

## ИССИҚЛИК АККУМУЛЯТОРИГА ЭГА БЎЛГАН ФАОЛ ҚУЁШ ИСИТИШ ТИЗИМИНИНГ ДИНАМИК МОДЕЛИ

Абдухамидов Дийдорбек Улуғбекович

т.ф.д (PhD), Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлиги ҳузуридаги “Қайта  
тикланувчи энергия манбалари миллий-илмий тадқиқот институти”

E-mail: [dijdorbekabduhamidov@gmail.com](mailto:dijdorbekabduhamidov@gmail.com)

Юсупов Дилшодбек Турдалиевич

т.ф.д (PhD), Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлиги ҳузуридаги “Қайта  
тикланувчи энергия манбалари миллий-илмий тадқиқот институти”

E-mail: [dilshod8006@mail.ru](mailto:dilshod8006@mail.ru)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18159373>

**Аннотация:** Ушбу ишда иссиқликни қабул қилувчи панеллар (қуёш коллекторлари)нинг конструкторлик хусусиятлари ва иссиқлик аккумулятори га эга фаол қуёш иситиш тизимининг динамик модели илмий-энергетик самарадорлик нуқтаи назаридан таҳлил қилинди. Мақсад — биноларнинг динамик иссиқлик хоссаларини тегишли математик модель воситасида аниқлаш, энергия тежаш имкониятларини, шу билан бирга экологик ва иқтисодий фойдаларини кўрсатиш.

**Калит сўзлар:** иссиқлик қабул қилиш панели, актив қуёш иситиш тизими, иссиқлик аккумулятори, динамик модель, энергия самарадорлиги, иссиқлик изоляцияси, бинонинг иситиш юкласи.

## DYNAMIC MODEL OF AN ACTIVE SOLAR HEATING SYSTEM WITH A HEAT ACCUMULATOR

**Abstract:** In this work, the design features of heat-receiving panels (solar collectors) and the dynamic model of an active solar heating system with a heat accumulator were analyzed from the point of view of scientific and energy efficiency. The goal is to determine the dynamic thermal properties of buildings using an appropriate mathematical model, to demonstrate energy saving opportunities, as well as environmental and economic benefits.

**Keywords:** heat-receiving panel, active solar heating system, heat accumulator, dynamic model, energy efficiency, thermal insulation, building heating load.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОМ АККУМУЛЯТОРОМ

**Аннотация:** В данной работе с научной точки зрения и с точки зрения энергоэффективности проанализированы конструктивные особенности теплоприемных панелей (солнечных коллекторов) и динамическая модель активной системы солнечного отопления с тепловым аккумулятором. Цель работы – определить динамические тепловые свойства зданий с помощью соответствующей математической модели, продемонстрировать возможности энергосбережения, а также экологические и экономические преимущества.

**Ключевые слова:** теплоприемная панель, активная система солнечного отопления, тепловой аккумулятор, динамическая модель, энергоэффективность, теплоизоляция, тепловая нагрузка здания.

## КИРИШ

Биноларнинг энергия самардорлигини ошириш ва қулай иқлим шароитлари яратишда уй-жой фондининг термик захирасидан самарали фойдаланиш муҳим аҳамиятга эгадир. Ўзбекистонда кўплаб бино ва иншоотлар 2011 йилдан аввал қурилган бўлиб, уларнинг иситиш тизимига қўйиладиган талаблар 2018 йилда қабул қилинган “КМК-2.01.18-2018” нормалари орқали расман мажбурий этиб белгиланганлигидир [1].

Ўзбекистон Республикаси энергетика вазирлиги маълумотларига кўра, 2010-2019-йилларда Ўзбекистонда иссиқхона газлари чиқиндиларининг мутлоқ ҳажми 30,6% га, шу жумладан, электр станцияларидан чиқадиган чиқиндилар 65,2% га ошган ва 2019-йил якунларига кўра энергетика соҳасининг мамлакатдаги иссиқхона газлари чиқиндиси чиқишидаги улуши 19,5% ни ташкил этган [2]. Иссиқхона газлари чиқиндиси билан боғлиқ ноқулай вазият доирасида ҳукумат мамлакатда “яшил” кун тартибини илгари суриш борасидаги саъй-ҳаракатларини амалга ошириб, унга мувофиқ энергия самардорлигини икки баробар ошириш ва карбонат ангидрид чиқиндиларини ялпи ички маҳсулотга нисбатан камайтириш мақсадини қўйди. Шундай экан, “яшил” энергия сиёсати доирасида қуёш энергиясини кенг қўллаш, айниқса фаол қуёш иситиш тизимларини жорий этиш муҳимлиги катта аҳамиятга эга.

