

РОЗДІЛ 1  
ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

УДК 674.047.3:692

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ  
СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ В НАСЕЛЕННОМ  
ПУНКТЕ**

**Шевченко С.А., к.т.н., доцент; Дьяченко В.Ю., ст. преподаватель;  
Будник С.В., магистрант**  
*(Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства им. Петра Василенко)*

*Разработаны рекомендации по выбору оптимальных направления и угла наклона солнечного коллектора сушильной камеры при затенении препятствиями. Зависимости получены для препятствий имеющих силуэты в виде прямоугольника и ступеньки. Учтена задержка части прямого солнечного излучения препятствиями. Полученные зависимости могут применяться при проектировании солнечных сушильных камер для древесины, расположенных в населенных пунктах.*

**Введение.** Одной из наиболее энергоемких технологических операций лесопильно-деревообрабатывающих производств является сушка древесины. В связи с этим актуальными являются исследования по уменьшению потерь энергии и использованию возобновляемых источников энергии (в частности, солнечной энергии) для обогрева сушильных камер [1]. Сушка в солнечных камерах может использоваться вместо атмосферной сушки для предварительного подсушивания материалов при комбинированной сушке [2].

**Постановка проблемы.** Тепловая мощность солнечного излучения, поступающая в сушильную камеру, зависит от многих параметров, часть из которых заранее заданы (широта местности, дата и времени суток, оптические свойства светопрозрачного ограждения), а часть (например, характеризующие пространственную ориентацию светопрозрачного ограждения) являются варьируемыми параметрами. Поскольку деревообрабатывающие предприятия, преимущественно, располагаются в населенных пунктах, то их территория подвержена периодическому затенению соседними зданиями, деревьями и т.п. препятствиями. Следовательно, задача оптимального проектирования состоит в том, чтобы найти сочетание значений варьируемых параметров, которое максимизирует

солнечную энергию, получаемую сушильной камерой в течение заданного календарного периода.

**Анализ исследований и публикаций.** В [1] приведена классификация конструкций сушильных камер. В работе [3] приведены рекомендации по выбору угла наклона солнечного коллектора относительно плоскости горизонта в зависимости от широты его места расположения и заданного календарного периода. Следует обратить внимание на то, что приведенные зависимости относятся к случаю, когда солнечный свет беспрепятственно попадает на приемник солнечного излучения. В [4] рассмотрена солнечная станция, коллекторы которой могут затеняться другими такими же коллекторами, входящими в состав станции. Для аналогичного случая в [5] приведена методика оптимизации взаимного расположения коллекторов солнечного излучения и их пространственной ориентации по критерию максимизации поглощенной энергии прямого солнечного излучения.

Анализ этих работ позволяет сделать вывод о том, что приведенные в них методики ориентированы на солнечные коллекторы, либо не затеняемые препятствиями в процессе работы, либо элементы солнечных станций, затенение которых в процессе работы может регулироваться путем изменения их взаимного расположения.

**Нерешенной частью проблемы** является разработка рекомендаций по пространственной ориентации солнечного коллектора сушильной камеры при затенении препятствиями.

**Целью** статьи является разработка рекомендаций по оптимальной пространственной ориентации светопрозрачного ограждения солнечной сушильной камеры в условиях затенения препятствиями, типичными для городской застройки.

**Методика оптимизации пространственной ориентации солнечного коллектора.** Используется следующая методика оптимизации пространственной ориентации светопрозрачного ограждения сушильной камеры. Выбирают длительность интервала времени, через который рассчитывают часовой угол Солнца, высоту Солнца над горизонтом, а также осуществляют сравнение этой высоты и высоты препятствия:

$$\vec{t} = [t_1, \dots, t_N], \quad (1)$$

$$\vec{w} = [w_1, \dots, w_N], \quad (2)$$

где  $t$  – моменты времени суток, для которых осуществляются расчеты, час;  $w$  – часовой угол Солнца, град.

Значения часового угла рассчитывают по формуле [6]:

$$w_n = 180 - 15 \cdot t_n, \quad (3)$$

Для вычисленных значений часового угла измеряют угловую высоту препятствий:

$$\vec{\theta} = [\theta(w_1), \dots, \theta(w_N)] , \quad (4)$$

где  $\theta$  – высота препятствия, град.

