times 1.964 = 68\,579.52 \text{ кг}$$

или:  $68\,579.52 \text{ кг} \div 1000 = 68.58 \text{ тонны}$

Результаты расчетов показывают, что при сжигании 34 930 м<sup>3</sup> природного газа образуется около 65,58 тонн газа CO<sub>2</sub>.

Также годовая выработка энергии модулем СФ, установленным в квартире №65, составила 296 906 кВт·ч. В результате реализации (продажи) годовой электроэнергии, произведенной по программе «Солнечный дом» в АО «Региональные электрические сети» по 1000 сум за 1 квт, на балансе домохозяйства может образоваться 296 906 000 сум. В случае если электроэнергия закупается непосредственно у АО «Региональные электрические сети» для потребления, а выработанная энергия перепродается той самой АО «Региональные электрические сети», то прибыль может быть увеличена вдвое.

Срок окупаемости: Стоимость установки солнечных панелей зависит от различных факторов и может быть приблизительно следующей:

- Цена солнечных панелей мощностью 1 кВт: от 4,8 млн. до 6 млн. сумов.
- Общая мощность солнечных панелей, установленных на здании: около 225 кВт.
- общие затраты на установку:  $225 \text{ кВт} \times 4,8 \text{ млн сум} = 1\,080 \text{ млн сум}$ .

Срок окупаемости рассчитывается следующим образом:

$$1\,080\,000\,000 \text{ сум} / 296\,906\,000 \text{ сум/год} \approx 3,6 \text{ лет.}$$

Это означает, что затраты окупятся примерно за 3,6 года. После этого солнечные панели продолжат вырабатывать электроэнергию еще 20–25 лет, обеспечивая дополнительный источник дохода.

В ходе исследования был изучен зарубежный опыт использования зданий, интегрированных с солнечными фотоэлектрическими модулями. В результате исследования стало ясно, что данную систему можно использовать не только на крышах городских жилых домов, но и в других зданиях для получения энергии, а также на основе результатов, полученных в процессе исследования, были разработаны несколько рекомендаций.

В ходе исследований выяснилось, что солнечные фотоэлектрические модули можно размещать двумя способами, в зависимости от фасада городских жилых зданий (рисунок 14)<sup>42</sup>:

- Тип А – ширина 2 м (К), длина 1 м (L).
- Тип Б – ширина 1 м (К), длина 2 м (L).

---

<sup>42</sup> Ho Soon Choi “Architectural Experiment Design of Solar Energy Harvesting: A Kinetic Façade System for Educational Facilities”, Appl. Sci. 2022,

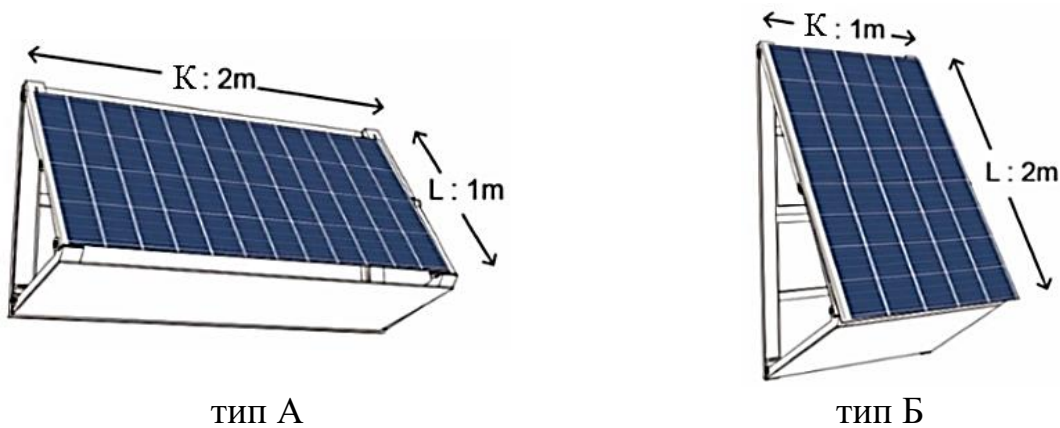


Рисунок 14. Два типа размещения солнечных панелей

Для случая, представленного на рисунке 14, была разработана рекомендация по созданию кинетической фасадной системы. В этой кинетической фасадной системе солнечный свет падает только на первую установленную солнечную панель для выработки оптимальной солнечной энергии, а под ней размещается дополнительная алюминиевая панель с высокой отражающей способностью. Нижняя алюминиевая панель, благодаря своей высокой отражательной способности, косвенно направляет свет на солнечную панель, позволяя ей получать больше света, чем первая панель (рисунок 15).

