Registered in Germany **Europa Revue Journal**
ISSN: 1862-6564 **Vol. 6 No. 6 (2026) Published June 10, 2026**

THE IMPORTANCE OF SOLAR HEAT STORAGE SYSTEMS FOR MAINTAINING TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS IN SOLAR GREENHOUSES

Faiziev Tulkun Amirovich

Candidate of Technical Sciences, Professor Karshi State Technical University

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 sufficeent 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.

ВАЖНОСТЬ СИСТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНАЯ ТЕПЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ

Файзиев Тулкун Амирович

к.т.н., профессор Каршинский государственный технический университет

Аннотация. Проведённое теоретическое исследование показывает, что основными геометрическими и энергетическими характеристиками солнечных теплиц являются коэффициенты ограждения и аккумулирования 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: *солнечная теплица, солнечная радиация, аккумуляция, теплоотдача, теплопроводность, коэффициент теплопередачи.*

Annotatsiya. Quyosh issiqxonalarida issiqlik-namlik rejimlarini ta’minlashda issiqxonalarining asosiy geometrik va energetik xarakteristikalari issiqxonaning shaffof qoplamasi va issiqlikni akkumulyatsiyalash tizimlarini to‘g‘ri tanlanishi va 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 miqdoriuning issiqlikni akkumulyatsiyalash samaradorligi bilan belgilanadi: materiali, 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 [1,2, 8,9].

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. 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 зданий 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, 4-9, 11,12]. Теплицы являются наиболее энергозатратными сооружениями. С повышением цен на углеводородные энергоносители, возрастает актуальность повышения их

тепло-технологических показателей. Эффективность конструкции солнечной теплицы определяется её способностью аккумулировать тепло энергии солнечного излучения [4-6,10-12].

Определяющими энергетическими характеристиками солнечных теплиц являются следующие характеристики: - максимальное поступление солнечной радиации в теплицу, - минимальные тепловые потери, - максимальное аккумулирование тепла энергии солнечного излучения, прошедшего в теплицу.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. Важнейшими геометрическими и энергетическими характеристиками солнечных теплиц являются коэффициенты ограждения K_o и аккумулирования K_a:

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

где F_o - площадь поверхности ограждения солнечной теплицы; F_n - площадь поверхности почвы теплицы; $\Sigma Q_{ак}$ - количество, энергии солнечного излучения аккумулируемое в теплице; ΣQ_{np} - количество энергии солнечного излучения, входящей в солнечную теплицу.

Задачей тепловой и геометрической оптимизации солнечной теплицы является максимально эффективное сопряжение параметров коэффициентов ограждения K_o и аккумулирования K_a.

Традиционно солнечной теплицы по длине располагаются в широтном направлении [10-12]. 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 [2-4, 9-12]. Угол наклона южных прозрачных скатов определяет количество солнечной радиации, поступающей в теплицу.

Суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу за период инсоляции:

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

где ΣS_{np}, ΣD_{np} - сумма, прошедшей в теплицу, прямой и рассеянной солнечной радиации:

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

$S_{\perp}$, D - прямая и рассеянная радиация, падающая на прозрачную поверхность теплицы; B_s, B_d - коэффициенты светопропускаяния 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:

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

Угол наклона нижнего прозрачного ската принимается в пределах

ρ = 45º…60º [2,11,12]. Как показывают расчеты, при углах наклона до ρ = 60º поступление солнечной радиации за отопительный сезон возрастает, при углах выше ρ = 65º - падает (рис. 1).

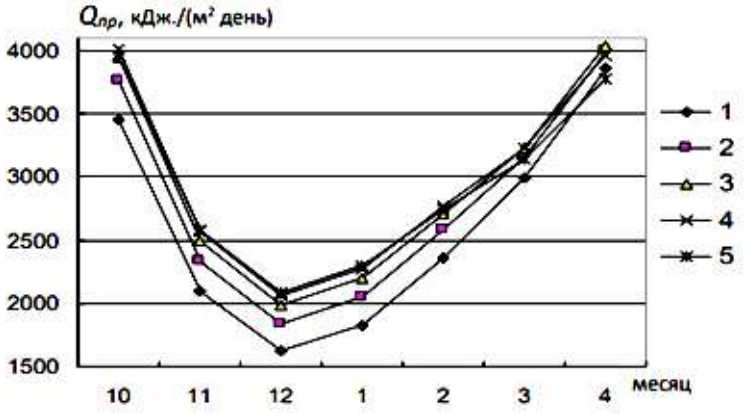

Рис.1. Среднемесячная суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу на перпендикулярную лучам поверхность Q_{np} в зависимости от угла наклона южного ската ρ:

1 – ρ = 30º; 2 – ρ = 40º; 3 – ρ = 50º; 4 – ρ = 60º; 5 – ρ = 70º

Для условий Кашкадарьинской области наиболее оптимальным является ρ = 60º. Угол наклона верхнего южного ската принимается в пределах

ρ_1= 25º…50º [4-6, 11].

Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от геометрических параметров теплицы. Принимаем постоянные значения

h = 2,2 м; ρ = 60°, ρ_1 = 30°. Переменные величины: ширина пролета b = 3…7 м, длина теплицы l = 10…30 м.

Коэффициент ограждения будет определяться по формуле:

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

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…6 м, коэффициент ограждения K_o резко падает. Увеличение длины теплицы более l = 26…28 м мало изменяет значения K_o.

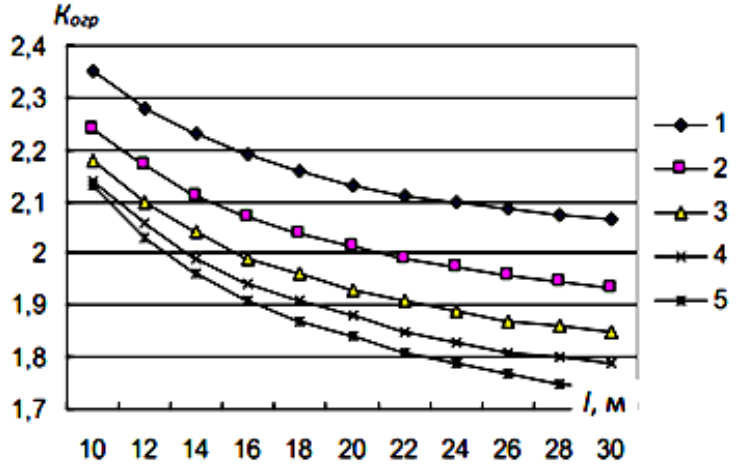

Рис. 2. Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от ширины пролёта b и длины теплицы l:

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.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ. Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла ρ_1 в предалах ρ_1 = 25°…50°. Принимаем высоту скатов h_1 постоянной (не зависимо от угла ρ_1) при ρ_1 = 30°, которая определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{b}{2} \cdot tg\rho_1 = \frac{b}{2} \cdot tg30^o = \frac{b}{2} \cdot 0{,}577\,. \quad (6)$$

В этом случае коэффициент ограждения:

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

Как видно из таблицы 1, с изменением угла ρ_1 коэффициент ограждения K_o изменяется незначительно. Наименьшее значение K_o при ρ_1 = 30°, наибольшее - при ρ_1 = 50°. 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).

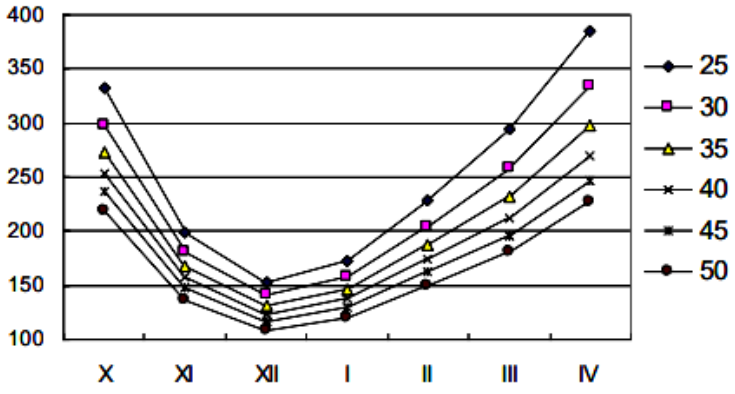

Рис. 3. Среднемесячная суммарная солнечная радиация Q_{np}, поступающая через южный скат 1 при ρ_1 = 25°…50°.