Для заданного периода рассчитывают склонение Солнца [5]:

$$\vec{T} = [T_1, \dots, T_M] , \quad (5)$$

$$\vec{\delta} = [\delta_1, \dots, \delta_M] , \quad (6)$$

$$\delta_m = 23,45 \sin\left(360 \frac{284 + T_m}{365}\right) , \quad (7)$$

где  $T$  – порядковый номер суток;  $\delta$  – склонение Солнца, град;

Вычисляют высоту Солнца над горизонтом [6]:

$$\vec{\gamma} = [\gamma_1, \dots, \gamma_N] , \quad (8)$$

$$\gamma(n, m) = \arcsin(\sin(\varphi) \sin(\delta_m) + \cos(\varphi) \cos(\delta_m) \cos(w_n)) , \quad (9)$$

где  $\gamma$  – высота Солнца, град.

Вычисляют косинус угла между направлением на Солнце и нормалью к светопрозрачному ограждению по формуле [3]:

$$c(\alpha, \beta, n, m) = \cos(\beta) (\cos(\delta_m) \cos(\varphi) \cos(w_n) + \sin(\delta_m) \sin(\varphi)) + \sin(\beta) [\cos(\delta_m) (\sin(\varphi) \cos(\alpha) \cos(w_n) + \sin(\alpha) \sin(w_n)) - \sin(\delta_m) \cos(\varphi) \cos(\alpha)] \quad (10)$$

где  $c$  – косинус угла между направлением на Солнце и нормалью к светопрозрачному ограждению;  $\alpha$ ,  $\beta$  – часовой угол и угол наклона светопрозрачного ограждения соответственно, град.

Вычисляют энергию прямого солнечного излучения, поступающую на светопрозрачное ограждение за календарный период:

$$E(\alpha, \beta) = S p_{\Pi} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N c(\alpha, \beta, n, m) \sigma_0(\gamma(n, m) - \theta_n) \Delta t , \quad (11)$$

где  $E$  – энергия прямого солнечного излучения, Дж;  $S$  – площадь светопрозрачного ограждения, м<sup>2</sup>;  $p_{\Pi}$  – энергетическая освещенность поверхности, расположенной перпендикулярно к прямому солнечному излучению, Вт/м<sup>2</sup>;  $\sigma_0$  – функция Хевисайда;  $\Delta t$  – интервал между моментами времени, для которых осуществляются расчеты.

Это позволяет сформулировать задачу оптимизации пространственной ориентации коллектора солнечной сушильной камеры:

$$E(\alpha, \beta) \rightarrow \max_{\alpha, \beta} \Rightarrow \alpha_{opt}, \beta_{opt}, \quad (12)$$

где  $\alpha_{opt}, \beta_{opt}$  – оптимальные значения часового угла и угла наклона светопрозрачного ограждения соответственно, град.

**Типичные формы препятствий солнечному излучению.** В данной статье рассматриваются следующие формы силуэтов препятствий солнечному излучению, типичные для городской застройки – прямоугольник и ступенька.

Силуэт препятствия в виде прямоугольника образуется, например, домом, расположенным вдоль линии восток-запад, если середина дома находится к югу от солнечной сушильной камеры. Может образовываться группой деревьев приблизительно одинаковой высоты. Силуэт препятствия характеризуется угловой высотой  $\gamma$ , угловой протяженностью  $L$  и угловым смещением начала препятствия от направления на юг  $S$  – см. рис. 1.