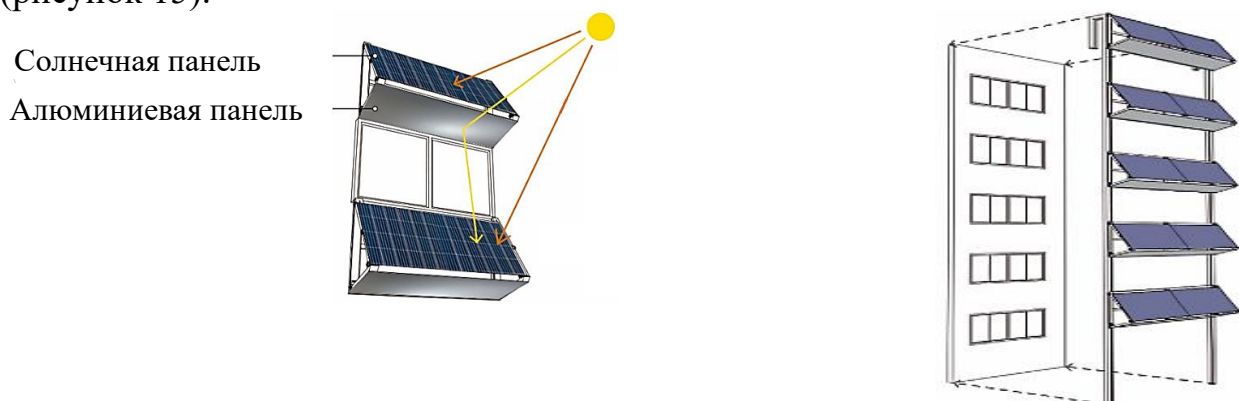


Рисунок 15. Принцип работы кинетической фасадной системы с солнечными панелями, основанный на оптимальном угле наклона

В случае, показанном на рисунке 15, алюминиевые панели могут создавать неудобства в некоторых районах из-за отражения солнечного света, учитывая плотную застройку Ташкента. Учитывая это, была разработана альтернативная рекомендация данной системе (рисунок 16).

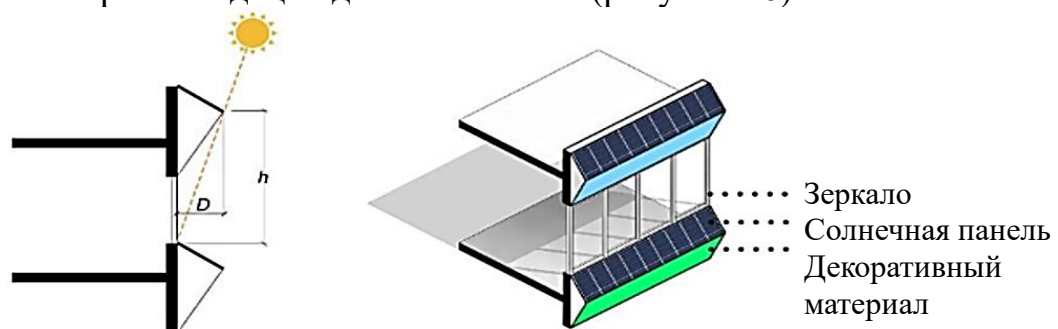


Рисунок 16. Оснащение системы солнечных фотоэлектрических модулей декоративным материалом

Обычно фасады зданий состоят из однородных кирпичных или панельных стен и окон. В этом исследовании солнечные фотоэлектрические модули были расположены в повторяющемся порядке по всему зданию, состоящие из наклонной солнечной панели наверху и декоративной панели внизу (рисунок 17). Реализация этого экологически чистого проекта, позволяющего производить возобновляемую энергию, играет положительную роль в воспитании экологической сознательности и творческого мышления у граждан, постоянно находящихся в городских жилых пространствах.

