

тою. Окрім того, в концентрованих розчинах під дією світла нітратна кислота частково розкладається і забруднює навколишнє середовище нітроген діоксидом  $\text{NO}_2$ . Тому оптимальною є концентрація розчину нітратної кислоти від 10 до 20 %.

Керамічні трубки з пальників відновлюють в інтервалі температур від 40 до 50°C. За нагрівання розчинів  $\text{HNO}_3$  до 60°C посилюється її розкладання, в результаті чого в доквілля крім  $\text{NO}_2$  потрапляє пара води і кисень, котрі сприяють корозії обладнання. Отже, доцільно знизити температуру процесу, однак в температурному діапазоні 10-40°C тривалість розчинення фрити значно збільшується. Тому оптимальна температура процесу регенерації – від 40 до 50°C.

Після відновлення в розведених розчинах  $\text{HNO}_3$  за температури 4-50°C керамічні трубки зберігають мікроструктуру і прозорість, тому їх не потрібно обробляти концентрованими розчинами  $\text{H}_3\text{PO}_4$  і  $\text{HNO}_3$ , як запропоновано в [2]. Зниження температури процесу відновлення і концентрації розчину нітратної кислоти сприяє економії електроенергії, води, хімічних речовин та зменшує забруднення доквілля.

Відновлення керамічних трубок із пальників для натрієвих ламп високого тиску здійснюється тільки у розведених розчинах нітратної кислоти, після відновлення трубки зберігають мікроструктуру й прозорість. Зниження температури обробки керамічних трубок та концентрації розчину нітратної кислоти сприяє ресурсозбереженню. Очищення відпрацьованого розчину нітратної кислоти від іонів  $\text{Hg}^{2+}$  й інших важких металів зменшує забруднення доквілля і поліпшує екологічну обстановку.

1. Заявка Японии N 58–36810. кл. H 01J 9/50. 1983.

2. Авторское свидетельство НРБ N 41448, кл. H 01J 9/50, 1983.

3. Патент Российской Федерации N 2014666, кл. H 01J 61/00, H01J9/50.

*Отримано 28.01.2013*

УДК 602.92

С.Н.ВОСКРЕСЕНСКАЯ, канд. техн. наук

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, г. Симферополь*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЦЕТНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ**

Проведено моделювання і розрахунок фасетного концентратора на основі циліндричної поверхності, обґрунтовано застосування таких концентраторів в системах для отримання електричної енергії.

Проведено моделювання і розрахунків фасетного концентратора на основі циліндричної поверхні, обґрунтовано застосування таких концентраторів в системах для отримання електричної енергії.

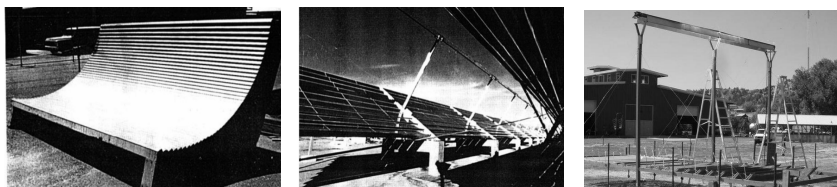
Modeling and calculation of the facet concentrator on the basis of a cylindrical surface is carried out, use of such concentrators in systems for obtaining electric energy is proved.

*Ключевые слова:* фасетный концентратор, концентрация, facets, фотоэлемент, солнечная батарея.

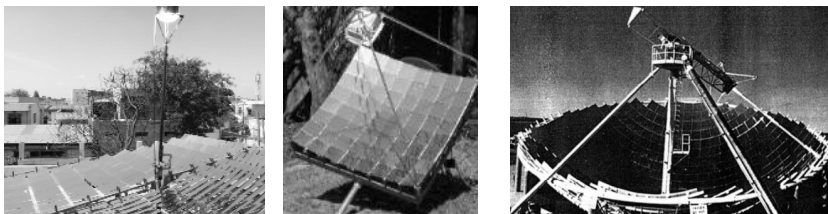
Серьезным препятствием на пути эффективной реализации высокого энергетического потенциала солнечного излучения является его низкая плотность. Преодолеть это противоречие можно путем концентрации излучения [1].

