



ВЛИЯНИЕ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛОТЕПЛИЦ

Файзиев Т.А., Садыков Ж.Д., Яхшибоев Ш.К., Файзуллаев И.М., Умарова Ф.

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация: Проведённое теоретическое исследование показывает, что основными геометрическими и энергетическими характеристиками гелиотеплиц являются коэффициенты ограждения и аккумуляирования тепла. Поступление солнечной радиации практически мало зависит от угла падения лучей на прозрачные поверхности, в основном зависит от площади поверхности прозрачного ограждения.

Количество тепла, аккумулируемое в тепловом аккумуляторе, определяется его теплоаккумулирующей эффективностью: материал, способность поглощения солнечной радиации, объем, место расположения. При достаточных значениях массы теплоаккумулирующих элементов вся или почти вся улавливаемая теплоаккумулирующими элементами солнечная энергия полезно используется, устраняется перегрев в теплице, суточные колебания температуры воздуха в теплице сглаживаются.

Ключевые слова: гелиотеплица, солнечная радиация, аккумуляция, теплоотдача, теплопроводность, коэффициент теплопередачи.

THE INFLUENCE OF THE STORAGE CAPACITY OF THE HEAT ACCUMULATOR TO INCREASE THE EFFICIENCY OF SOLAR GREENHOUSES

Faiziev T.A., Sadikov J.D., Yakhshiboev Sh.K., Faizullaev I.M., Umarova F.

Karshi Engineering Economics Institute, 180100, Karshi, Uzbekistan

Abstract: The conducted theoretical study shows that the main geometric and energy characteristics of solar greenhouses are the enclosure and heat accumulation coefficients. The influx of solar radiation depends little on the angle of incidence of the rays on transparent surfaces, and mainly depends on the surface area of the transparent fence. The amount of heat accumulated in a heat accumulator is determined by its heat-storing efficiency: material, ability to absorb solar radiation, place location. With sufficient mass values of the heat-storing elements, all or almost all of the solar energy captured by the heat-storing elements is usefully used, overheating in the greenhouse is eliminated, and daily fluctuations in air temperature in the greenhouse are smoothed out.

Keywords: solar greenhouse, solar radiation, accumulation, heat transfer, thermal conductivity, heat transfer coefficient.

GELIOISSIQXONALARNI SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA ISSIQLIK AKKUMULYATORLARINING AKKUMULIYATSIYALASH XUSUSIYATLARI TA'SIRI

Fayziyev T.A., Sodiqov J.D., Yaxshiboyev Sh.K., Fayzullayev I.M., Umarova F.

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 180100, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya: O'tkazilgan nazariy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, quyosh issiqxonalarining asosiy geometrik va energetik xarakteristikalari issiqxonaning shaffof qoplamasi va issiqlikni





akkumulyatsiyalash koeffitsiyentlari hisoblanadi. Quyosh radiatsiyasi oqimining tushishi shaffof yuzalarga nurlarning tushish burchagiga qisman bog'liq bo'lib asosan shaffof qoplamaning sirt maydoniga bog'liq bo'ladi. Issiqlik akkumulyatorida to'plangan issiqlik miqdori uning issiqlikni akkumulyatsiyalash samaradorligi bilan belgilanadi: material, quyosh nurlanishini yutish qobiliyati, joylashuv o'rni. Issiqlik saqlovchi elementlarning massa qiymatlari etarli bo'lsa issiqlik to'plovchi elementlar tomonidan qabul qilingan quyosh energiyasining hammasi yoki deyarli hammasi issiqxonani isitishga sarflanadi, issiqxonada haroratning ortib ketishi bartaraf etiladi va havo haroratining kunlik tebranishlari tekis taqsimlanadi.

Kalit so'zlar: quyosh issiqxonasi, quyosh radiatsiyasi, issiqlikni akkumulyatsiyalash, issiqlik uzatish, issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik uzatish koeffitsiyenti.

Введение. Энергетические потребности стран мира ежегодно возрастают. Развитие энергоснабжения и обеспечение потребностей в топливно-энергетических ресурсах достигается в настоящее время в основном за счет угля, нефти, газа и атомной энергетики. В последние годы во всем мире ведутся исследования, направленные на поиск и вовлечение в топливно-энергетический баланс новых источников энергии. Особый интерес проявляется к возобновляемым источникам энергии, таким как энергия солнца, ветра, гидроэнергия малых рек, приливная энергия и др. Солнечная энергетика относится к быстроразвивающимся отраслям науки, техники и технологии. Основу такого развития составляет создание и совершенствование высокоэффективных энергоустановок для преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую энергии.