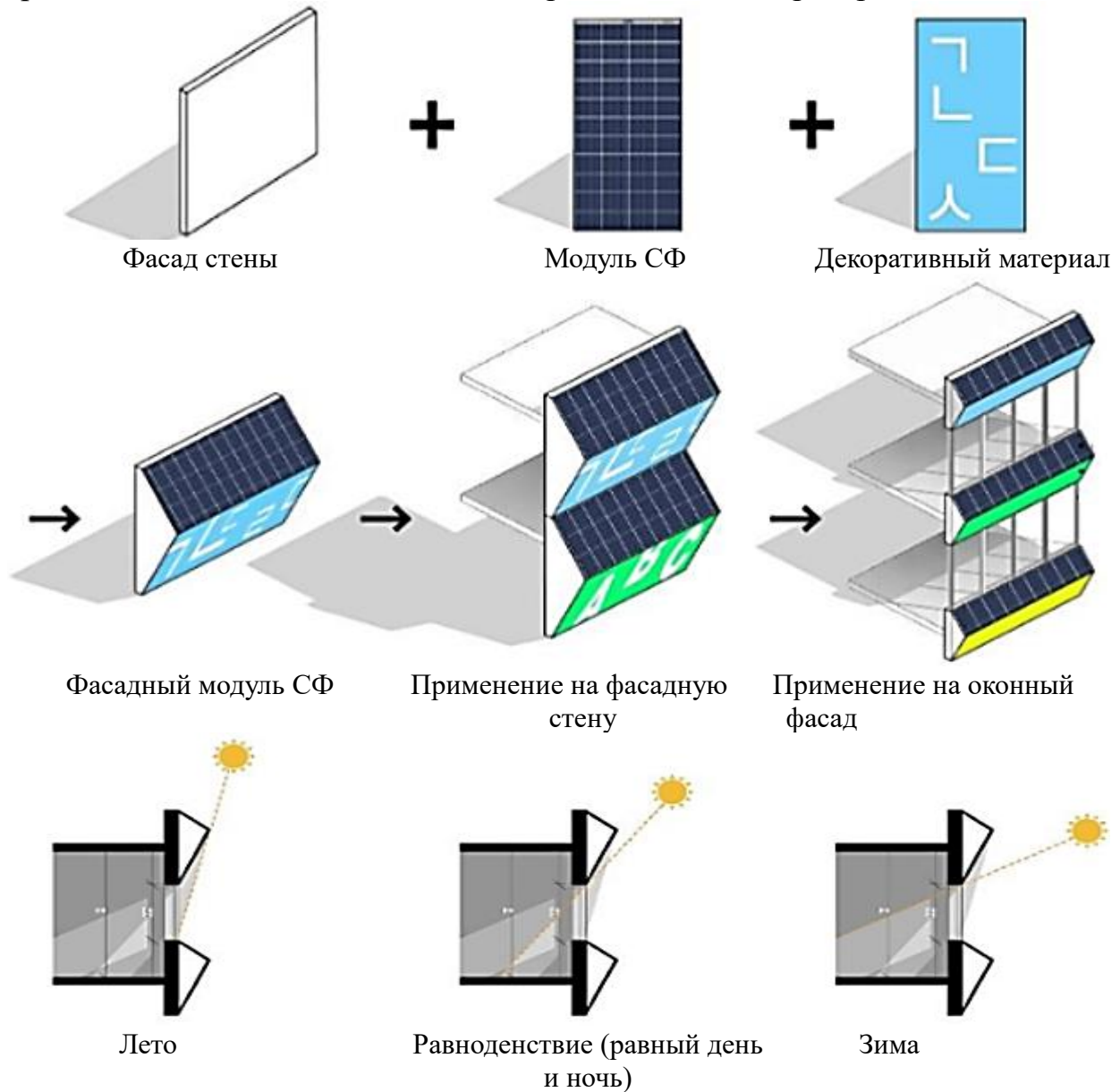


Рисунок 17. Применение солнечного фотоэлектрического модуля на фасаде

Помимо размещения системы солнечных фотоэлектрических модулей под определенным углом к фасаду городских жилых зданий, рекомендуется также размещать ее параллельно его поверхности (рисунок 18).

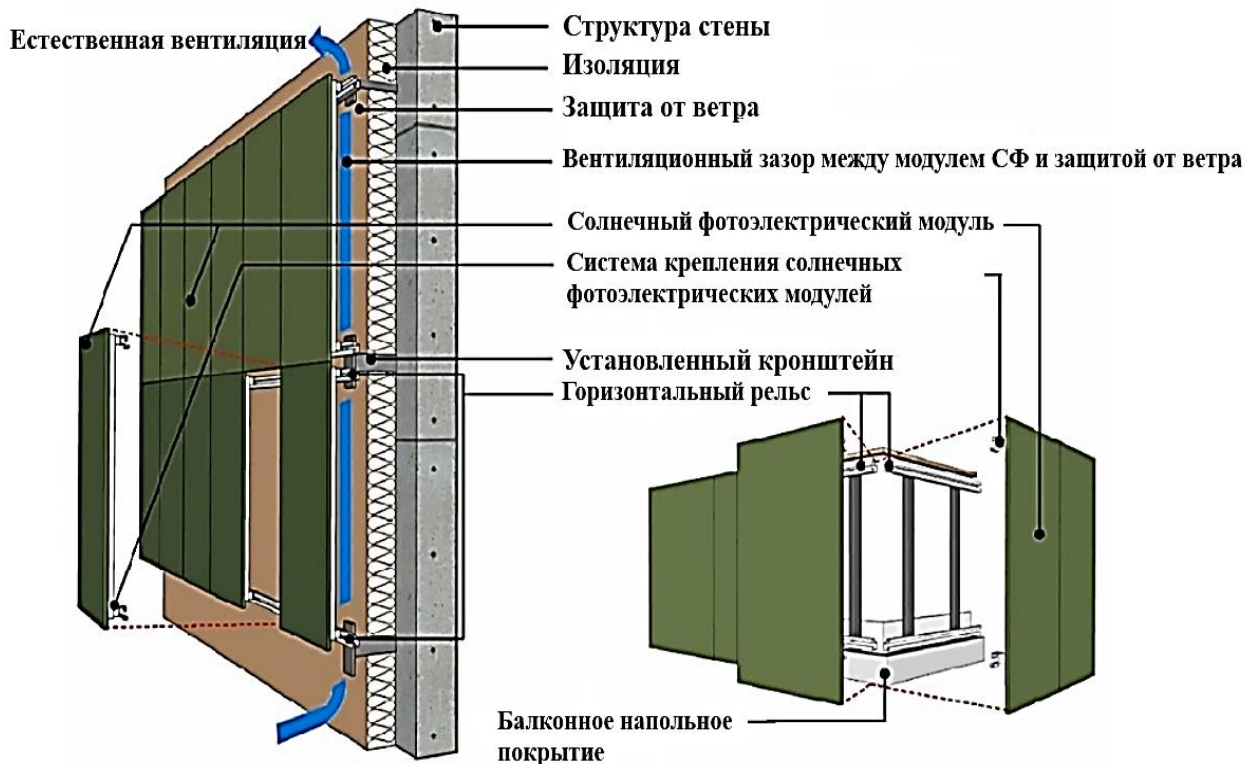


Рисунок 18. Конструктивные диаграммы ФИФП - фотоэлектрические интегрированные фасадные панели (слева: ФИФП, установленные на стенах; справа: ФИФП, установленный на балконных решетках).

