

ВОЗМОЖНОСТИ АККУМУЛИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛИЦАХ И ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОЕ МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЕ

Эффективное использование солнечной энергии значительно снижает расходы на отопление и улучшает температурно-влажностные и радиационные режимы теплиц. Прерывистость солнечной энергии можно сглаживать аккумуляторами солнечной энергии. Наиболее просто аккумулируется солнечная энергия в виде тепла. Задача оптимизации системы аккумуляции теплиц заданного типа и размера при заданных погодных условиях требует изучения зависимости аккумулируемой энергии ($Q_{ак}^c$) от свойств аккумулирующих материалов и их оптимального месторасположения.

Задача эффективного использования солнечной энергии решается путем ее рационального аккумулирования.

Пути и способы аккумулирования солнечной энергии разнообразны, но все они основаны на том, что лучистая энергия солнца превращается в другой вид энергии (электрическую, химическую, тепловую), затем аккумулируется. Для солнечных установок практически важно оптимизировать потенциальные аккумуляторы.

Тепловые аккумуляторы используются для горячего водоснабжения, отопления теплиц, парников, жилых домов и т.п. В качестве материалов для тепловых аккумуляторов используются вода, галечник, кирпичи, песок, соли и т.д.

Все материальные тела в большей или меньшей степени аккумулируют солнечную энергию.

Уравнение теплового баланса для культивационного сооружения без внутренних источников тепла с суточной аккумуляцией энергии имеет вид [1]

$$\int \overset{\circ}{Q}_{вх} d\tau + \int \overset{\circ}{Q}_{ном} d\tau + \int \overset{\circ}{Q}_{ак} d\tau + \overset{\circ}{Q}_{фот} d\tau + \int \overset{\circ}{Q} d\tau = 0, \quad (1)$$

где

$\overset{\circ}{Q}_{вх}$ - сумма входящих потоков энергии прямой и рассеянной солнечной радиации;

$\overset{\circ}{Q}_{ном}$ - суммарный поток тепловых потерь через ограждающие поверхности;

$\overset{\circ}{Q}_{ак}$ - сумма энергии, аккумулируемой отдельными звеньями сооружения за единицу времени;

$\overset{\circ}{Q}_{фот}$ - поток энергии, расходуемой на фотосинтез;

$\overset{\circ}{Q}$ - сумма расходов потоков энергии, например, на испарение и другие виды химических изменений.

Очевидно, если знак вектора входящих потоков энергии принять положительным, то входящие потоки должны иметь отрицательные знаки.

Из уравнения (1) следует, что для определения суточной аккумулируемой энергии ($Q_{ак}^c$) в теплицах необходимо из суммарной входящей энергии в период потери за тот же промежуток времени ($\tau_1 - \tau_2$)

$$Q_{ак}^c = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \overset{\circ}{Q}_{ак} d\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (\overset{\circ}{Q}_{вх} - \overset{\circ}{Q}_{ном}) d\tau \quad (2)$$

Отсюда следует, что аккумуляция энергии возможна, если от момента восхода (τ_1) до момента захода солнца (τ_2) количество суммарной входящей энергии будет больше, чем суммарные тепловые потери. Поэтому путем расчета суммарной входящей энергии и суммарных тепловых потерь необходимо подвести энергетический тепловой баланс с учетом метеорологических факторов и режима солнечного излучения.

Прерывность солнечного сияния в течение суток, обусловленная суточным вращением Земли, и зависимость его от степени облачности, времени года и местности делает необходимым статистический учет часов ясных солнечных сияний, что нами было установлено за три года: 2006-2008, определена обеспеченность периодов непрерывного солнечного сияния.

На основании статических метеорологических данных методом Б.В. Тарнижевского [2] с учетом формул рассчитаны входящая радиация и тепловые потери для широты $\varphi = 40^\circ$ для условий, когда прозрачная часть теплицы покрыта оконным стеклом толщиной 3 мм с коэффициентом преломления 1,525, коэффициентом В гр 0,94 коэффициенты V_c и V_r определены по данным ВП Кислова (табл.1), а значение прямой солнечной радиации заимствовано из работы КП Барашковой и др. [3] (табл.2), где: коэффициенты пропускания радиации стеклом V_c , затенения рамами V_r .