В настоящее время энергосбережение и рациональное использование энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе является актуальной проблемой для многих предприятий отрасли. Высокая энергоемкость сельскохозяйственной продукции, ограниченность энергетических ресурсов и высокая стоимость энергии на сегодняшний день являются основными энергетическими показателями сельскохозяйственного производства. Энерго- и ресурсосбережение являются одним из путей снижения себестоимости производимой продукции. Современный уровень развития сельскохозяйственной отрасли и состояние ее сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к решению проблемы ее энергообеспечения, в том числе за счет использования традиционных и возобновляемых источников энергии. Основным вкладом в повышение энергоэффективности аграрной отрасли могут внести мероприятия по внедрению в агропромышленном комплексе возобновляемые источники энергии.

Использование энергии возобновляемых источников энергии позволит сэкономить традиционные дефицитные энергоресурсы и улучшить экологию производства. В сельском хозяйстве существенная доля затрат топливно энергетических ресурсов приходится на поддержание оптимальных параметров микроклимата на сельскохозяйственных зданиях и сооружений, что способствует повышению продуктивности. Именно поэтому рекомендуются энергоустановки с возобновляемыми источниками энергии, в которых экономия топливно-энергетических ресурсов может составлять до 60–70 % и более [1,2].

Теплицы являются наиболее энергозатратными сооружениями. С повышением цен на углеводородные энергоносители, возрастает актуальность повышения их тепло-технологических показателей. Эффективность конструкции гелиотеплицы определяется её способностью аккумулировать тепло энергии солнечного излучения.

Определяющими энергетическими характеристиками солнечных теплиц являются следующие характеристики:

- 1) максимальное поступление солнечной радиации в теплицу,
- 2) минимальные тепловые потери,
- 3) максимальное аккумулирование тепла энергии солнечного излучения, прошедшего в теплицу.

Основная часть. Важнейшими геометрическими и энергетическими характеристиками гелиотеплиц являются коэффициенты ограждения K_o и аккумулирования K_a :



$$K_o = F_o / F_n; \quad K_a = \Sigma Q_{ak} / \Sigma Q_{np}; \quad (1)$$

где F_o – площадь поверхности ограждения гелиотеплицы;
 F_n – площадь поверхности почвы теплицы;
 ΣQ_{ak} – количество энергии солнечного излучения аккумулируемое в теплице;
 ΣQ_{np} – количество энергии солнечного излучения, входящей в гелиотеплицу.

Задачей тепловой и геометрической оптимизации гелиотеплицы является максимально эффективное сопряжение параметров коэффициентов ограждения K_o и аккумуляирования K_a .

Традиционно гелиотеплицы по длине располагаются в широтном направлении [3-5,7-8]. Поверхности воспринимающие солнечное излучение направлены на юг, северные стены и скаты теплоизолированные.

Высота теплицы от поверхности грунта до низа конструкций теплицы должна быть не менее $h=2,2$ м, ширина пролета не должна превышать $b=9$ м [6-17]. Угол наклона южных прозрачных скатов определяет количество солнечной радиации, поступающей в теплицу.

Суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу за период инсоляции:

$$\Sigma Q_{np} = \Sigma S_{np} + \Sigma D_{np}; \quad (2)$$

где $\Sigma S_{np}, \Sigma D_{np}$ – сумма, прошедшей в теплицу, прямой и рассеянной солнечной радиации:

$$\Sigma S_{np} = \Sigma S_{\perp} B_s \cos i; \quad \Sigma D_{np} = \Sigma D B_d; \quad (3)$$

S_{\perp}, D – прямая и рассеянная радиация, падающая на прозрачную поверхность теплицы;
 B_s, B_d – коэффициенты светопропускания прямой и рассеянной радиации.

Поступление рассеянной радиации D практически мало зависит от угла падения лучей на прозрачные поверхности, в основном зависит от площади поверхности прозрачного ограждения. Поэтому количество прошедшей радиации является функцией прямой радиации S_{np} , падающей на поверхности прозрачного ограждения, и угла их падения i :

$$\Sigma Q_{np} = f(S_{\perp}, i). \quad (4)$$

Угол наклона нижнего прозрачного ската принимается в пределах $\rho=45^{\circ} \dots 60^{\circ}$ [2-8]. Как показывают расчеты, при углах наклона до $\rho=60^{\circ}$ поступление солнечной радиации за отопительный сезон возрастает, при углах выше $\rho=65^{\circ}$ – падает (рис. 1).