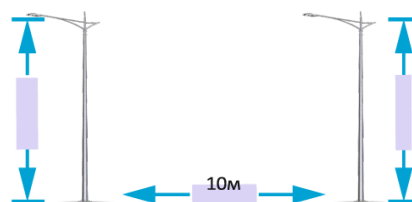
На рисунке 18 показано концептуальное конструктивное состояние ФИФП (фотоэлектрических интегрированных фасадных панелей) для стен и балконных ограждений (решёток). Аналогичная ситуация наблюдается в традиционных системах облицовки фасадов и балконов, где вместо обычных облицовочных материалов используется ФИПВ.

В результате проведенных научных изысканий изучены территории, прилегающие к городским жилым зданиям, в результате чего выявлен ряд недостатков. С учётом этого, был разработан ряд рекомендаций по градостроительству на территории.

В результате проведенных исследований, в целях решения градостроительных проблем, связанных со старым уличным освещением на основе зарубежного опыта, совместно с ООО «TELECOM SOLARDEVICE», осуществляющим свою деятельность в нашей Республике, в моей научно-исследовательской работе были проведены исследования эффективности обеспечения территорий прилегающих к городским жилым зданиям энергией солнечных фотоэлектрических модулей и сформулированы следующие рекомендации (рисунок 19)<sup>43</sup>.



TDP – 90W1	Модель №	TDP – 90W1
450.000 сум	Мощность	90 Вт
	Солнечные панели	6 В 9 Вт 399*214 мм
	Батарея Li-Po4	3.2 В 10 Ач



<sup>43</sup> База данных предприятия ООО «Telecom solardevice».


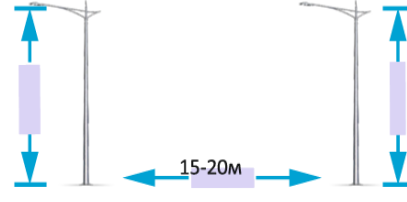

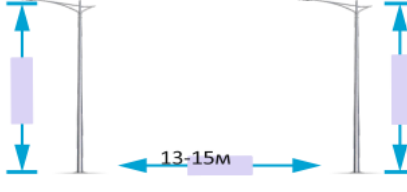

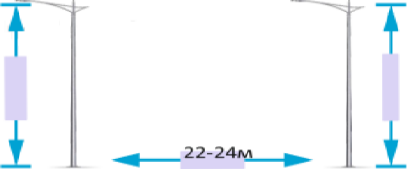

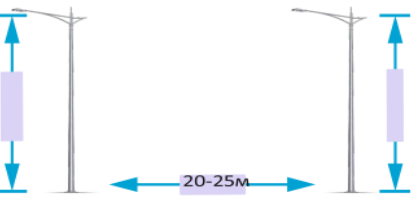
	<p>ТDP-120W6</p> <p>550.000 сум</p>	<p>Модель№ TDP – 120B6</p> <p>Мощность 120 Вт</p> <p>Солнечные панели 6 В 13 Вт</p> <p>507*231 мм</p> <p>Батарея 3.2 В 15 Ач</p> <p>Li-Po4</p>	
	<p>ТDP-100W3</p> <p>900.000 сум</p>	<p>Модель№ TDP – 100W3</p> <p>Мощность 100 Вт</p> <p>Солнечные панели 6 В 25 Вт</p> <p>530*350 мм</p> <p>Батарея 3.2 В 25 Ач</p> <p>Li-Po4</p>	
	<p>ТDP-400W4</p> <p>1.500.000 сум</p>	<p>Модель№ TDP – 400W4</p> <p>Мощность 400 Вт</p> <p>Солнечные панели 6 В 40 Вт</p> <p>670*445 мм</p> <p>Батарея 3.2 В 40 Ач</p> <p>Li-Po4</p>	
	<p>ТDP-400W8</p> <p>1.250.000 сум</p>	<p>Модель№ TDP – 400W8</p> <p>Мощность 400 Вт</p> <p>Солнечные панели 6 В 30 Вт</p> <p>335*590mm</p> <p>Батарея 3.2 В 40 Ач</p> <p>Li-Po4</p>	

Рисунок 19. Рекомендации по обеспечению территорий прилегающих к городским жилым зданиям энергией солнечных фотоэлектрических модулей

Посредством работ, представленных на рисунке 19, можно добиться сокращения объёма потребляемой на прилегающей территории энергии путём обеспечения городских жилых зданий энергией солнечных фотоэлектрических модулей.