Ҳозирги вақтда Ўзбекистонда 8,4 млн.га яқин бино ва иншоотлар мавжуд бўлиб, уларнинг 868 млн.м<sup>2</sup> қисми иситиладиган майдонларга тўғри келади [3]. Юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда Қуёш иситиш тизимларидан фойдаланиш нақадар долзарблигини англаш мумкин.

## АСОСИЙ ҚИСМ

Модельнинг тавсифи. Градус соат усули. Бинонинг динамик иссиқлик хоссаларини аниқлаш учун градус-соат усулидан фойдаланамиз. Бунда бинонинг умумий иссиқлик йўқотиши қуйидагича аниқланади [4]:

$$Q_{уйй} = K_M HDH A_{ую}, \quad (1)$$

бунда **HDH** (heating degree-hours) иситиш даврида ички ва ташқи ҳароратлар ўртасидаги фарқнинг соатлар бўйича йиғиндиси тарзда ҳисобланади:

$$HDH(t_{иx}) = \sum_{i=1}^N (t_{иx} - \bar{t}_{тx})^+, \quad (2)$$

бунда  $t_{иx}$ - бино ичида талаб этилган ҳарорат;  $\bar{t}_{тx}$ - атроф-муҳит ҳароратининг соатлик ўртача қиймати;  $N$ - қаралаётган давр (ой, иситиш мавсуми ёки йил) даги соатлар миқдори  
Иситилаётган бинонинг геометрик ўлчамлари қуйидгича ҳисобланади:

$$A_{as} = \frac{\pi D_{to.ich}^2}{4} \quad (3)$$

$$A_{yon} = \pi D_{to.ich} H_{to} \quad (4)$$

$$V_{tp} = A_{as} H_{to} \quad (5)$$

$$U_{as} = \left( \frac{\delta_{to}}{\lambda_{to}} + \frac{\delta_{to.ich}}{\lambda_{to.ich}} + \frac{1}{H_{таш}} \right)^{-1} \quad (6)$$

$$U_{yon.l} = \left[ \frac{1}{2\lambda_{to}} \ln \left( \frac{D_{to.ich} + \delta_{to}}{D_{to.ich}} \right) + \frac{1}{2\lambda_{to.ich}} \ln \left[ \frac{D_{to.tash}}{D_{to.ich} + \delta_{to}} \right] + \frac{1}{h_{нар} D_{to.tash}} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$UA = U_{as} A_{as} + U_{yon.l} + H_{to} \quad (8)$$

Ҳисобланган иссиқлик оқими зичлиги  $q_{хиоз}$  Вт/м<sup>2</sup> қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$q_{\text{хиз}} = q_{\text{ном}} \left( \frac{\Delta t_{sr}}{70} \right)^{l+nl} \left( \frac{G_{c.c} \frac{hr}{kg}}{360} \right)^{pl}, \quad (9)$$

бу ерда:  $q_{\text{ном}}$  – номинал иссиқлик оқимининг зичлиги, W/m<sup>2</sup>;  $\left( \frac{\Delta t_{sr}}{70} \right)^{l+nl}$  – иссиқлик ташувчиси сув бўлганда ҳароратлар фарқи фарқи, 0C;  $G_{c.c}$  – сув сарфи, kg/s;  $n, p$  – экспериментал рақамли кўрсаткичлар қийматлари.

Танланган юза бўйича  $A_{\text{на}}$ , иситиш асбобларидан чиқаётган сувнинг ҳарорати  $t_{\text{чик}}$ , 0C қуйидагича [5]:

$$t_{\text{чик}} = t_{\text{хх}} + \frac{1}{\left[ \frac{q_{pr} n l \left( \frac{G_{pr} \frac{hr}{kg}}{0.1} \right)^{N_{\text{seksiya}} A_{pr}}}{(t_{\text{кир}} - t_{\text{хх}})^{nl} + \frac{1}{70^{1+nl} G_{pr} C_{\text{сув}}}} \right]^{\frac{1}{pl}}}} \quad (10)$$