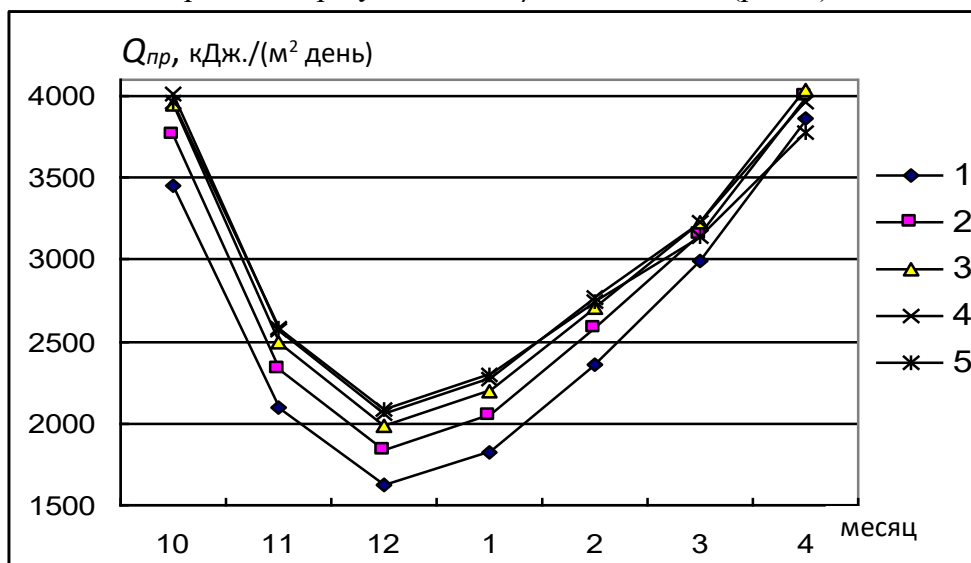


Рис. 1. Среднемесячная суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу на перпендикулярную лучам поверхность Q_{np} в зависимости от угла наклона южного ската ρ :

1 – $\rho=30^{\circ}$; 2 – $\rho=40^{\circ}$; 3 – $\rho=50^{\circ}$; 4 – $\rho=60^{\circ}$; 5 – $\rho=70^{\circ}$



Для условий Кашкадарьинской области наиболее оптимальным является $\rho=60^\circ$. Угол наклона верхнего южного ската принимается в пределах $\rho_1=25^\circ\dots50^\circ$ [5-10].

Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от геометрических параметров теплицы. Принимаем постоянные значения $h=2,2$ м; $\rho=60^\circ$, $\rho_1=30^\circ$. Переменные величины: ширина пролета $b=3\dots7$ м, длина теплицы $l=10\dots30$ м.

Коэффициент ограждения будет определяться по формуле:

$$K_o = \frac{(h + b / \cos \rho_1 + h / \sin \rho) \cdot l + 2hb + b^2 / (2 \operatorname{ctg} \rho_1) + h^2 \operatorname{ctg} \rho}{(b + h \cdot \operatorname{ctg} \rho) \cdot l} ; \quad (5)$$

где h, b, l – высота, ширина пролета и длина теплицы;

ρ, ρ_1 – углы наклона нижнего и верхнего южных прозрачных скатов.

Как видно из рис. 2, с увеличением ширины пролета теплицы в пределах $b=5\dots6$ м, коэффициент ограждения K_o резко падает. Увеличение длины теплицы более $l=26\dots28$ м мало изменяет значения K_o .