Концентраторы солнечного излучения – это оптические системы (зеркальные, линзовые, или смешанные зеркально-линзовые), которые изменяют ход солнечных лучей (путем отражения или преломления) таким образом, чтобы они попали на некоторый приемник излучения. В общем случае можно выделить две оптические схемы концентрации солнечного излучения: однозеркальные (однолинзовые) и многозеркальные (многолинзовые). К первым относятся, например, цилиндрические с различными кривыми второго порядка в сечении, сферические, параболические и др. В основном они используются для получения тепловой энергии или же электрической посредством использования турбогенераторов. Многозеркальные отражатели часто называют фасетными, так как они состоят из отдельных элементов, направляющих солнечное излучение на один и тот же приемник. При этом они могут иметь различную конструкцию и применяются чаще для получения не тепловой энергии, а электрической, в том числе, с помощью двигателей Стирлинга. На рис. 1 показаны отражатели, собирающие лучи вдоль одной линии. При этом плоские фасеты могут располагаться вдоль кривой (рис. 1, а) или прямой линии, расположенной под углом к поверхности земли (рис. 1, б) или горизонтально (рис. 1, в). На рис. 2 показаны примеры точечно-фокусирующих фасетных концентраторов с плоскими отражателями (рис. 2, а), специальной кривой формы, чтобы в общем составить какую-либо поверхность: параболоидную с большим радиусом кривизны – на рис. 2, б; сферическую – на рис. 2, в; часть параболоидной – на рис. 2, г; в виде отражателя Френеля – на рис. 2, д.

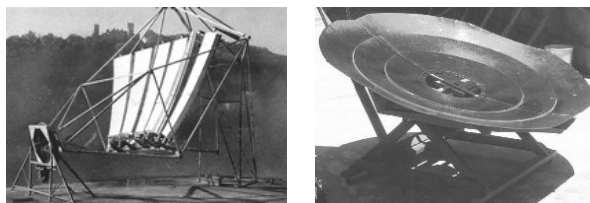
Одним из основных параметров концентрирующих установок является коэффициент концентрации, часто определяемый как отношение апертуры концентратора к площади поверхности приемника [3]. Для фасетных концентраторов он часто напрямую зависит от количества зеркал.



а) б) в)  
Рис. 1 – Линейно-фокусирующие фацетные концентраторы [2]



а) б) в)



г) д)

Рис. 2 – Точечно-фокусирующие фацетные концентраторы [2]

Целью работы является моделирование фацетного концентратора на основе цилиндрической поверхности, который может быть использован для получения электрической энергии с помощью фотоэлементов.

Рассмотрим метод моделирования одного из видов фацетных концентраторов. Для начала выбирается окружность радиусом  $R$ . Впоследствии эта величина или ее удвоенное значение (диаметр окружности) составит расстояние от отражателя до приемника. Также необходимо задаться шириной приемника  $l$ , а его длина будет равна длине цилиндрической отражающей поверхности. Максимально достижимый коэффициент концентрации  $K_{\max}$  будет совпадать с числом фацет  $n_{\max}$ , которые можно разместить по окружности так, чтобы они не затеняли друг друга, то есть,  $K_{\max} = n_{\max} = \frac{2 \cdot R}{l}$ . Центры всех фацет должны лежать на

окружности, а сами они повернуты под некоторым углом  $\delta$  относительно оси, перпендикулярной линии симметрии концентратора, совпадающей с направлением распространения солнечных лучей. Обозначим центральный угол, составленный линией симметрии и радиусом к точке вращения как  $\alpha$ , а внутренний угол, опирающийся на ту же дугу составит  $\frac{\alpha}{2}$ . Солнечный луч, падающий в точку А должен отразиться в точку

В (рис. 3, а) или точку О (рис. 3, б). Так как угол падения равен углу отражения, то угол наклона нормали к падающему лучу  $\frac{\alpha}{4}$  и  $\delta = \frac{\alpha}{4}$  для

рис. 3, а,  $\frac{\alpha}{2}$  и  $\delta = \frac{\alpha}{2}$  – для рис. 3, б.

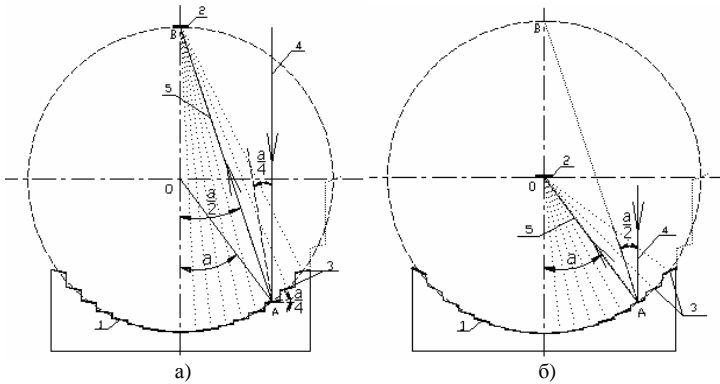


Рис. 3 – Моделирование фасетного концентратора при максимальном расстоянии от отражателя до приемника: а)  $2 \cdot R$ ; б)  $R$ .

Обозначения: 1 – отражатель; 2 – приемник; 3 – facets; 4 – падающий луч; 5 – отраженный луч

При этом они могут быть найдены соответственно по формулам:

$$\frac{\alpha_i}{4} = \frac{\arcsin\left(\frac{l \cdot i}{R}\right)}{4} \text{ и } \alpha_i = \frac{\arcsin\left(\frac{l \cdot i}{R}\right)}{2}, \quad (1)$$

где  $i$  – индекс, отвечающий за порядковый номер facets, отсчитанный от центра.

