



УДК 620.91:621.472

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОСКОГО КОНЦЕНТРАТОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРО-ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВАХТОВЫХ ПОСЕЛКОВ НЕФТЯНИКОВ

ANALYTICAL RESEARCHES OF THE FLAT CONCENTRATOR OF SOLAR ENERGY FOR ELECTRO-HEAT SUPPLY FIELD CAMPS OF OIL INDUSTRY WORKERS

Кульбаракова М.Б.Астраханский государственный технический университет
id.yug2016@gmail.com**Руденко М.Ф.**

Астраханский государственный технический университет

Руденко А.М.

Астраханский государственный технический университет

Аннотация. Создание компактных, автономных, переносных, энергетически эффективных установок для обеспечения вахтовых поселков нефтяников электроэнергией и теплом от возобновляемых источников энергии в регионах с теплым климатом является в настоящее время важной научно-технической задачей. В представляемой работе рассматриваются комбинированные конструкции фотоэлементов собранных в треугольную форму и находящихся в плоских зеркальных концентраторах. Это позволяет создавать высокую освещенность фотоэлементов (оптическая концентрация свыше 5 раз) и осуществлять подвод тепловой энергии к элементу конструкции с трех сторон. В такой конструкции, возможно, отводить теплоту солнечного облучения посредством жидкостного теплоносителя потребителю и снижать температуру фотоэлементов, повышая эффективность его вольт-амперных характеристик. При этом солнечная батарея выполненная по такой конструкции будет компактна и экономически выглядеть более привлекательнее.

Ключевые слова: зеркальные концентраторы, фотоэлементы, солнечные батареи, компактность, эффективность.

Kulbarakova M.B.Astrakhan state technical university
id.yug2016@gmail.com**Rudenko M.F.**

Astrakhan state technical university

Rudenko A.M.

Astrakhan state technical university

Annotation. Creation of compact, autonomous, figurative, energetically effective installations for providing field camps of oil industry workers with the electric power and heat from renewables in regions with warm climate is an important scientific and technical task now. In the represented work the combined designs of the photo cells collected in triangular shape and which are in flat mirror concentrators are considered. It allows to create the high illumination of photo cells (optical concentration over 5 times) and to carry out a supply of thermal energy to a design element from three parties. In such design, perhaps to allocate warmth of solar radiation by means of the liquid heat carrier for the consumer and to reduce temperature of photo cells, increasing efficiency of his volt-ampere characteristics. At the same time the solar battery executed on such design will be compact and to look more attractive economically.

Keywords: mirror concentrators, photo cells, solar batteries, compactness, efficiency.

Целью настоящего исследования является разработка и определение эффективности работы комбинированных фотоэлектрических элементов солнечных батарей для получения электрической и тепловой энергии за счёт применения плоских зеркальных концентраторов, выбора рациональной конструкции и взаимного расположения адаптирующей и отражающей поверхности при максимальной освещенности и оптимальной площади проникновения солнечных лучей на адаптирующие поверхности. Высокая компактность солнечных батарей, на основе исследуемых схемных конструктивных решений, позволит значительно снизить массогабаритные характеристики энергетических электротепловых станций. Это особенно важно для применения солнечных станций для бытовых нужд в вахтовых поселках нефтяников и буровиков, на объектах, имеющих ограниченные рабочие площади и отдаленных от линий электропередач в регионах с большим количеством солнечных дней. В совокупности с аккумуляторами электрической и тепловой энергии комбинированные системы можно применять для питания бытовой техники (холодильников, кондиционеров, телевизоров, компьютеров, освещения, получения теплой и горячей воды для душевых, стирки белья и одежды, мытья посуды и т.п.).

Данная цель достигается решением следующих задач:

- аналитическим расчетом максимальной степени освещения фотоэлементов энергией солнечной радиации, на основе определения коэффициента концентрации солнечного излучения на адаптирующую поверхность;
- аналитическим расчетом геометрических параметров для рационального взаиморасположения фотомодулей в плоских зеркалах и оптимальных углов раскрытия зеркал;
- определением потоков тепловой солнечной радиации на конфигурацию фотомодулей.



Рассмотрены конструкции адаптирующего устройства (плоских фотомодулей), имеющего форму правильного треугольника и расположенного в центре нескольких плоских зеркальных поверхностей, установленных под определенными фиктивными углами. Основные параметры устройства связаны аналитически с геометрическими параметрами зеркал через длину и угол их раскрытия (рисунок 1). Для простоты исследования площади поверхностей заменялись соответствующими профилями проекций конструкции на единицу длины.