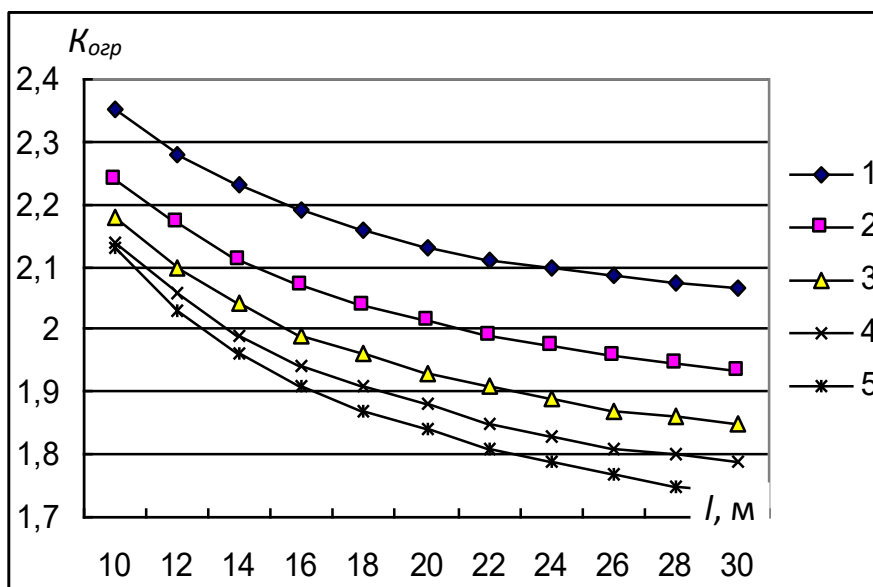


Рис. 2. Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от ширины пролёта b и длины теплицы l :

1- $b=3$ м; 2- $b=4$ м; 3- $b=5$ м; 4- $b=6$ м; 5- $b=7$ м

Таким образом, в первом приближении, можно рекомендовать ширину пролета $b \geq 6$ м, длину теплицы $l \geq 25$ м.

Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла ρ_1 в пределах $\rho_1=25^\circ\dots50^\circ$. Принимаем высоту скатов h_1 постоянной (не зависимо от угла ρ_1) при $\rho_1=30^\circ$, которая определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{b}{2} \cdot \operatorname{tg} \rho_1 = \frac{b}{2} \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = \frac{b}{2} \cdot 0,577 . \quad (6)$$

В этом случае коэффициент ограждения:

$$K_o = \frac{(h + \sqrt{h_1^2 + (b - h_1 / \operatorname{tg} \rho_1)^2} + h / \cos \rho_1 + h / \cos \rho) \cdot l + 2hb + h_1 b + h^2 \operatorname{ctg} \rho}{(b + h \cdot \operatorname{ctg} \rho) \cdot l} . \quad (7)$$

Как видно из таб. 1, с изменением угла ρ_1 коэффициент ограждения K_o изменяется незначительно. Наименьшее значение K_o при $\rho_1=30^\circ$, наибольшее - при $\rho_1=50^\circ$.

Таблица 1. Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла наклона ρ_1 при $b=6$ м, $l=25$ м

ρ_1 , град	25	30	35	40	45	50
K_o	1,827	1,822	1,825	1,831	1,84	1,85

Для полной геометрической и тепловой характеристики гелиотеплицы, рассмотрим влияние угла наклона ρ_1 верхнего южного ската на соотношение суммы прошедшей солнечной радиации ΣQ_{np} и тепловых потерь ΣQ_{mn} в теплице.

С увеличением угла наклона ρ_1 южного ската 1 поступление среднемесячной суммарной солнечной радиации Q_{np} падает пропорционально росту угла наклона ρ_1 (рис. 3).

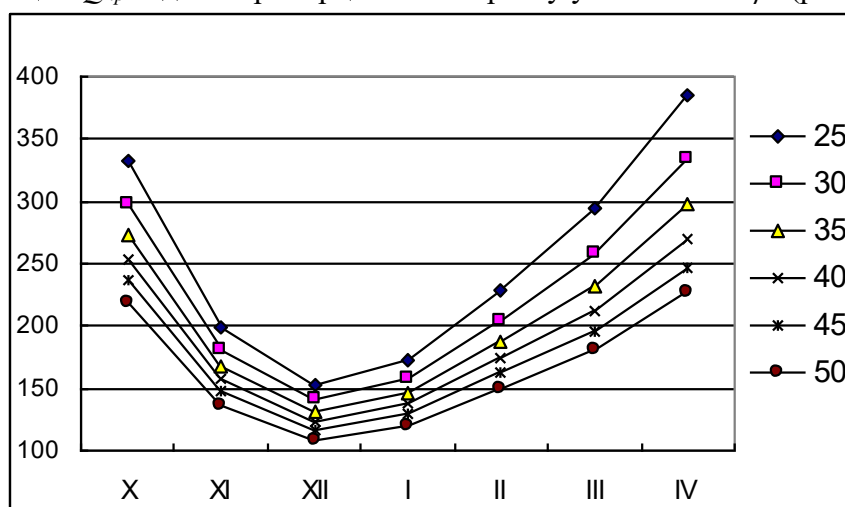


Рис. 3. Среднемесячная суммарная солнечная радиация Q_{np} , поступающая через южный скат 1 при $\rho_1=25...50^\circ$