Для расчета тепловых потерь через поверхность необходимо знать коэффициент теплопередачи. Этот коэффициент меняется в течение суток, но мы вычислим его среднесуточное значение по формулам (2)

Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{(j)} \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3)$$

где

α_1, α_2 - коэффициенты суммарной теплоотдачи на наружной и внутренней частях приемника, составляющие для теплицы

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_l \quad (4)$$

где

α_k - коэффициент конвективной теплоотдачи (на наружной и внутренней поверхностях)

α_l - коэффициент теплоотдачи лучеиспускания определяемый как

$\sum_j \frac{\delta_j}{\lambda_j}$ - сумма термических сопротивлений всех слоев ограждения.

$$\alpha_l = \frac{\varepsilon_{np} \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{T_1 - T_2}, \quad (5)$$

где

ε_{np} - приведенная степень черноты; для теплиц ее можно принять равной $\varepsilon_{np} = 0,8 - 0,82$;

C_0 - степень черноты абсолютно черного тела;

T_1, T_2 - температура внутренней излучающей поверхности и стекла.

Если прозрачная часть приемника имеет двойное остекление с расстоянием воздушной прослойки между ними δ_B , то термическое сопротивление этой прослойки будет

$$R_B = \frac{\delta_B}{\lambda_{\text{экв}}},$$

где

$\lambda_{\text{экв}}$ - эквивалентный коэффициент теплопроводности [4,5] равный [6]:

$$\lambda_{\text{экв}} = \varepsilon_{\kappa} \cdot \lambda_B + \alpha_l \cdot \delta_B, \quad (6)$$

Коэффициент конвекции ε_{κ} определяем из критериального уравнения

$$\varepsilon_{\kappa} = 0,18(G_r \cdot P_r)_f^{0,25},$$

где

G_r, P_r - критерии Грасгофа и Прандтля, относящиеся к среднесуточной температуре воздуха.

Таблица 1.

Зависимость коэффициентов затенения рамами V_r и пропускания стеклом V_c от угла падения солнечных лучей (i)

Остекление	Кэф-фициент	Угол падения i , град									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1. Одинарное	V_r	0,82	0,77	0,73	0,68	0,64	0,56	0,47	0,28	0,09	0,00
	V_c	0,83	0,83	0,83	0,82	0,81	0,78	0,74	0,63	0,38	0,00
	V_k	0,64	0,60	0,57	0,52	0,49	0,41	0,33	0,16	0,03	0,00
2. Двойное	V_c	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,64	0,59	0,45	0,20	0,00
	V_k	0,53	0,51	0,47	0,43	0,40	0,35	0,26	0,12	0,02	0,00

При одинарном остеклении $\kappa = 5,1 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$, при двойном $\kappa = 2,3 \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$. Температуру воздуха внутри теплицы принимаем 20°C , это обусловлено агротехническими требованиями к культивационным сооружениям. Среднесуточную температуру наружного воздуха (t_4) считаем известной. Для оценки её используем статические данные, исследованные нами за три года (2006-2008 г.).

Результаты расчета приведены на рис.1. Интегральное значение прямой радиации, падающей на поверхность приемника в течение года (в данном случае $m_0 = 52^{\circ}$, $m = 30^{\circ}$), значительно больше, чем при $m_0 = 0^{\circ}$, $m = 30^{\circ}$ и заметно меньше, чем при $m_0 = 52^{\circ}$, $m = 0^{\circ}$, особенно зимой.

Таблица 2

Плотности прямой солнечной радиации для географической широты

40° , ккал, $\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

Дата	Часа дня					
	12	11-13	10-14	9-15	8-16	7-17
15 октября	750	740	720	700	500	200
15 ноября	750	730	700	570	400	-
15 декабря	750	720	670	560	300	-
15 января	770	760	700	610	400	-
15 февраля	810	800	760	670	500	-
15 марта	810	800	760	700	600	350

Очевидно, что максимальное количество солнечной радиации падает на поверхность приемника с южной ориентацией.