Суммарные теплопотери через верхние скаты определяются суммой теплопотерь через скаты 1 и 3:

$$\Sigma Q_{mn} = \Sigma Q_{m1} + \Sigma Q_{m3}\,; \quad (8)$$

Теплопотери через скаты 1 и 3 определяются по формуле:

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

где K - коэффициент теплопередачи; F - площадь поверхности ската; $t_в$, $t_н$ - температура внутреннего и наружного воздуха; τ - время; i = 1 и 3 скаты.

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

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

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 Вт/(м^2 К) и K_3 = 3…4 Вт/(м^2 К).

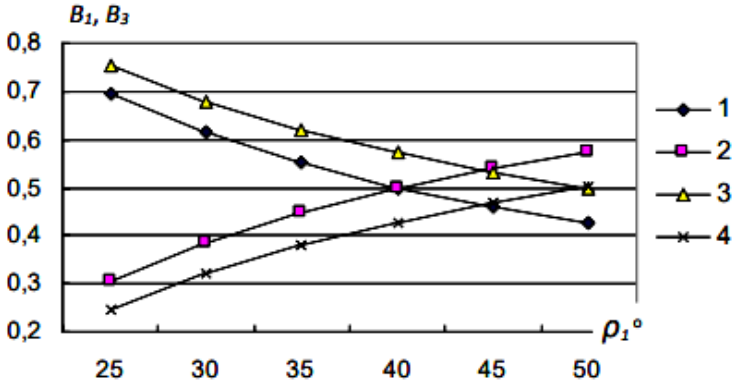

Рис. 4. Изменение доли теплопотерь B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1:

1–южный скат 1 и 2-северный скат 3 при K_3 = 4 Вт/(м^2 К);

3–южный скат 1 и 4-северный скат 3 при K_3 = 3 Вт/(м^2 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 (ρ_1) не имеют точек экстремумов.

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

Для теплоаккумулирующих элементов V_a из емкостей с водой при удельной теплоёмкости воды C_p=4186 кДж/(м^3 К) и C_{ya}=620 кДж/(м^2 К) [4], при площади поверхности прозрачного ограждения F_n=150 м^2 , объем теплоаккумулирующих элементов составляет V_a= 22,2 м^3 .

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 ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Авезова Н.Р., Садыков Ж.Д. Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумулирующей стены пассивных систем солнечного отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки // Гелиотехника. – 2012. – №1. – С. 47–53.

[2]. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. – М.: Колос, 2003. – 532 с.

[3]. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.

[4]. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулированием тепла. – Ташкент: Фан, 1990. – 196 с.

[5]. 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.

[6]. Ким В.Д., Хайриддинов Б.Э., Холлиев Б.Ч. Радиционные и метеорологические режимы Кашкадарьинской области. – Карши, 2000. – 73 с.

[7]. Марченко О.В., Соломин С.В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии // Теплоэнергетика. – 2010. – №11. – С. 12–17.

[8]. Садыков Ж.Д., Ким В.Д., Садыков Ж.Ж. Температурный режим воздухопроницаемой коллекторно-аккумулирующей стенки пассивной системы солнечного отопления // Гелиотехника. – 2003. – №3. – С. 57–61.

[9]. Садыков Ж.Д., Ким В.Д., Файзиев Т.А. О температурной стратификации воздуха в солнечных сушильных установках // Вестник Белорусского ГСХА. – 2015. – №3. – С. 165–169.

[10]. Теплицы и парники. СНиП 2.10.04-85. – М.: Стройиздат, 1985.

[11]. Хайриддинов Б.Э., Садыков Т.А. Комбинированные гелиотеплицы-сушилки. – Ташкент: Фан, 1992. – 184 с.

[12]. Якубов Ю.Н. Аккумулирование энергии солнечного излучения. – Ташкент: Фан, 1981. – 104 с.