Суммарные теплотери через верхние скаты определяются суммой теплотерь через скаты 1 и 3:

$$\Sigma Q_{mn} = \Sigma Q_{m1} + \Sigma Q_{m3}; \tag{8}$$

Теплотери через скаты 1 и 3 определяются по формуле:

$$\Sigma Q_{mi} = K_i (t_в - t_n) F_i \tau; \tag{9}$$

где K – коэффициент теплопередачи;

F – площадь поверхности ската;

$t_в, t_n$ – температура внутреннего и наружного воздуха;

τ – время; $i = 1$ и 3 скаты.

Коэффициент теплопередачи K через ограждения, температуры внутреннего $t_в$ и наружного t_n воздуха не зависят от угла наклона ρ_1 ската 1. Стекланные скаты 1 имеют значительно больший коэффициент теплопередачи, чем непрозрачные скаты 3. Поэтому с увеличением ширины b_1 для ската 1 суммарные теплотери ΣQ_{mn} возрастают, с увеличением ширины b_3 для ската 3 – падают. Соотношение теплотерь через скаты можно представить в следующем виде:

$$B_1 = \frac{K_1 \cdot b_1}{K_1 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_3}; \quad B_3 = \frac{K_3 \cdot b_3}{K_1 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_3}. \tag{10}$$



На рис. 4 показаны графики изменения доли теплопотерь B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1 при средних коэффициентах теплопередачи $K_1=6,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$ и $K_3= 3...4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

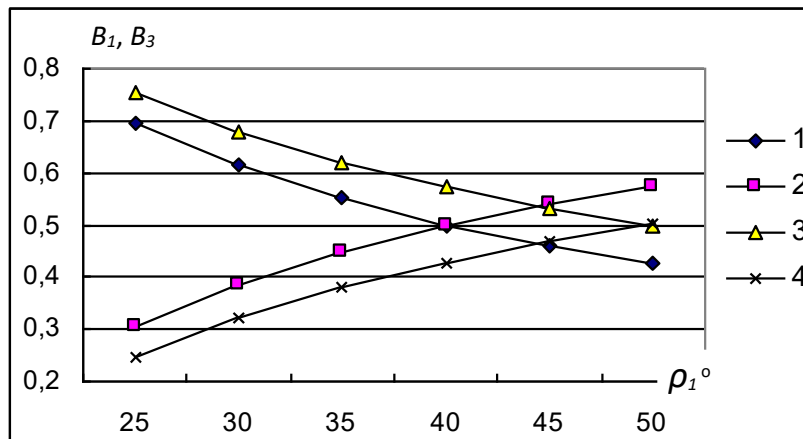


Рис. 4. Изменение доли теплопотерь B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1 :

1–южный скат 1 и 2–северный скат 3 при $K_3=4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$;
 3–южный скат 1 и 4–северный скат 3 при $K_3=3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Доли теплопотерь B_1 и B_3 изменяются пропорционально увеличению угла наклона ρ_1 (B_1 – падает; B_3 – возрастает). С ростом коэффициента теплопередачи K_3 доля теплопотерь B_3 – падает. Функции B_1 (B_3) = $f(\rho_1)$ не имеют точек экстремумов.

Выводы. Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. В качестве оптимального варианта геометрии гелиотеплицы можно рекомендовать параметры (рис. 1): ширина пролета $b \geq 6 \text{ м}$; длина теплицы $l \geq 25 \text{ м}$; высота несущих конструкций $h=2,2 \text{ м}$; угол наклона нижнего южного ската $\rho=60^\circ$; угол наклона верхнего южного ската $\rho_1=30^\circ$.

Количество тепла, аккумулируемого в конструкции теплицы:

$$\Sigma Q_{ак} = \Sigma Q_{np} - \Sigma Q_{mn} ; \tag{11}$$

где ΣQ_{mn} – теплопотери в теплице.

Тепло, аккумулированное в теплице, выражается следующей суммой

$$\Sigma Q_{ак} = \Sigma Q_{ка} + \Sigma Q_{ма} ; \tag{12}$$

где $\Sigma Q_{ка}$, $\Sigma Q_{ма}$ – тепло аккумулируемое в конструкции теплицы и тепловом аккумуляторе.