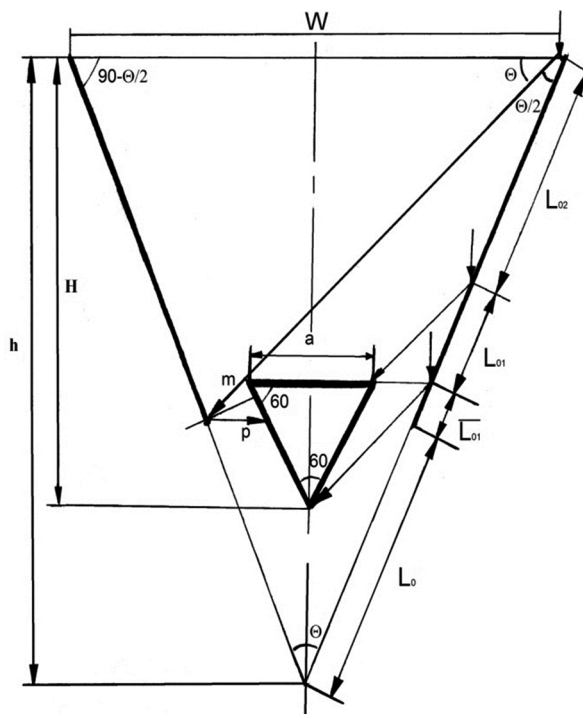


Рисунок 1 – Модель для определения оптико-экономического коэффициента концентрации на адаптирующее устройство треугольной формы при $W = 3a$ и $\Theta = 60^\circ$

Геометрические размеры фотоэлектрического устройства связаны аналитически через типовой размер ширины фотомодуля a и фиктивный угол раскрытия зеркал Θ следующими зависимостями

$$H = (L_{01} + L_{02} + a) \cdot \cos \frac{\Theta}{2} ; \tag{1}$$

$$h = 2a \cdot \cos \frac{\Theta}{2} ; \tag{2}$$

$$L_{01} = \frac{2a \cdot \sin(60 - \Theta)}{\sin(90 + \Theta) \cdot \cos \frac{\Theta}{2}} ; \tag{3}$$

$$\overline{L_{01}} = \frac{\left[4a \cdot \sin \Theta - (L_{01} + L_{02}) \cdot \sin \left(180 - \frac{3}{2} \Theta \right) \right]}{\cos \frac{\Theta}{2}} ; \tag{4}$$

$$L_{02} = \frac{a \cdot \sin \Theta}{\sin \frac{\Theta}{2}} ; \tag{5}$$

$$L = L_{01} + L_{02} + \overline{L_{01}} , \tag{6}$$

где L – ширина одного зеркала; H – высота концентрирующего устройства; h – фиктивная высота.

Исследовались возможности облучения адаптирующего устройства прямой и отражённой энергией солнечной радиации при различных входящих в концентратор потоках через размер W [1, 3–4].



В аналитическом исследовании принимались следующие допущения [5]: угол падения солнечных лучей на зеркальные поверхности равен углу отражения от нее; солнечные лучи падают строго параллельно плоскости симметрии модели концентратора; вся энергия солнечной радиации полностью отражается от зеркальных поверхностей и полностью поглощается площадями адаптирующей поверхности, независимо от углов отражения и поглощения солнечных лучей.

Оптико-экономический коэффициент концентрации оценивался по формуле:

$$C_{OЭ} = \frac{n \cdot a}{a}, \tag{7}$$

где $n = 3$ – доля солнечной энергии, облучаемая адаптирующее устройство.

Рассматривались различные размеры величины W ($W_1 = 2a$, $W_2 = 3a$, $W_3 = 4a$ при углах Θ соответственно 30° , 45° , 60° , 90°). На рисунке 1 изображен пример расчётной модели при $W = 3a$ и $\Theta = 60^\circ$.

На рисунке 2 представлены 3 графика зависимости изменения концентрирующей способности (1) исследованного устройства при различных углах раскрытия зеркал и различных входящих величин солнечной радиации. Максимальное значение имеет график, у которого $W = 4a$. Он соответствует углам раскрытия $\Theta = 45-50^\circ$. Полученные зависимости можно описать аналитическими выражениями, дающими удовлетворительные совпадения с расчетными данными.