В ходе исследования было установлено, что на изучаемой территории необходима модернизация парковочных мест для автомобилей. Учитывая это, были разработаны рекомендации по парковкам с возможностью зарядки. (Рисунок 20).



Рисунок 20. Рекомендация по современному проектированию парковок с использованием солнечных фотоэлектрических модулей

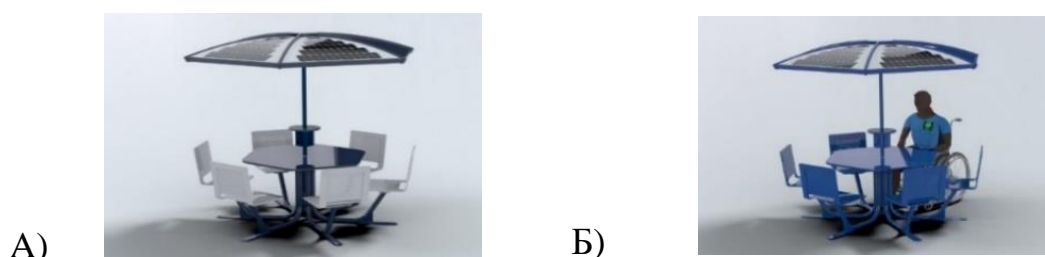
В результате интеграции солнечных фотоэлектрических модулей с целью модернизации парковочных мест автомобилей, как показано на рисунке 20, было разработано несколько предложений по достижению эффективности в градостроительстве путём обеспечения городских поселений и прилегающих к ним территорий энергией солнечных фотоэлектрических модулей.

Разработаны рекомендации по обеспечению энергией солнечных фотоэлектрических модулей территории, прилегающей к городским жилым зданиям, с учетом изношенности и недостаточного количества мест для сидения жителей исследуемой территории (рисунок 21).



Рисунок 21. Рекомендации по обеспечению мест для сиденья в городских жилых районах энергией солнечных фотоэлектрических модулей

Учитывая, что рекреационные зоны (проспекты для отдыха) на территории, где проводятся исследовательские работы, не отвечают современным требованиям, разработаны рекомендации по их оснащению солнечными фотоэлектрическими модулями (рисунок 22).



А)

Б)

Рисунок 22. А-для населения с неограниченными возможностями; Б-принимая во внимание население с ограниченными возможностями

Габаритные чертежи рекомендуемого проекта парка отдыха с учетом людей с ограниченными возможностями для варианта Б, представленного на рисунке 22, можно увидеть на рисунке 23.

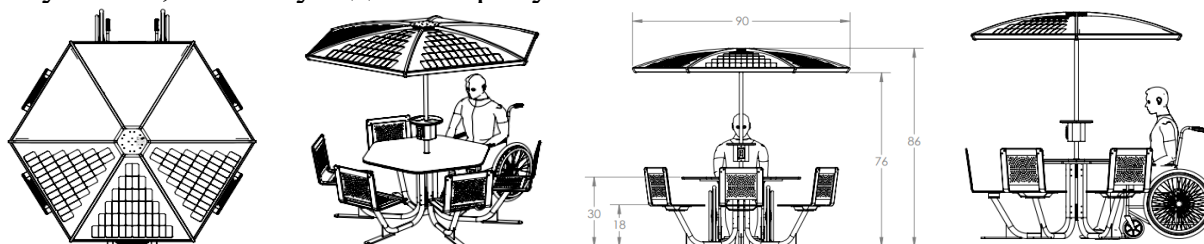


Рисунок 23. Рекомендации для людей с ограниченными возможностями

Было определено, что среднегодовое потребление энергии 1 жилым домом на исследуемой территории составляет около 250 000 кВт·ч, в нем расположено 45 домохозяйств (квартир), и рассчитано, что 1 домохозяйство может потреблять 5 555,5 кВт·ч энергии в год. Также этот процесс в пересчете на все жилые дома района составил 151 633 334 кВтч. Расчеты, описанные в этой главе, были использованы для определения объема газа, который можно было бы использовать для покрытия годового потребления энергии в регионе. В результате было определено, что для производства 151 633 334 кВт·ч энергии в среднем может быть израсходовано 17 839 215 м<sup>3</sup> газа. В экономической части диссертационной работы установлено, что в результате сжигания 1 м<sup>3</sup> природного газа образуется около 1.964 кг CO<sub>2</sub>, а для обеспечения Яккасарайского района электроэнергией может быть потреблено 17 839 215 м<sup>3</sup> газа и в результате сжигания газа в атмосферу может быть выброшено 35 036,22 тонн газа CO<sub>2</sub>.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в диссертации теоретические и практические результаты позволяют комплексно решать научно-технические проблемы, возникающие при повышении эффективности эксплуатации городских жилых зданий и прилегающих к ним территорий. Результаты исследования дают основание сделать следующие основные выводы:

1. Если в 2019 году общая площадь построенных в Республике Узбекистан квартир составляла 126,8 м<sup>2</sup>, то в 2023 году она составила уже 190,2 м<sup>2</sup>. Кроме того, за последние 5 лет потребление электроэнергии в республике увеличилось на 20%, при этом потребление электроэнергии населением увеличилось на 31%, и этот показатель растет более чем на 6% в год;