Бу ерда:  $t_{\text{кир}}$  – иситиш асбобига кирадиган иссиқлик ташувчининг ҳарорати. 0C;  $t_{\text{хх}}$  – иситиладиган хонадаги ҳавонинг ҳисобий ҳарорати. 0C;  $q_{pr} - q_{\text{ном}}$  – номинал иссиқлик оқимининг зичлиги, W/m<sup>2</sup>;  $n, p$  – иситиш асбобининг структуравий ва гидравлик хусусиятларининг иссиқлик узатиш коэффициентига таъсирини ифодаловчи экспериментал рақамли кўрсаткичлар;  $G_{c.c}$  – иситиш асбобидаги ҳақиқий сув сарфи, kg/s;  $C_{\text{сув}}$  – сувнинг солиштирма масса иссиқлик сиғими J/(kg 0C).

### 1-жадвал. Иссиқликни сақловчи бак аккумуляторнинг геометрик ўлчамлари

Номланиши	Ташқи диаметр, mm	Ички диаметр, mm	Узунлиги mm	Изоляцияси mm	Оғирлиги kg	Ҳажми m <sup>3</sup>
Бак-аккумулятор	2 506	2 300	5 300	200	3 800	22

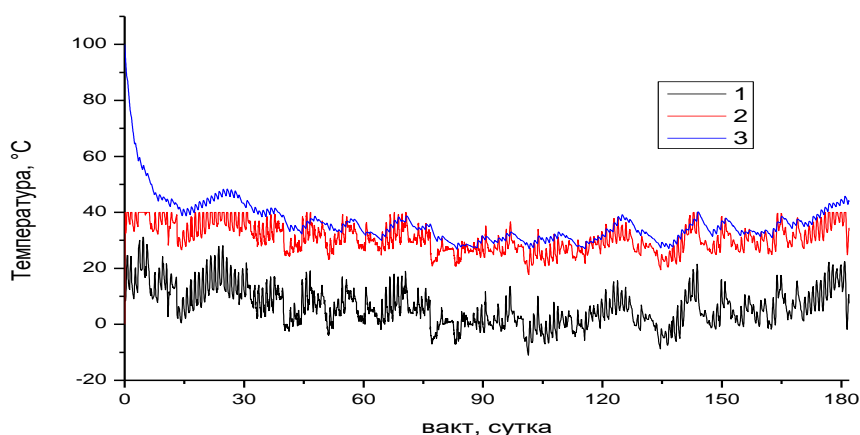
1-жадвалда қаралаётган тизим учун иссиқликни жамловчи, сақловчи бак аккумуляторнинг геометрик ўлчамлари келтирилган бўлиб, улар асосида (5) формуланинг қиймат кўрсаткичларини аниқлаш учун асос саналади.

### 2-жадвал. Иссиқликни сақловчи бак аккумулятор химоя қатламининг иссиқлик-техникавий кўрсаткичлари

Номланиши	Зичлиги kg/m <sup>3</sup>	Солиштирма иссиқлик сиғими, kJ/kg0C	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти W/m <sup>2</sup> 0C	Қалинлиги mm
Оцинкованный пўлат лист	7800	0,45	55	0.5
Минералвата	125	0.84	0.056	200

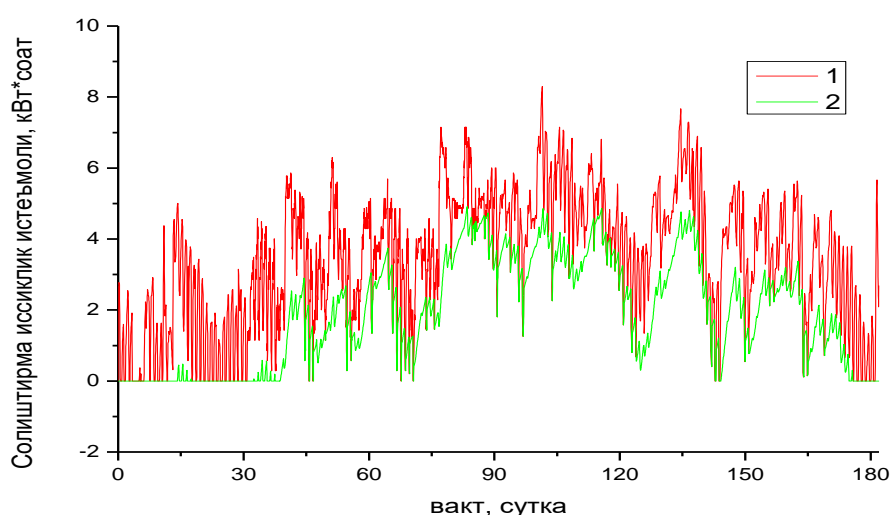
Краска	1100		0.233	0.1
Пўлат лист	8000	0.468	50	4