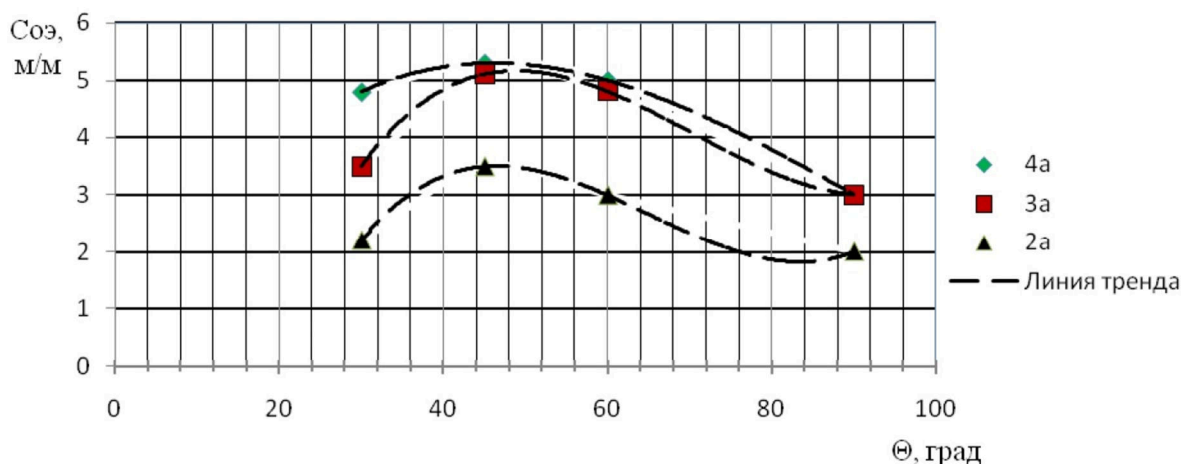


Рисунок 2 – Аналитические зависимости значений концентрической способности проникающей солнечной радиации и длины конструкции адаптирующего устройства

Расчетные точки оптических коэффициентов эффективности можно связать расчетными зависимостями через политропные выражения, тогда получим следующие выражения:

для $W = 2a$: $C_{OЭ} = 7E - 0,5 \cdot \Theta^3 - 0,013 \cdot \Theta^2 + 0,776 \cdot \Theta - 11,2$; (10)

для $W = 3a$: $C_{OЭ} = 6E - 0,5 \cdot \Theta^3 - 0,011 \cdot \Theta^2 + 0,748 \cdot \Theta - 9,9$; (11)

для $W = 4a$: $C_{OЭ} = 1E - 0,5 \cdot \Theta^3 - 0,003 \cdot \Theta^2 + 0,238 \cdot \Theta + 0,4$. (12)

Проведены аналитические исследования склонения солнца, относительно центра зеркальных концентраторов, при различных углах раскрытия зеркал и ширины входящего потока. Эти исследования не дали существенного результата.

По полученным расчётным данным можно сделать следующие выводы. Таким образом, на основании вышеизложенного аналитического исследования можно рекомендовать конструкцию адаптирующего устройства со следующими параметрами $W = 4a$, углом раскрытия Θ от 35° до 60° для фотомодульных конструкций.

Графики имеют явные экстремальные значения в пределах углов раскрытия зеркал равных $40^\circ-50^\circ$, максимальные значения при $W = 4a$, $C_{OЭ} = 5,78$.

По полученным расчётным данным можно сделать следующие выводы. Аналитические исследования показывают, что при перпендикулярном облучении треугольных равносторонних конструкций адаптирующих устройств эффективными являются параметры концентраторов указанных выше. При этом при одинаковой компактности известных устройств и исследуемых энергетическая эффективность последних возрастает на 40 %, а номинальная стоимость снижается на 25 %. Для строгого выдерживания исследуемых параметров таких солнечных систем в конструкциях необходимо предусмотреть следящие за солнечным потоком системы.

**Литература:**

1. Ильин Р.А. Фотоэлектрические преобразователи как независимый источник электроэнергии на собственные нужды производственных предприятий / Р.А. Ильин, А.И. Давыденко // Символ науки. – 2015. – № 11. – С. 27–31.
2. Руденко М.Ф. Эффективность гелиоприёмных устройств с концентраторами для систем тепло- и хладоснабжения. – Саратов : ЛНЭ ОЭП СНЦ РАН, 2001. – 63 с.
3. Руденко М.Ф. Теоретические основы проектирования экологически безопасной гелиоэнергетической техники для производства теплоты / М.Ф. Руденко, Б.Ж. Туркпенбаева, Ю.В. Чивиленко. – Актау : из-во АКТГУ им. Ш. Есенова, 2008. – 165 с.
4. Руденко М.Ф. Фотоконцентраторы для морских и береговых энергетических комплексов / М.Ф. Руденко, А.И. Давыденко // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. – 2017. – № 1 (февраль). – С. 89–96.

References:

1. Ilyin R.A. Photo-electric converters as an independent source of the electric power for own needs of manufacturing enterprises / R.A. Ilyin, A.I. Davydenko // Science Symbol. – 2015. – № 11. – P. 27–31.
2. Rudenko M.F. Efficiency of heliointakes with concentrators for systems warm and cold supply. – Saratov : LNE OEP SNTs RAS, 2001. – 63 p.
3. Rudenko M.F. Theoretical bases of design of ecologically safe heliopower equipment for production of warmth / M.F. Rudenko, B.Zh. Turkpenbayeva, Yu.V. Chivilenko. – Aktau : publishing house of AKTGU of Sh. Esenov, 2008. – 165 p.
4. Rudenko M.F. Photoconcentrators for sea and coastal power complexes / M.F. Rudenko, A.I. Davydenko // Messenger of AGTU. Series: Marine facilities and technology. – 2017. – № 1 (February). – P. 89–96.