

16. Транспортна екологія: метод.-інформац. матер. до самост. вивч. дисц. та викон. індив. завдань [для студ. напряму підготов. 6.070101 Транспортні технології (за видами транспорту)] / А. В. Павличенко, С. М. Лисицька, О. О. Борисовська, О. В. Деменко. – Д.: Нац. гірничий ун-т, 2012. – 39 с.
17. European Commission. Climate Action [Електронний ресурс] : [Сайт]. – Режим доступу: [http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm).
18. Расчетный мониторинг распространения выбросов автомобильного транспорта в крупном промышленном городе / Гольдфейн М. Д., Кожевников Н. В., Кожевникова Н. И., Фетисова Н. А. // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 4 – С. 35–36. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=4168](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=4168).
19. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 1 серпня 2013 р. № 927 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.
20. Ярмолюк Б. М. Тенденції застосування додатків до бензинів / Б. М. Ярмолюк, Н. П. Короткова, Л. І. Береза // Катализ и нефтехимия. – 2006. – № 14. – С. 53–70.
21. Роїк І. В. Застосування поліфункціональної міоуче-диспергуючої присадки до палива як засіб зменшення негативного впливу на довкілля / І. В. Роїк, О. В. Кофанова, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2010. – № 2 (27). – С. 80–85.
22. Роїк І. В. Оцінка впливу багатофункціональних присадок на експлуатаційно-технічні показники палива [Електронний ресурс] / І. В. Роїк, О. І. Василькевич, С. Г. Бондаренко, М. Б. Степанов // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – № 3/6. – 2013. – С. 12–16. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpt\\_2013\\_3\\_6\\_5.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpt_2013_3_6_5.pdf).
23. Роїк І. В. Покращання експлуатаційно-екологічних характеристик автомобільних бензинів за допомогою поверхнево-активних присадок / І. В. Роїк, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов // Екол. безпека. – 2012. – № 2. – С. 85–89.

УДК 621.614.78:662.

## К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Лапшин Ю.С.

Государственная экологическая академия  
последипломного образования и управления,  
Голубцова Н.Ю., Париков Л.Е.  
СП «Ланко»

Запропоновано технологію передачі сконцентрованої променевої енергії від місця концентрації до місця зберігання в променевої формі. Дано опис рекомендованої конструкції теплосховища, призначеного для зберігання високотемпературної теплової енергії та обслуговування сонячних електростанцій великої потужності. Викладена розроблена авторами методика визначення ефективності пропонованих пристроїв. Сформульовано критерії оптимізації параметрів запропонованої системи, виходячи з головної вимоги - досягнення максимальної ефективності використання території (площі відчуження під систему перехоплення і концентрації сонячних променів, доставки променевої енергії до теплосховища, але без урахування площі, займаної системою охолодження і конденсації пари). Сформульована постановка математичної задачі і виведено балансове рівняння для визначення пропускної здатності колектора, що транспортує сонячні промені від місця концентрації до пункту призначення. *Ключові слова:* електростанція, сонце, енергія, колектор, сховище.

**К вопросу о повышении эффективности солнечных электростанций.** Лапшин Ю.С., Голубцова Н.Ю., париковое Л.Е. Предложена технология передачи сконцентрированной лучистой энергии от места концентрации в места хранения в лучевой форме. Дано описание рекомендуемой конструкции теплосховища, предназначенного для хранения высокотемпературной тепловой энергии и обслуживания солнечных электростанций большой мощности. Изложенная разработанная авторами методика определения эффективности предлагаемых устройств. Сформулированы критерии оптимизации параметров предложенной системы, исходя из главного требования - достижение максимальной эффективности использования территории (площади отчуждения под систему перехвата и концентрации солнечных лучей, доставки лучевой энергии в теплосховища, но без учета площади, занимаемой системой охлаждения и конденсации пара). Сформулирована постановка математической задачи и выведены балансовое уравнение для определения пропускной способности колектора, транспортирующего солнечные лучи от места концентрации до пункта назначения. *Ключевые слова:* электростанция, солнце, энергия, колектор, хранилище.