Тепло аккумулируемое за период инсоляции в конструкции теплицы $\Sigma Q_{ка}$ определяется площадью поверхности грунта и наличием больших массивов в ограждении теплицы.

Количество тепла, аккумулируемое в тепловом аккумуляторе, определяется его теплоаккумулирующей эффективностью: материал, способность поглощения солнечной радиации, объем, место расположения.

В первом приближении требуемый суммарный объем теплоаккумулирующих элементов можно определить из соотношения [9]:

$$V_a = C_{ya} F_n / C_p ; \tag{9}$$

где C_{ya} – удельная теплоемкость теплового аккумулятора, отнесенная к 1 м^2 площади прозрачного ограждения, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Для теплоаккумулирующих элементов V_a из емкостей с водой при удельной теплоёмкости воды $C_p=4186 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \text{ К})$ и $C_{ya}=620 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \text{ К})$ [9], при площади поверхности



прозрачного ограждения $F_n=150 \text{ м}^2$, объем теплоаккумулирующих элементов составляет $V_a=22,2 \text{ м}^3$.

Заключение. При достаточных значениях массы теплоаккумулирующих элементов вся или почти вся улавливаемая теплоаккумулирующими элементами солнечная энергия полезно используется, устраняется перегрев в теплице, суточные колебания температуры воздуха в теплице сглаживаются.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р.А. Амерханов. М.: Колос, 2003. 532 с.
2. Марченко О.В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии /О.В. Марченко, С.В. Соломин // Теплоэнергетика. 2010. № 11. С. 12–17.
3. Якубов Ю.Н. Аккумуляция энергии солнечного излучения. –Ташкент: Фан, 1981, 104 с.
4. Toshmamatov B., Kodirov I. and Davlonov Kh.. 2023 Determination of the energy efficiency of a flat reflector solar air heating collector with a heat accumulator. E3S Web of Conferences 402, 05010.
5. Toshmamatov B., Shomuratova S., Safarova S.. 2023 Improving the energy efficiency of a solar air heater with heat accumulator using flat reflectors. E3S Web of Conferences 411, 01026.
6. Toshmamatov B.M., Shomuratova S.M., Mamedova D.N., Samatova S.H.Y., Chorjeva S. 2022 Improving the energy efficiency of a solar air heater with a heat exchanger – Accumulator. 1045(1), 012081.
7. Kodirov I.N., Toshmamatov B.M., Aliyarova L.A., Shomuratova S.M., Chorjeva S. 2022 Experimental study of heliothermal processing of municipal solid waste based on solar energy. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1070(1), 012033.
8. Хайриддинов Б.Э, Садыков Т.А. Комбинированные гелиотеплицы- сушилки. -Ташкент: Фан, 1992, -184 с.
9. Вардияшвили А. Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумуляцией тепла. –Ташкент: Фан, 1990, 196 с.
10. Теплицы и парники. СНиП 2.10.04-85. –М.: Стройиздат, 1985
11. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. –М.: Высшая школа, 1982, 415 с.
12. Ким В.Д., Дусяров А.С., Ким В.В. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи на внешних поверхностях гелиоустановок //Гелиотехника. –Ташкент: Фан, 2004, №2, С. 27-30.
13. Ким В.Д., Хайриддинов Б.Э., Холлиев Б.Ч. Радиационные и метеорологические режимы Кашкадарьинской области. -Карши: 2000, -73 с.
14. Faiziev T.A. and Toshmamatov B.M. 2021 Mathematical model of heat accumulation in the substrate and ground of a heliogreenhouse IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 723 032006. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032006.
15. Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М., Камолов Б.И. Анализ гибридных систем отопления жилых зданий, использующих ВИЭ. Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. №1 (08) 2023. 31.03.2023 г. Стр. 9-16.
16. Uzakov G.N., Davlanov X.A., Kamolov B.I., Toshmamatov B.M. Qishloq hududlarida joylashgan obyektlarning integratsiyalashgan avtonom energiya ta'minoti tizimlari. Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 03.07.2023 y. 9-14 b.
17. Toshmamatov B.M., Raxmatov O.I., Valiyev S.T., Nurmanov Sh.X. Geotermal energiya asosidagi gibrid issiqlik ta'minoti tizimining issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash. Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 03.07.2023 y. 72-83 b.