2. Согласно выявленной ситуации, годовое потребление электроэнергии квартирой № 65, расположенной по улице Шота Руставели Яккасарайского района города Ташкента, с февраля 2024 года по февраль 2025 года составило 244 124 кВтч;

3. Согласно стандарту IES 63092-1, солнечные фотоэлектрические модули могут быть оснащены различными фотоэлектрическими элементами, установленными практически на любом облицовочном элементе здания, включая крышу, различные фасады, балконы и внешние элементы. Было рассмотрено несколько случаев, например, совмещение с устройствами, создающими тень;

4. При анализе проведенного опроса населения 29,7% респондентов подчеркнули, что качество солнечных панелей хорошее, а на вопрос об удовлетворенности потребительских потребностей (спросов) населения 45,3% респондентов сообщили, что они удовлетворены частично. Также при экспертном опросе среди респондентов было выявлено, что площадь крыши здания недостаточна для размещения солнечного фотоэлектрического модуля, а 41,3% из них высказали мнение, что его следует установить в разделе «Крыша + Фасад»;

5. Результаты исследований по программе «GLOBAL SOLAR ATLAS» показали, что выявлена возможность получения электроэнергии путем установки солнечных фотоэлектрических модулей под разными углами на крышах и фасадах городских жилых зданий, разработана математическая модель и проведено ее теоретическое исследование. В результате  $F_{emp} > F_{tabl}$ , коэффициенты статистически значимы, и уравнение регрессии подтверждает свою статистическую надежность с уровнем достоверности 95%.

6. По технико-экономическим показателям установлено, что при установке в здании солнечного фотоэлектрического модуля вырабатывается электроэнергии на 18% больше, чем потребляется владельцами квартиры. Также было установлено, что если рассчитать годовой объем энергии, вырабатываемой солнечным фотоэлектрическим модулем, в размере 296 906 кВт·ч, при наименьшем объеме природного газа, то можно сэкономить 34 930 м<sup>3</sup> природного газа и предотвратить выбросы в атмосферу 65,58 тонн газа CO<sub>2</sub>.

7. Для достижения эффективности за счет обеспечения городских жилых зданий и прилегающих территорий энергией солнечных фотоэлектрических модулей разработаны рекомендации по устройству уличного освещения вокруг зданий, отключенных от центральной электросети, а также по модернизации парковочных мест для автомобилей и автобусных остановок района с оснащением их малыми энергопроизводящими станциями.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL PhD.26/04.07.2023.T.11.03 AWARDED  
ACADEMIC DEGREES AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL  
ENGINEERING**

**URINOV MURODJON ZAYNI UGLI**

**IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF URBAN  
RESIDENTIAL BUILDINGS THROUGH SOLAR PHOTOVOLTAIC  
MODULES**

**18.00.02-Zoning. Urban planning. Planning of rural settlements. Landscape architecture.  
Architecture of buildings and structures (technics)**

**ABSTRACT  
of the doctoral (PhD) dissertation on technical science**

**Tashkent 2025**

**The subject of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan with the № B2025.2.PhD/T5798.**

The dissertation was completed at Tashkent University of Architecture and Civil Engineering. The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (<http://taqu.uz/interaktiv-xizmatlar/taqu-ilmiy-faoliyati/ixtisoslashgan-kengashlar/avtoref.html>) and “It is posted on Ziyonet” information-educational portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Khotamov Asadulla Toshtemirovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Shukurov Ilkhomjon Sadrievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
**Dusatov Botir Eshdavlát ugli**, Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)

**Lead organization:**

**«UzShakharsozlikLITI» SI**

The defense of the dissertation will take place at the meeting of the Scientific Council awarding academic degrees PhD 26/04.07.2023.T.11.03 under Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, on «30» «09», 2025 at 13-00 (Venue: Assembly Hall of Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, 9 Yangi Shahar Street, Yunusabad District, Tashkent City. Tel.: +998 (55) 508 02 56, e-mail: devon@taqu.uz).

The dissertation is available for review at the Information and Resource Center of the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering (registered under №171). (Address: 100194, 9 Yangi Shahar Street, Yunusabad District, Tashkent City. Tel.: +998 (71) 142 65 85).

The abstract of the dissertation was distributed on «18» «09», 2025.

(Registered under Protocol №8/2025-3 dated «28» «08», 2025).

**Sh.Kh. Yunusov**

Deputy Chairman of the Scientific Council awarding academic degrees, DSc in Architecture, Associate Professor

**F.A. Abdikhalilov**

Academic Secretary of the Scientific Council awarding academic degrees, PhD, Associate Professor

**I.S.Shukurov**

Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific Council awarding academic degrees, DSc in Technical Sciences, Professor

## **INTRODUCTION (abstract for the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)**

**Topicality and necessity of the dissertation topic.** One of the most pressing global trends in the practical use of solar energy is its integration into urban development, particularly through the deployment of solar photovoltaic (PV) modules as alternative sources of energy. In many developed countries, electricity generation from renewable energy sources is increasing by approximately 7% annually, with wind and solar energy contributing around 60% of this growth. By 2030, according to the zero-emission scenario, more than 60% of total electricity production is expected to come from renewable energy sources. In this regard, increasing attention is being paid to the installation of solar PV modules in urban residential areas, the modernization of adjacent urban infrastructure, and the improvement of energy efficiency through the analysis and modeling of the energy conditions of residential buildings and their surrounding systems.