1 ҳамда 2-расмларда, ҳамда 2-жадвалда келтирилган қийматлар асосида ИАга эга фаол қуёш иситиш тизимини қўллаганда бино ичидаги ҳароратларнинг вақт бўйича ўзгариши ҳамда анъанавий иситиш тизимининг иссиқлик юкламасининг соатлик ўзгаришилари динамикаси келтирилган ҳамда 3 – расмда бак аккумуляторга эга ва эга бўлмаган фаол қуёший иситиш тизимининг иссиқлик ҳимояси даражаларига мос равишда таҳлили ўтказилган.

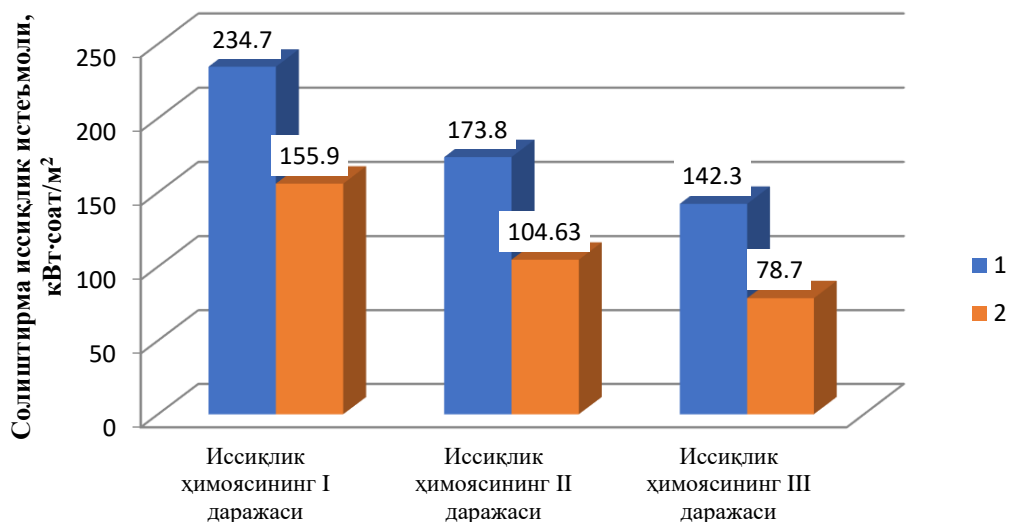


**1-расм. 15.10.2019 - 15.04.2020йй. Ҳароратларнинг вақт бўйича ўзгариши:**

1-атроф-муҳит температураси; 2-қуёш коллекторидан чиқувчи иссиқлик ташувчининг ҳарорати; 3-бак-аккумулятордаги сувнинг ҳарорати [4]



**2-расм. 15.10.2019 - 15.04.2020 йй. Анъанавий иситиш тизимининг иссиқлик юкламасининг соатлик ўзгариши: 1- фаол қуёш иситиш тизими бўлмаган ҳолда; 2- фаол қуёш иситиш тизими бўлган ҳолда [4]**



### Иссиқлик ҳимоясининг даражалари

**3-расм. Солиштирма иссиқлик истеъмолининг иссиқлик ҳимояларининг даражалари бўйича ўзгариши[4].**

1- фаол қуёш иситиш тизимидан фойдаланилмаган ҳол учун;  
2- бак-аккумуляторли фаол қуёш иситиш тизимидан фойдаланилган ҳол учун