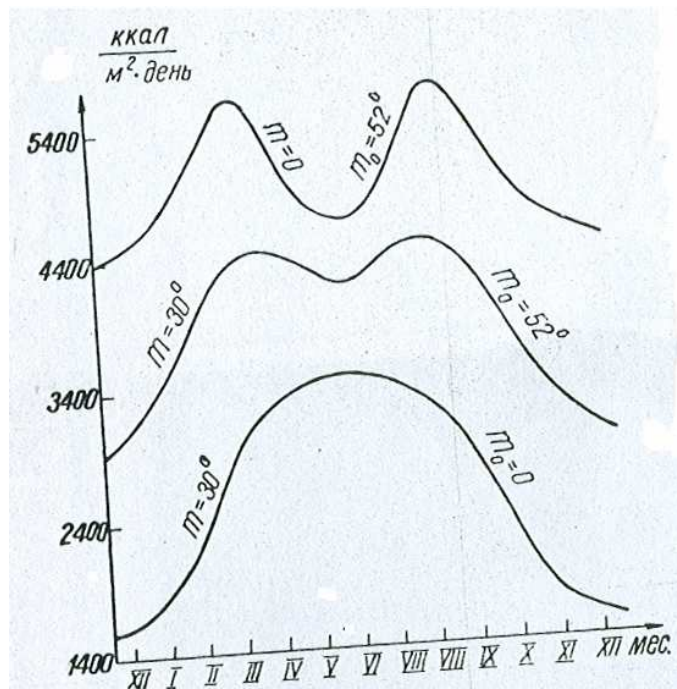


Рис.1. Изменение падающей радиации по месяцам

Для выбора конструкции теплиц важно иметь данные, характеризующие зависимость падающей и входящей внутрь сооружения энергии солнечного излучения (с октября по март, когда потребность теплиц в энергии резко возрастает) от ориентации и угла наклона приемника к горизонту.

На рис. 2 кривые 1,4,7 показывают изменение падающей радиации, когда поверхность имеет соответственно южную, западную и северную ориентации; кривые 2-3, 5-6, 8-9 - изменение входящей радиации при одинарном и двойном остеклении при тех же ориентациях. Крутое изменение кривых 7,8,9 объясняется тем, что при угле наклона поверхности приемника к горизонту, равном высоте солнца в истинный полдень ($h = 90 - \varphi - \delta$), лучи его скользят по поверхности, т.е. становятся параллельными ей. Поэтому

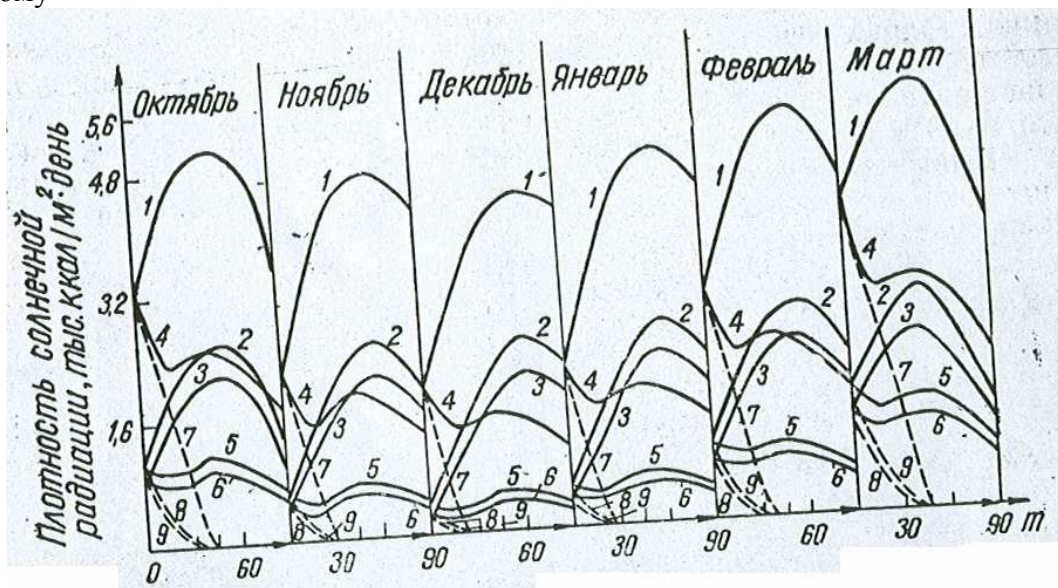


Рис.2. Зависимость падающей и входящей радиации от угла наклона поверхности к горизонту (m) по месяцам для южной (1-3), западной (4-6), северной (7-9) ориентаций при одинарном и двойном остеклении.

Лучи не входят внутрь приемника и кривые пересекаются с осью абсциссы. Несимметричность вершин кривых 1-6 объясняется несимметричностью заданного значения прямой радиации на перпендикулярную лучам поверхность ($I \perp$) в указанный период. Относительно повышенное $I \perp$ в январе – марте обусловлено высокой прозрачностью атмосферы.

Таким образом, с энергетической точки зрения выгодно строить широтные теплицы (конек теплицы параллелен в направлении оси восток – запад), и аккумуляцию солнечной энергии в теплицах будет более эффективным.

Литература

1. Якубов Ю.Н. Аккумуляция энергии солнечного излучения. –Ташкент: Фан, 1981.
2. Тарнижевский Б.В. Возможности применения солнечных установок в зависимости от характеристик радиационного режима. - М., 1960.
3. Барашкова К.П. Радиационный режим территории СССР. - Л., 1961.
4. Петухов Б.В. Использование солнечной энергии. - М., 1958.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи. - М., 1956.
6. Вильямс Х., Мак-Адамс Теплопередача. - М., 1961.