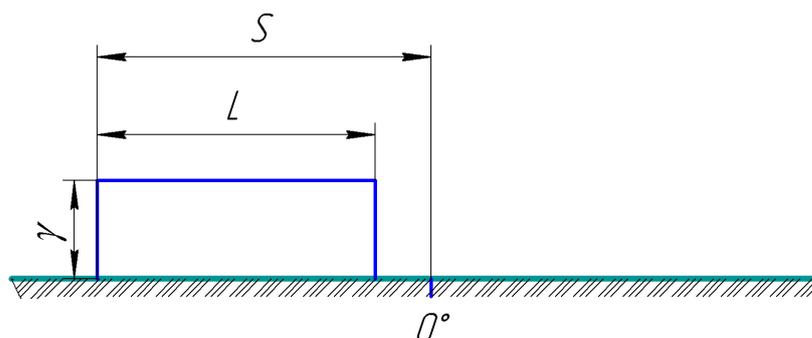
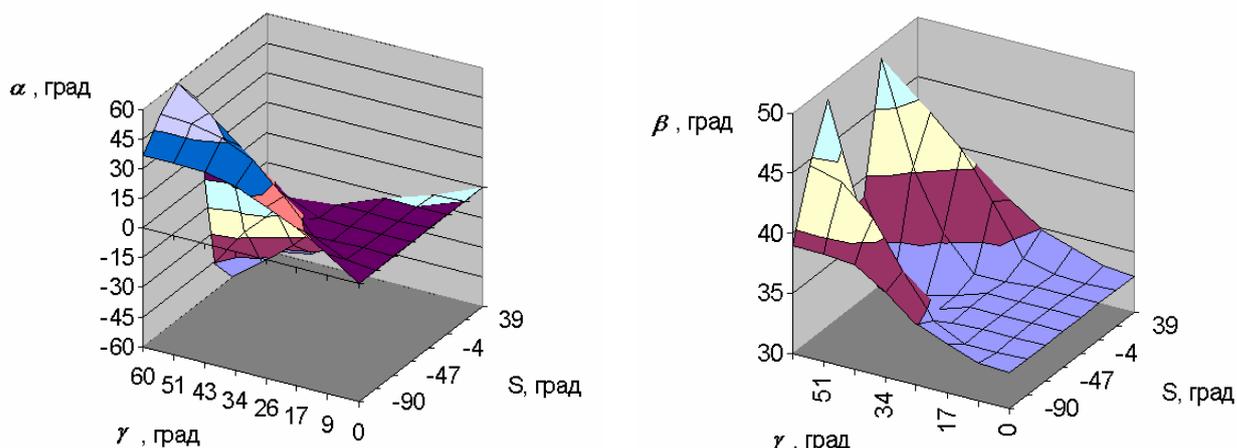


Рисунок 1 – Параметры прямоугольного силуэта препятствия.

Используя приведенную методику, определим зависимости оптимальных значений направления и угла наклона коллектора солнечной сушильной камеры. Результаты моделирования для силуэта препятствия в форме прямоугольника угловой шириной 30 градусов для периода времени с марта по октябрь (рекомендованного для атмосферной ) приведены на рис. 2.



а)

б)

а – направление (часовой угол); б – наклон.

Рисунок 2 – Зависимости оптимальных значений параметров пространственной ориентации солнечного коллектора от параметров силуэта препятствия прямоугольной формы (угловая ширина –  $30^\circ$ ).

Препятствие в форме ступеньки образуется зданиями или группой деревьев, которые имеют равные высоты и расположены на приблизительно одинаковом расстоянии от сушильной камеры. Препятствие характеризуется угловой высотой  $\gamma$  и угловым смещением начала препятствия от направления на юг  $S$  – см. рис. 3.

Результаты моделирования для силуэта препятствия в форме ступеньки для периода времени с марта по октябрь приведены на рис. 4.

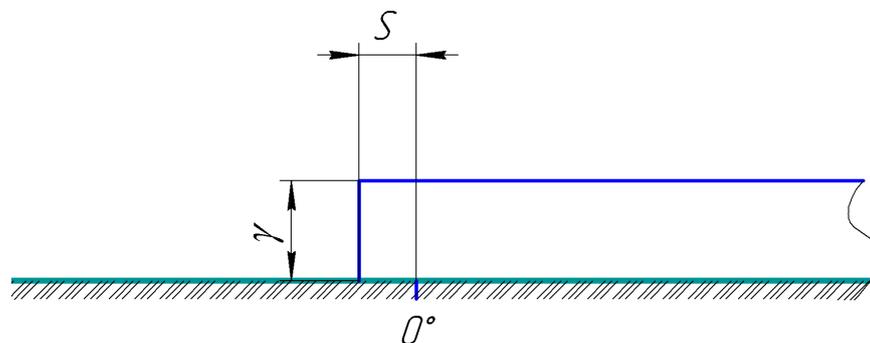
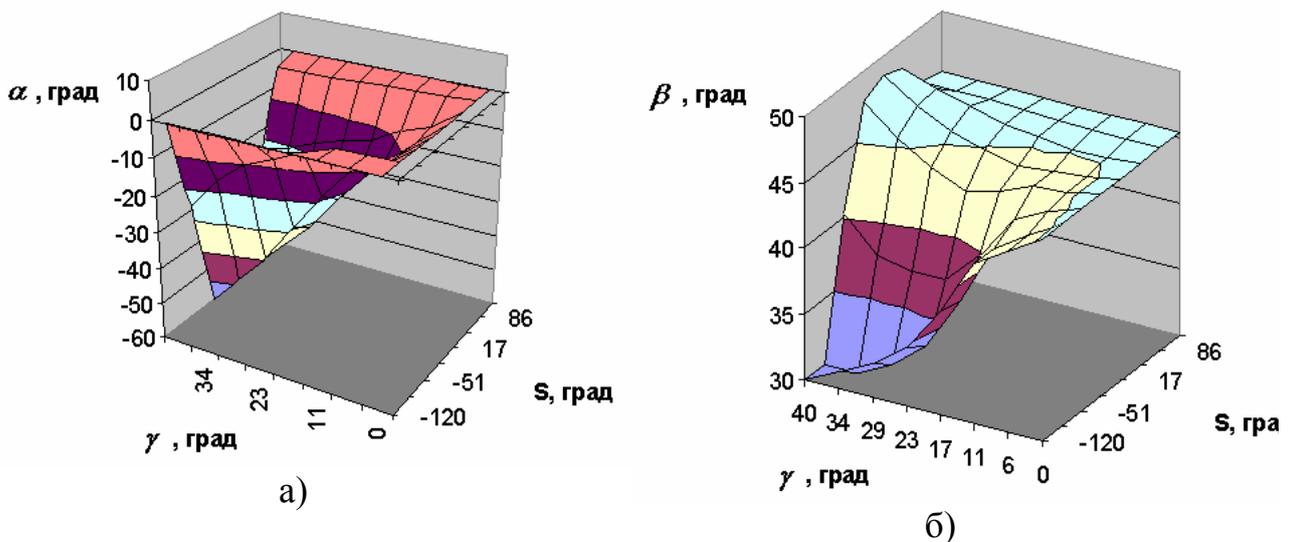