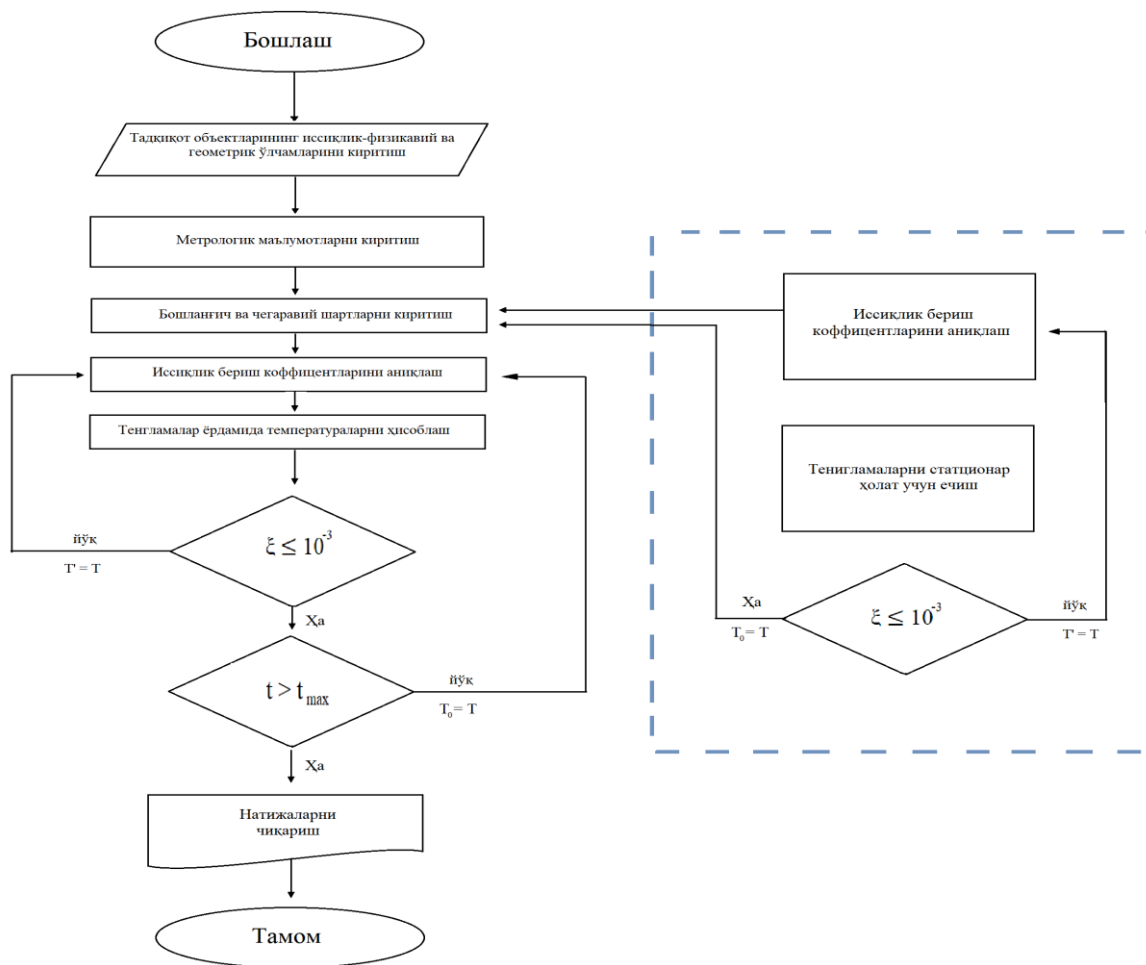
3 – расмга кўра, бинони иситиш учун солиштирма йиллик иссиқлик энергияси истеъмолининг иссиқлик ҳимояларининг даражалари бўйича ўзгариши келтирилган. Бак-аккумуляторли фаол қуёш иситиш тизимли бино бўйича ўтказилган ҳисоблашлар кўрсатишича Тошкент шаҳри шароитида солиштирма йиллик иссиқлик энергияси сарфи ва иситиш хоссаларида сезиларли ўзгаришлар кузатилди [6].

Ҳимоя даражаси	Аккумуляторсиз тизимда камайиш, kWh/m <sup>2</sup>	Аккумуляторли тизимда камайиш, kWh/m <sup>2</sup>
I даражаси	≈ 46.9 (≈ 20-21 %)	78.81 (≈ 33.4 %)
II даражаси	≈ 47 (≈ 28 %)	69.17 (≈ 39.8 %)
III даражаси	≈ 46.9 (≈ 34.3 %)	63.6 (≈ 44.7 %)

Таклиф этилаётган моделнинг сонли татбиқи учун (4-расм) алгоритм ва MathCAD 2015 professional пакетида дастурий таъминот яратилди.