Чем ближе приемник располагать к отражателю, тем больше будут углы наклона отдельных зеркал к горизонтальной оси, что видно из рис.3.

Если нижняя точка концентратора является началом отсчета, то координаты центров facets:

$$\begin{aligned} x_c &= R \cdot \sin(\alpha), \\ y_c &= R \cdot (1 - \cos(\alpha)). \end{aligned} \quad (2)$$

При  $R=2$  м и  $l=0,2$  м значения углов и координат приведены в таблице.

Значения параметров фацетного концентратора

$i$	$\alpha$ , град	$\frac{\alpha}{2}$ , град	$\frac{\alpha}{4}$ , град	$x$ , м	$y$ , м
1	5,7	2,9	1,4	0,2	1,99
2	11,5	5,8	2,9	0,4	1,96
3	17,5	8,7	4,4	0,6	1,91
4	23,6	11,8	5,9	0,8	1,83
5	30,0	15,0	7,5	1,0	1,73
6	36,9	18,4	9,2	1,2	1,60
7	44,4	22,2	11,1	1,4	1,43
8	53,1	26,6	13,3	1,6	1,20
9	64,2	32,1	16,0	1,8	0,87
10	90,0	45,0	22,5	2,0	0,00

Из таблицы видно, что чем больше порядковый номер facets, тем сильнее она удалена от предыдущей. Причем последние три, например, на 0,23; 0,33 и 0,87 м по вертикали, что достаточно значительно и больше параметра  $l$ . Поэтому при создании концентрирующей установки можно уменьшить их количество, хотя это, в свою очередь, повлияет на коэффициент концентрации.

Так как в течение дня положение солнца на небосклоне меняется, то при использовании фацетного концентратора необходимо осуществлять слежение за солнцем. При этом можно поворачивать всю концентрирующую установку в целом или же только facets. Обозначим угол падения солнечных лучей относительно оптической оси  $\beta$ . Тогда для смоделированного случая facets следует повернуть на угол  $\frac{\beta + \alpha_i}{2} - \frac{\alpha_i}{2} = \frac{\beta}{2}$ .

Известно, что плоские зеркала равномерно отражают все падающее на них излучение. В нашем случае отраженный от каждой facets поток лучей равномерно распределяется по одному и тому же приемнику, происходит их наложение (концентрация). Тем самым увеличивается поверхностная плотность излучения, которое может быть полезно использовано для нагрева теплоносителя. Но возможно и еще одно применение, когда приемником является солнечная батарея, преобразующая его непосредственно в электрическую энергию. Солнечная батарея представляет собой некоторое число последовательно и параллельно

соединенных фотоэлементов. Фотоэлемент последовательной группы, если на него падает поток солнечного излучения с меньшей плотностью, чем на предыдущий, будет вырабатывать меньший ток и не сможет пропустить ток соседнего фотоэлемента, больший, чем вырабатывает он сам. В результате – его перегрев и быстрый выход из строя. Поэтому описанный фасетный концентратор способствует увеличению не только выходной мощности солнечной батареи, но и эффективности преобразования, в отличие от обычных цилиндрических и параболоцилиндрических концентраторов.

Был рассчитан и смоделирован фасетный концентратор солнечного излучения на основе цилиндрической поверхности. Аналогично можно получить концентратор в виде поверхности вращения. Приведены формулы для определения угла наклона фасет и их расположения. Обоснована эффективность применения для получения электрической энергии с помощью солнечных батарей.

1. Андреев В.М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев. – Л.: Наука, 1989. – 310с.

2. BUILD IT SOLAR [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.buiditsolar.com/Projects/Concentrating/concentrating.htm>

3. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

*Получено 15.01.2013*

УДК 621.316.721

О.П.ШЕРЕМЕТА, В.В.МОТИГІН, С.Т.БАРАСЬ, кандидати техн. наук  
*Вінницький національний технічний університет*

## **СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ МІСЦЬ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ**

Проведений аналіз способів економії електроенергії, що використовується для освітлення місць загального користування житлового будинку. Наводяться техніко-економічні параметри розроблених пристроїв: акустичних вимикачів АВ-1 та астрономічного таймера АТ-700. Розроблена система освітлення місць загального користування житлового будинку. Розроблена методика випробовувань та наведені результати випробовувань.

Проведен анализ способов экономии электроэнергии, используемой для освещения мест общего пользования жилого дома. Приводятся технико-экономические параметры разработанных устройств: акустических выключателей АВ-1 и астрономического таймера АТ-700. Разработана система освещения мест общего пользования жилого дома. Разработана методика испытаний и приведены результаты испытаний.

The analysis of the ways to save electricity used for lighting public spaces of a house. Provides technical and economic parameters designed devices: acoustic switches AS-1 and the astronomical timer of AT-700. A system for lighting of public areas of a house. The method for testing and the results of tests.