

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА ГЕЛИОПРИЕМНИКОВ В УКРАИНЕ

Диб М.З.

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
г. Киев, Украина

АННОТАЦИЯ: У статті розглядається питання визначення оптимального кута нахилу геліоприймачів в природно-кліматичних умовах України. Оптимізація здійснюється з умови отримання максимальної кількості сонячної енергії за рік з урахуванням ходу хмарності.

АННОТАЦИЯ: В статье рассматривается вопрос определения оптимального угла наклона гелиоприемников в природно-климатических условиях Украины. Оптимизация осуществляется из условия получения максимального количества солнечной энергии за год с учётом хода облачности.

ABSTRACT: Determining the optimum values of tilt angle of solar collector systems in the environmental-climatically conditions of Ukraine is considered in the article. Optimization is determined taking into account the quantitative of solar energy in a year, in terms of cloudiness trend.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Гелиоприемник, солнечная энергия, облачность, азимут, высота солнца.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Энергетический кризис переориентировал человечество на использование возобновляемых источников энергии. Наиболее перспективным источником энергии является солнце. Современные гелиосистемы преобразования солнечной энергии в электрическую имеют невысокий КПД. Одним из путей повышения их производительности является оптимизация расположения гелиоприемников в конкретных природно-климатических условиях.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В специальной литературе имеется большое число публикаций, связанных с расчётом интенсивности и количества солнечной радиации (СР), которая поступает на плоский солнечный коллектор (СК) любой ориентации и положения [1,2,3]. В Украине разработан государственный стандарт по проектированию систем солнечного теплоснабжения [4]. Однако в этих публикациях не исследуется вопрос влияния хода облачности на оптимизацию. В этом случае оптимальным расположением плоского гелиоприемника для круглогодичных гелиосистем является его ориентация на юг с

наклоном к горизонту, равным географической широте местности. Указывается, что при отклонении ориентации гелиоприемника от южного направления на $\pm 15^\circ$ среднегодовое поступление солнечной энергии на поверхность солнечного коллектора уменьшается всего на 2% по сравнению с южной ориентацией, а при отклонении на $\pm 40^\circ$ эта разница увеличивается до 13%.

В Украине число облачных дней значительно. Это может существенно повлиять на результаты оптимизации. С выходом новых норм по строительной климатологии [5] стало возможным уточнить значения оптимальных углов наклона гелиоприемников в разных регионах Украины.

Целью статьи является исследование по влиянию ориентации и угла наклона плоского солнечного коллектора круглогодичного использования в реальных природно-климатических условиях Украины на дозу получаемой солнечной радиации и определение оптимальных параметров положения СК.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В исследовании приняты следующие допущения.

1. Интенсивность СР, которая поступает на СК любого пространственного положения в фиксированный момент времени $q_{\text{пад } i}$, Вт/м², определяется формулой [4]:

$$q_{\text{пад } i} = P_A P_S I_S^{\text{гор}} + P_D I_D^{\text{гор}} + P_R (I_S^{\text{гор}} + I_D^{\text{гор}}) a, \quad (1)$$

где $I_S^{\text{гор}}$ и $I_D^{\text{гор}}$ – значения интенсивностей соответственно прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную плоскость, Вт/м²;

P_A – коэффициент, который учитывает азимут расположения СК;

P_S – коэффициент, который определяет отношение величины интенсивности прямой СР, поступающей на плоскость южной ориентации, наклоненную под углом β к горизонту, к интенсивности прямой СР, которая поступает на горизонтальную плоскость;

P_D – коэффициент положения коллектора для рассеянной СР;

P_R – коэффициент положения коллектора для отраженной СР;

a – альbedo поверхности, на которой расположен коллектор ($a = 0,6$ – при наличии снежного покрова и $a = 0,2$ – при его отсутствии).

2. Среднемесячные значения коэффициента P_A определяется по табл. 1.