In Uzbekistan, large-scale measures are being implemented to expand the use of renewable energy sources and improve their efficiency through the development and application of innovative technologies. The Development Strategy of New Uzbekistan for 2022–2026 outlines critical goals, including ensuring uninterrupted electricity supply to the economy and actively introducing green economy technologies across all sectors, with the aim of increasing energy efficiency by 20%. Achieving these targets requires a focus on increasing the efficiency of solar photovoltaic modules, optimizing their key parameters, and developing effective modeling solutions for the processes of converting solar energy into electrical energy. These objectives form the core of this dissertation research and demonstrate its scientific and practical relevance.

**The object of the research** is the urban residential buildings in Tashkent city and their adjacent areas.

**The subject of the research** is the development of optimal models for electricity supply in urban residential areas through the installation of solar panels within the integrated system of “building – adjacent area – solar panel.”

**The scientific novelty of the research is as follows:**

A systematic assessment of energy consumption in existing urban residential buildings and their adjacent areas has been carried out.

The efficiency of equipping urban residential buildings and their adjacent areas with solar panels has been theoretically substantiated through comparative analysis methods, relative to the use of centralized power grids.

A mathematical model has been developed for a solar-based energy supply system to ensure uninterrupted energy use in urban residential buildings and their surrounding territories.

High-efficiency configurations for the installation of solar panels in relation to the horizon have been identified, and recommendations for their optimal spatial placement have been developed.

## **Implementation of Research Results**

Based on the results of the scientific research, the developed findings aimed at improving the operational efficiency of urban residential buildings have been implemented in the following organizations:

- “ToshuyjoyLITI” JSC (Implementation Record No. 07-04/34 dated April 24, 2025);
- “UzshaharsizlikLITI” SE (Record No. 20 dated April 24, 2024);
- “PUKMADALISERVIS” LLC (Record No. 10 dated April 21, 2025);
- “CONTROLLER ENERGY” LLC (Record No. 4/1 dated March 14, 2025).

In particular, based on the collaborative research conducted with “CONTROLLER ENERGY” LLC at apartment No. 65 on Shota Rustaveli Street, Yakkasaroy District, Tashkent city, it was demonstrated that the installation of solar photovoltaic modules on residential buildings can generate approximately 296,906 kWh of electricity annually, and reduce CO<sub>2</sub> emissions by 68.58 tons per year.

In addition, an official confirmation letter regarding the implementation was obtained from the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan (Reference No. 34-06/6294, dated June 5, 2025).

## **Approval and Validation of Research Results**

The results of the dissertation have been presented and discussed at 2 international and 2 national scientific-technical conferences.

## **Publication of Research Results**

The results of the dissertation have been published in a total of 15 scientific and methodological works, 4 scientific articles in journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, 2 international publications, one of which is indexed in the Web of Science database, and the other published in a journal with a high Impact Factor, 9 conference abstracts, including 6 presented at international conferences, 1 textbook published based on the dissertation materials. In addition, a Certificate of Registration No. DGU 50255 was issued by the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan for a software product developed as part of this research, registered as a program for electronic computing machines.

## **Structure and Volume of the Dissertation**

The structure of the dissertation includes an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total length of the dissertation is 111 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; I part)**

1. Xotamov A.T., O'rinov M.Z. "Quyosh energiyasidan elektr energiyasini olish usullari va qurilmalar tavsifi", GUVOHNOMA, № DGU 50255, 21.04.2025
2. O'rinov M.Z. Studying the Opinions of the Population of Tashkent City on the Development of Alternative Energy Sources. // Journal of Innovation in Educational and Social Research, Volume: 2, Issue: 12, Year: 2024, 152-155 p. (OAK 3-bet, 14-indeks), <http://journals.proindex.uz>
3. O'rinov M.Z. Foreign experiences on using buildings equipped with integrated solar panels in urban. // FARS International Journal of Education, Social Science & Humanities. (SJIF) = 8.09 Impact factor, Volume-12| Issue-9| 2024 Published: |22-09-2024|, 238-242 p. (OAK 3-bet, 23-indeks), [www.farspublishers.org](http://www.farspublishers.org)
4. O'rinov M.Z. O'zbekiston shaharlarida quyosh panellaridan foydalanish amaliyoti va ularni zamonaviy joylashtirish takliflari. // "Arxitektura, qurilish va dizayn" ilmiy-amaliy jurnal ,TAQU, №4-nashri 2023 yil. 78-81 b. (18.00.00, №1).
5. Xotamov A.T. O'rinov M.Z. O'zbekistonda aholining qayta tiklanuvchi energiya manbasi bilan taminlanishining nazariy tahlil va tavsiyalar. // "Arxitektura, qurilish va dizayn" Ilmiy-amaliy jurnal. TAQU, № 3-nashri, 2023 yil. 310-315 b. (18.00.00, №1).
6. Xotamov A.T., O'rinov M.Z. Shaharsozlikni rivojlantirishda muqobil energiya manbalaridan foydalanish masalalari. // Me'morchilik va qurilish muammolari. SamDAQU, 2023-yil, № Maxsus son, 272-275 b. (18.00.00, №2).
7. Xotamov A.T., O'rinov M.Z. Axmedov Sh.A. The issue of providing multiapartment buildings and their adjacent areas with solar photovoltaic module energy. // Bulletin news in New Science Society International Scientific Journal 2025, Vol 2 Issue 4 Impact factor: 8.5, Germany, 2025 y. 235-244 p. <https://newarticle.ru/index.php/bnss>