Рисунок 3 – Параметры силуэта препятствия в форме ступеньки



а – направление (часовой угол); б – наклон.

Рисунок 4 – Зависимости оптимальных значений параметров пространственной ориентации солнечного коллектора от параметров силуэта препятствия в форме ступеньки.

**Вывод.** Разработаны рекомендации по выбору оптимальной пространственной ориентации солнечной сушильной камеры с учетом задержки препятствиями части прямого солнечного излучения. Перспективным направлением дальнейших работ является учет задержки препятствиями части рассеянного солнечного излучения.

### Список литературы

1. Luna D. Nadeau J.P., Jannot Y. Solar timber kilns: State of the art and foreseeable developments // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009. – №13. – pp. 1446–1455.
2. Шевченко С.А. Павленко Ю.С. Методика розрахунку тривалості атмосферно-камерного сушіння деревини // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – Вип. 147. – С. 48-52.
3. Джамаль К. Хусейн., Денисова А.Е., Дорошенко А.В. Оптимизация угла наклона солнечных коллекторов в гелиосистеме // Труды Одесского политехнического университета. – 2008. – Вып. 1(29). – С. 133–138.
4. Бобра Т.В., Яшенков В.О. Повышение экономической и энергетической эффективности использования гелиосистем // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2007. – Вып. 2. – С. 81-86.
5. Eloy Díaz-Dorado, Andres Suarez-Garcia, Camilo J. Carrillo, Jose Cidras. Optimal distribution for photovoltaic solar trackers to minimize power losses caused by shadows // Renewable Energy, 2011. – № 36. – pp. 1826–1835.
6. Гиенко Е.Г., Канушин В.Ф. Геодезическая астрономия: Учебное пособие. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 35 с.

### Анотація

#### **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА ПРИ БУДІВНИЦТВІ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ В НАСЕЛЕНОМУ ПУНКТІ**

Шевченко С.А., Дяченко В.Ю., Буднік С.В.

*Розроблено рекомендації з вибору оптимальних напрямку та кута нахилу сонячного колектора сушильної камери при затіненні перешкодами. Залежності отримані для перешкод з силуетами у формі прямокутника та сходинок. Враховано затримку частини прямого сонячного випромінювання перешкодами. Отримані залежності можуть застосовуватися при проектуванні сонячних сушильних камер для деревини, розташованих у населених пунктах.*

### Abstract

**OPTIMIZATION OF SPATIAL ORIENTATION OF SOLAR COLLECTOR  
AT CONSTRUCTION OF TIMBER KILN IN INHABITED LOCALITY**

Shevchenko S.A., Diachenko V.Iu., Budnik S.V.

*Technique of optimizing the azimuth and inclination of the glass enclosure of the solar wood dryer is designed. The losses of the direct solar radiation because of the obstacles are considered. The technique is intended for the design of solar wood drying chamber situated in the settlements.*