**On the question of increasing the efficiency of solar power plants.** Lapshin Y.S., Golubtsova N.Y., Parikov L.E. The technology transfer concentrated radiant energy from the place of concentration to a storage location in the form of radiation. A description of the recommended design teplohranilischa for storing high-temperature thermal energy and maintenance of solar power plants of high power. Developed by the authors is described method of determining the effectiveness of the proposed devices. Criteria optimization of the parameters of the proposed system, based on the main requirements - to achieve maximum efficiency use of the area (the area under the system of alienation interception and concentration of sunlight, radiant energy delivery to teplohranilischa, but excluding the area occupied by cooling and condensation). Formulate the

mathematical problem and the balance equation is derived to determine the capacity of the reservoir, the sun's rays from the carrier concentration sites to your destination. *Keywords:* екстростанція, sun energy collector, storage.

Предложена технология передачи сконцентрированной лучевой энергии от места концентрации до места хранения в лучевой форме. Дано описание рекомендуемой конструкция теплохранилища, предназначенного для хранения высокотемпературной тепловой энергии и обслуживания солнечных электростанций большой мощности. Изложена разработанная авторами методика определения эффективности предлагаемых устройств. Сформулированы критерии оптимизации параметров предложенной системы, исходя из главного требования – достижение максимальной эффективности использования территории (площади отчуждения под систему перехвата и концентрации солнечных лучей, доставки лучевой энергии к теплохранилищу, но без учета площади, занимаемой системой охлаждения и конденсации пара). Сформулирована постановка математической задачи и выведено балансовое уравнение для определения пропускной способности коллектора, транспортирующего солнечные лучи от места концентрации до пункта назначения.

Ключевые слова, теплохранилище, гелиоэлектростанция, коллектор, тепловая энергия.

Одно из самых приоритетных направлений в развитии гелиоэнергетики - поиск средств повышения КПД гелиоэнергетических систем. Важнейшим и пока ещё удовлетворительно не разрешенным вопросом также остается задача аккумуляции перехваченной солнечной

энергии. Предложения авторов сводятся к тому, чтобы при передаче сконцентрированной рефлекторами лучевой энергии к месту её потребления или хранения эта энергия перемещалась непосредственно лучами, а хранение энергии осуществлялось в высокотемпературных теплохранилищах. Потребителями тепла будут гелиоэлектростанции и предприятия, нуждающиеся в высокотемпературной тепловой энергии (производство керамики, известки обжиг цементного клинкера и т.д.). Дано математическое описание процесса теплопередачи тепловой энергии трубчатым коллектором постоянного по длине диаметра от места концентрации до места хранения или использования при нулевой отражающей способности стенок коллектора.

При вводе лучей в коллектор возникает необходимость получить максимальную плотность сконцентрированной в фокусном пятне энергии с малыми энергетическими потерями. Из четырех путей решения данной задачи (выпуклая линза, линза Френеля, двойное зеркальное отражение по схеме Кассегрена или Григориана, трапецевидная ловушка) чаще всего в практике используется линза Френеля. СП «Ланко» в соавторстве с Академией разработана конструкция рефлектора вторичного отражения (аналог схем Кассегрена и Григориана), которая обеспечит лучшие результаты концентрации, чем линза Френеля. Получены теоретические результаты определения эффективности этой ловушки. Выполнена

экспериментальная апробация основных узлов, подтвердившая правильность теоретических расчетов. В настоящее время оформляется заявка на патент в Украине.