Таблица 1

Среднемесячные значения коэффициента P_A [4]

Месяц	$A=15^\circ$	$A=30^\circ$	$A=45^\circ$
Январь	0,986	0,958	0,893
Февраль	0,990	0,959	0,920
Март	0,994	0,963	0,921
Апрель	0,997	0,965	0,922
Май	0,998	0,967	0,924
Июнь	0,998	0,971	0,917
Июль	0,998	0,965	0,926
Август	0,992	0,964	0,918
Сентябрь	0,990	0,961	0,918
Октябрь	0,985	0,959	0,917
Ноябрь	0,984	0,957	0,909
Декабрь	0,982	0,953	0,892
Среднее за год	0,992	0,962	0,910

3. Коэффициенты P_S , P_D и P_R рассчитываются по формулам [4]:

$$P_S = I_S^{\text{роп}} / I_D^{\text{роп}}, \quad P_D = \cos^2 \beta / 2, \quad P_R = \sin^2 \beta / 2, \quad (2)$$

где β – угол наклона коллектора к горизонту.

4. Климатические показатели района строительства определяются по [5] с расчетом недостающих данных по ППП «Atmospheric Radiation» [6].

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА P_S

В [4] приводится таблица для определения среднемесячных значений коэффициента P_S при разных наклонах СК для географических широт 45 и 50° с.ш. Однако этой таблицей нельзя пользоваться для расчета интенсивностей поступления солнечной радиации, так как этот коэффициент будет разным для разных моментов времени и зависит от высоты h и азимута α солнца (от южного направления), угла β наклона СК.

Коэффициент P_S вычислялся по формулам:

$$\begin{aligned} I_r &= \sin h; \quad B = \cos h; \quad C = B \cdot \cos \alpha; \\ D &= \sqrt{I_r^2 + C^2}; \\ \gamma &= \arctg \frac{C}{I_r}; \quad \theta = \beta - \gamma; \\ I_\beta &= D \cdot \cos \theta; \quad P_S = \frac{I_\beta}{\sin h}. \end{aligned} \quad (3)$$

Обозначения величин, входящих в формулы (3), показано на рис. 1.

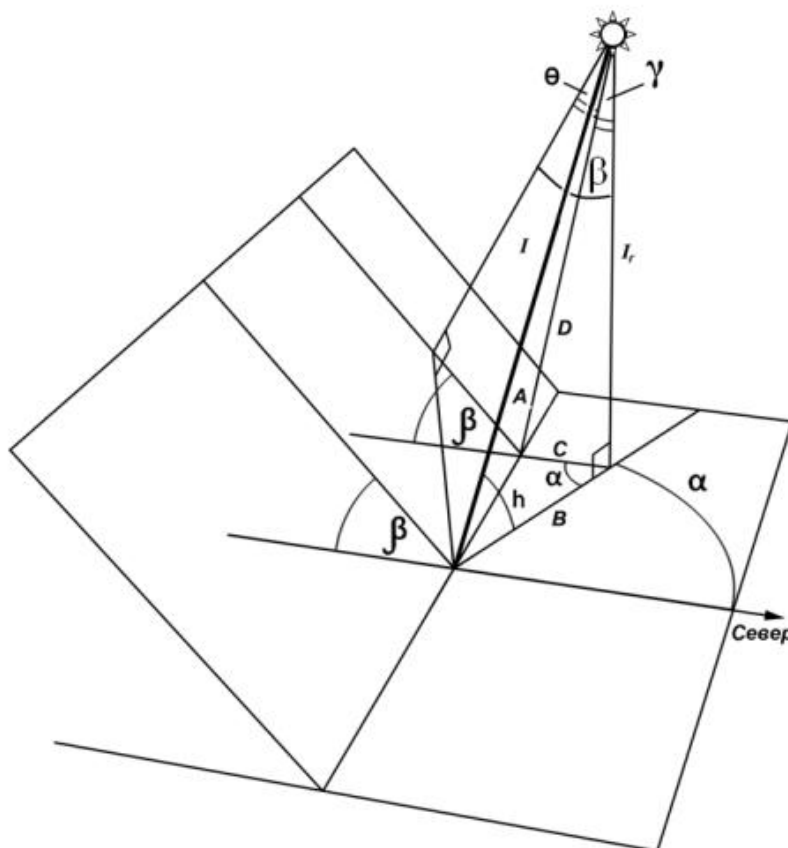


Рис. 1. Обозначения, принятые в формулах (3)