**II bo'lim (II часть; II part)**

8. O'rinov M.Z. Toshkent shahri hududidagi ko'p qavatli uylarga quyosh panellarini o'rnatish jarayonining eksperimental tadqiq etish. // Models and methods for increasing the efficiency of innovativeresearch: a collection scientific works of the International scientific conference, Berlin. 2024 y.358 - 360 p.
9. Xotamov A.T., Tulaganov B.A., Qurbonov E.Sh., Xolbekov S.R., O'rinov M.Z. Ведения мониторинга по повышению эффективности эксплуатации с обеспечением безопасности многоквартирных домов в форме электронного паспорта. // "Bino va inshootlarning seysmik xavfsizligi, energiya samaradorligi, zamonaviy qurilishda innovatsion texnologiyalar" xalqaro ilmiy-texnik anjuman, Toshkent, 2024 yil, 38-45 b. [www.taqu.uz](http://www.taqu.uz)
10. Talipova N.Z., O'rinov M.Z., Axmedov O'.Sh. Uy-joy kommunal xo'jaligi islohotlarini rivojlantirishda energiya samaradorlikni oshirish masalalari. //

“Shaharlarni rivojlanish tendensiyalari va istiqbollari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, TAQU, 2023-yil, 324-329 b.

<https://inlibrary.uz/index.php/prospects-urban-development/article/view/27385>

11. Xotamov A.T., O‘rinov M.Z., Abduraxmonov A.A. Shaharsozlikda quyosh panellari bo‘yicha amalga oshirilayotgan ishlar va soha tahlili. // “Shaharlarni rivojlanish tendensiyalari va istiqbollari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, TAQU, 2023-yil, 303-306 b.

<https://inlibrary.uz/index.php/prospects-urban-development/article/view/27374>

12. O‘rinov M.Z., Omonova D.F. O‘zbekiston respublikasidagi ko‘p kvartirali uylarda energiya tejamkor qurilmalarini qo‘llashning nazariy tahlili. // “Qurilishda innovatsion texnologiyalar” xalqaro ilmiy-texnik anjuman. TAQU, 2023-yil, 209-212 b.

13. Xotamov A.T., O‘rinov M.Z. Shaharsozlikni rivojlantirishda muqobil energiya manbalaridan foydalanish masalalari. // “Shaharsozlikning innovatsion rivojlantirish muammolari, fan va ta‘lim istiqbollari” mavzusidagi soha olimlari, doktorantlar, mustaqul tadqiqotchilar, magistrant va iqtidorli talabalarning xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. SamDAQU, 2023-yil, 272-275 b.

14. O‘rinov M.Z. Ko‘p kvartirali uy-joy fondiga xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish (Toshkent shahri misolida). // “Qurilish va uy-joy kommunal xizmat ko‘rsatish sohalari iqtisodiyoti hamda boshqaruvining dolzarb masalalari: muammo va yechimlar” mavzusidagi respublika ilmiy-texnik konferensiya, TAQU, 2023-yil, 94-99 b.

15. O‘rinov M.Z., Qobilova S.A., Abdullayeva G.S., Karimova Z.K. Uy-joylarga xizmat ko‘rsatishda boshqaruv servis kompaniyasining rivojlanish tahlili. // “Qurilish va uy-joy kommunal xizmat ko‘rsatish sohalari iqtisodiyoti hamda boshqaruvining dolzarb masalalari: muammo va yechimlar” mavzusidagi respublika ilmiy-texnik konferensiya, TAQU, 2023-yil, 94-99 b.

16. O‘rinov M.Z. O‘zbekiston respublikasi mavjud turar joy binolarini muqobil energiya manbalari bilan ta‘minlash orqali ularning zamonaviy ko‘rinishga keltirish masalalari. // «Zamonaviy arxitektura, binolar va inshootlarning mustahkamligi, ishonchliligi va seysmik xavfsizlik muammolari» mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya. NamMQI, 2023-yil. 151-153 b.

Avtoreferat «Arxitektura, Qurilish va Dizayn» ilmiy-amaliy jurnali nashriyotida tahrirdan o‘tkazildi (18.09.2025 yil).

Bosishga ruxsat etildi: «18» sentyabr 2025 yil  
Bichimi 60x84 1/16, «Times New Roman»  
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 3,5. Adadi: 100. Buyurtma № A 18-09/25

«ARXITEKTURA, QURILISH VA DIZAYN» ILMIY-AMALIY JURNALI  
nashriyotida chop etildi.