Мазкур дастур ёрдамида маъмурий ва маиший биноларнинг солиштирма иссиқлик хоссалари, энергетик, экологик ва иқтисодий кўрсаткичлари градус-соат ва градус-сутка усулларида фойдаланиб аниқланди. Жумладан маъмурий ва маиший биноларда иситиш учун солиштирма энергия истеъмоли, қуёш коллекторлари ва ИАлар қўлланилганда тежалган энергия миқдори, захарли газларнинг атмосферага чиқарилишининг камайган йиллик миқдори, йиллик тежалган моддий маблағ, солиштирма иссиқлик кўрсаткичларининг соатлик ўртача миқдорлари, харажатларни қоплаш муддати ҳисобланади.

Такдим этилаётган дастурий маҳсулот маъмурий ва маиший биноларда содир бўлувчи иссиқлик жараёнларининг статик ва динамик математик моделлари асосида Python дастурлаш тилида тузилган бўлиб, бунда иқлим маълумотлари асосида маъмурий ва маиший биноларнинг ўртача соатлик ва йиллик энергетик, экологик ва иқтисодий кўрсаткичлари ҳисобланади.



$T$  – ҳароратларнинг тахминий қийматлари;  $T_0$  – бошланғич ҳароратлар

#### 4-расм. Фаол қуёш иситиш тизими учун ишлаб чиқилган математик моделнинг блок-схема кўринишидаги алгоритми[7].

Иссиқлик аккумуляторига эга бўлган фаол қуёш иситиш тизимини қўллаш бўйича моделлаштириш натижаларини умумлаштириб, қуйидаги хулосага келиш мумкин:

1. Иссиқлик аккумуляторига эга фаол қуёш иситиш тизимининг динамик модели орқали биноларда солиштирма иссиқлик хоссаларини аниқлаш имконини берди.
2. Тошкент шароитида, иссиқлик аккумуляторисиз тизим билан солиштирганда, иссиқлик аккумуляторли тизим  $\geq 33\%$  энергия тежашни кафолатлайди, юқори химоя даражаларида бу кўрсаткичлар янада яхшиланади.
3. Экологик таъсир ва иқтисодий самаралар ҳисобга олинганда, мазкур технологиялар давлат сиёсати ва қонун-қоидалар доирасида татбиқ этилиши керак.

#### ҲУЛОСА

Ушбу илмий ишланмаларни амалиётга кенг жорий қилиш учун давлат томонидан қўллаб-қувватлаш тузилмалари (солиқ имтиёзлари, субсидиялар) орқали технологияни кенг тарқатиш мақсадга мувофиқ бўлади.

**Фойдаланилган адабиётлар.**

1. ҚМҚ 2.01.18-2018 «Биолар ва иншоотлар иситиш, шамоллатиш ва кондициялаштириш учун энергия сарфи меъёрлари».
2. Первый двухгодичный отчет по обновленным данным Республики Узбекистан. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/FBURUzru.pdf>
3. Ўзбекистон Республикаси Давлат статистика қўмитасининг расмий маълумотлари. [www.stat.uz](http://www.stat.uz)
4. Аvezov P.P., Аvezova H.P., Kасымов Ф.Ш., Самиев К.А., Д.У.Абдухамидов, Куралов М.А. Эквивалентная одноэлементная модель нестационарного теплового режима помещений с инсоляционной системой отопления. Международная конференция “Фундаментальные и прикладные вопросы физики”. Ташкент, 5-6 ноября 2015 г.- С. 378-381
5. Johnson T.E. Lightweight Thermal Storage for Solar Heated Buildings//Solar Energy 1977. V.19 No6. -pp. 669-675.
6. R.R. Avezov, D.U. Abdukhamidov. «On Determining the Solar Radiation Absorption Factor for Translucent Coatings of Flat Solar Plants». // Applied Solar Energy. USA. Vol. 51, No.3, pp. 232–234.
7. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ Гувохнома № DGU 19465 от 18.11.2022. «Актив куёш иситиш тизимига эга маъмурий ва маиший биоларнинг энергетик, экологик ва иқтисодий хоссаларини аниқлаш компьютер дастури». Авторы: Аvezova H.P., Самиев К.А., Абдухамидов Д.У., Рашидов К.Ю.