Значения высоты и азимута солнца определялись по солнечной карте, для соответствующей географической широты [7] для середины каждого часа с момента восхода солнца до его заката для 15 числа каждого месяца.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ $I_S^{\text{гор}}$ И $I_D^{\text{гор}}$

Расчет часовых значений интенсивности прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную плоскость для 15 числа каждого месяца, проводился с использованием ППП «Atmospheric Radiation», на основе имеющихся в [5] климатических данных.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ ДОЗ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА ГЕЛИОПРИЕМНИКИ

Годовые дозы солнечной радиации в $Q, \text{Дж}$, поступающие на СК, определялись суммированием часовых интенсивностей, вычисленных по формуле (1) для 15 числа каждого месяца на число секунд в часе и на число дней в соответствующем месяце, с последующим сложением полученных месячных значений.

Результаты вычисления для 4-х городов Украины, расположенных в разных климатических условиях (Киев, Кировоград, Николаев и Симферополь) показаны на рис. 2.

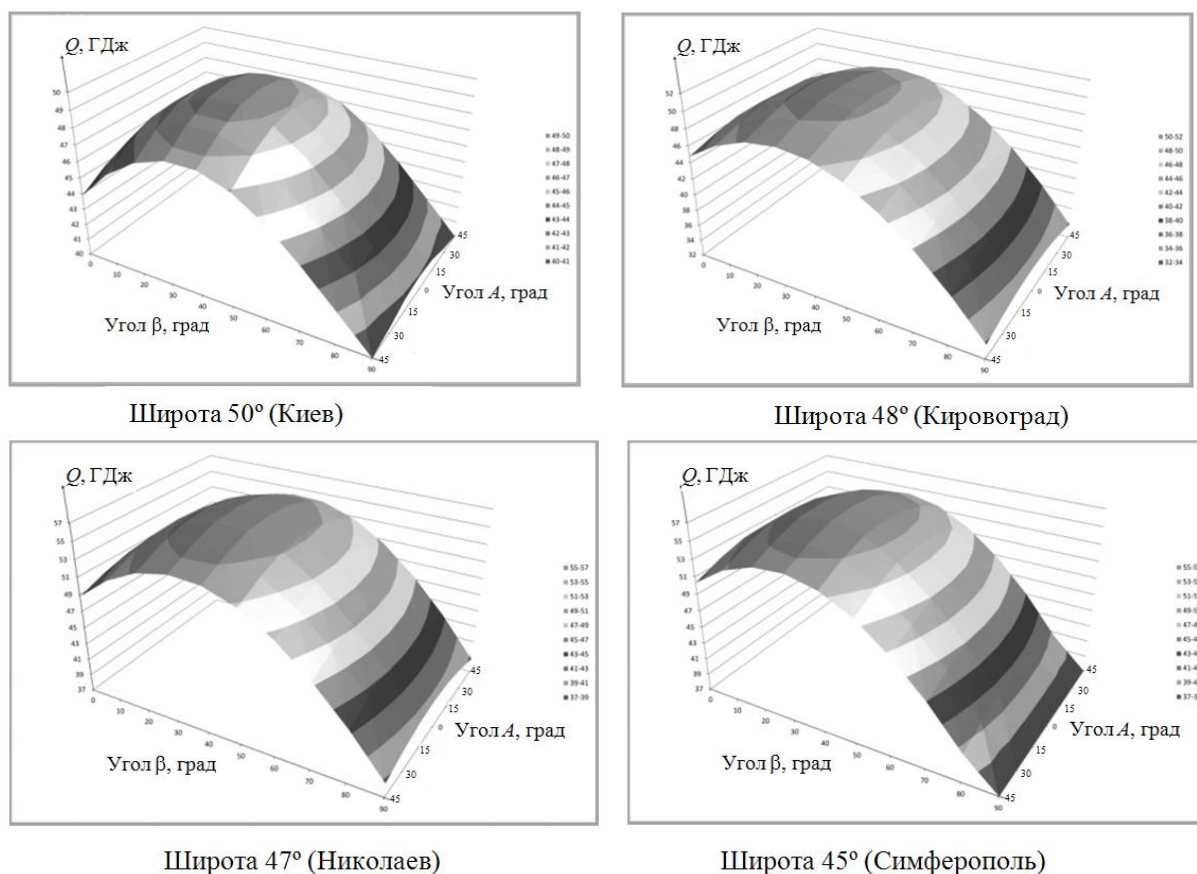


Рис. 2. Поверхности годовых доз солнечной радиации на СК

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

1. Результаты расчетов показали, что в условиях Украины облачность существенно влияет на значение оптимальной пространственной ориентации плоских гелиоприемников. С увеличением облачности угол наклона оптимальных СК уменьшается. При этом азимут их ориентации остается южным.

2. Оптимальный угол наклона для СК круглогодичного использования южной ориентации составляет: для Киева $\beta = 40^\circ$, для Кировограда $\beta = 35^\circ$, для Николаева $\beta = 32^\circ$, для Симферополя $\beta = 30^\circ$.

3. При отклонении от южной ориентации значение годовой дозы солнечной радиации, поступающей на СК в условиях Украины в среднем уменьшается на 0,5% при $A = 15^\circ$, на 2% при $A = 30^\circ$, на 5% при $A = 45^\circ$.

В дальнейшем предполагается уточнение полученных результатов за счет более точного определения коэффициентов P_D и P_R . Кроме этого, будет рассматриваться вопрос целесообразности интеграции гелиоприемников в скатные крыши с точки зрения типологии энергоэффективных усадебных домов в разных архитектурно-строительных климатических районах Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Умбетов Е.С. Методика параметрической оптимизации гелиоколлектора / Е.С. Умбетов, Р.А. Омаров, Ш.К. Сыдыков // Материалы международной научно-практической конференции. - Кн. 2. - Алматы: Агроуниверситет, 2003. - С. 44-46.
2. Омаров Р.А. Обоснование угла наклона гелиоколлектора. / Р.А. Омаров, Е.С. Умбетова // Исследования, результаты. - 1999, - № 5, КазГАУ. - С.99-103.
3. Джамаль К. Хусейн. Оптимизация угла наклона солнечных коллекторов в гелиосистеме. / К.Х. Джамаль, А.Е. Денисова, А.В. Дорошенко // Труды ОПУ, 2008, вып 1 (29) - С. 133-138.
4. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення : ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010 [Чинний з 2010-09-01]. - Мінрегіонбуд України. - К. : Укрархбудінформ, 2010. - 32 с. - (Державний стандарт України).
5. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [Чинний з 2011-11-01]. - Мінрегіонбуд України. - К. : Укрархбудінформ, 2011. - 107 с. - (Державний стандарт України).
6. Сергейчук О.В. Геометрична комп'ютеризована модель «Atmospheric Radiation» для енергоефективного будівництва / О.В. Сергейчук // Енергозбереження в будівництві та архітектурі. — К.: КНУБА, 2011. - Вип.1. - С. 22-28
7. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення: ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 [Чинний з 2011-01-01]. - Мінрегіонбуд України. - К. : Укрархбудінформ, 2010. - 81 с. - (Державний стандарт України).

Статья поступила в редакцию 20.03.2013 г.