Суть разрабатываемой технологии – достижение максимальной эффективности площади, занимаемой гелиоэнергетической установкой. Эта задача решается следующим образом:

- принимающие солнечные лучи фрагменты поверхности (линзы Френеля либо рефлекторные устройства) располагаются непосредственно над коллекторами, транспортирующими солнечные лучи по назначению;

- в коллектор сконцентрированные солнечные лучи поступают через отверстие предельно уменьшенной площади, что достигается благодаря наличию озеркальной входной воронки и механизму, перекрывающему часть отверстия, в которую лучи не поступают при взаимном частичном затенении данного фрагмента соседним фрагментом;

- принимающие солнечные лучи фрагменты расположены вплотную друг к другу таким образом, что в день равноденствия в 12 часов местного времени эти поверхности примут максимум солнечного излучения, не затеняя друг друга и имея не перекрытой всю площадь входного отверстия;

- плоская поверхность, на которой расположены принимающие солнечные лучи фрагменты, имеет угол наклона вдоль меридиана в сторону экватора, равный географической широте данной местности (несоблюдение этого условия в тропиках приводит к незначительному снижению эффективности, но для больших гео-

графических широт рекомендуется – размещать данную систему на склонах местности).

Выполненные авторами расчеты показывают, что потери энергии солнечных лучей на начальном участке (от приема до окончания ввода в коллектор) остаются в пределах 15%. Ещё 10% - это утечки: через входные отверстия, когда эти отверстия работают на прием энергии, и (на это время) они не перекрыты теплоизоляцией, потери через внешнюю изоляцию и потери на внутреннее потребление (охлаждение перегреваемых мест). Таким образом, эффективность использования энергии солнечных лучей может быть доведена до 75%. Т.е. решаются обе поставленные задачи - повышения КПД и хранения перехваченной энергии.

Очевидно, что такой подход требует разрешения проблем устройства теплоизоляции системы, т.е. поиска надлежащих огнеупорных материалов для создания многослойных вакуумных экранов, так как эффективность работы таких устройств будет особенно значительной при температуре внутренней среды 1500 ÷ 2000К. Но вопросы теплоизоляции в данной работе не рассматриваются (предполагается, что эта проблема технически разрешима, поскольку имеется опыт в металлургической и других областях промышленности), а предметом исследования является создание теоретического метода определения эффективности этого предложения, что возможно на основании законов: оптики, Стефана – Больцмана и Ламберта.

В данной статье изложены теоретические основы метода проверки

эффективности жаростойких коллекторов, передающих сконцентрированную рефлекторами солнечную энергию к месту ее хранения или использования.

Имеется система концентраторов (рефлекторов), снабженная устройством изменения направления сконцентрированного лучевого потока, которая направляет этот сконцентрированный (с малым значением углового диаметра) лучевой поток строго вдоль коллектора с совпадением осей лучевого потока и коллектора. При этом часть введенной в коллектор лучевой энергии достигнет выходного отверстия практически без потерь (не касаясь внутренних стенок коллектора). Вторая (значительно большая) часть лучевого потока поступает в выходное отверстие после одноразового или многократного отражения от стенок коллектора. При этом часть лучевой энергии (в месте контакта со стенкой) переходит в тепло, нагревая стенку, а в соответствии с законами Стефана-Больцмана и Ламберта, эта тепловая энергия рассеивается в лучевой форме по закону шаровой равномерной симметрии с центром в точке отражения луча от поверхности. Если бы коэффициент отражения внутренней поверхности коллектора был равен 1, то мощность, которая теряется (вытекает) через входное отверстие, когда это отверстие не перекрыто теплоизолирующей пробкой, определяется (см. ниже) уравнением (0). Понятно, что изготовление поверхности с такими свойствами невозможно. Максимальное значение коэффициента отражения для волнового диапазона солнечного спектра (11000 – 12000нм) при нормальном падении

лучей – 0,984 (полированная медь) [3, с 639, табл.31.21]. Результат расчета по уравнению (0) может рассматриваться как нижний теоретический предел, к которому следует стремиться при подборе материалов для внутренней облицовки коллектора. Большую практическую ценность будет представлять знание верхнего предела. Т.е. знание величины потерь при степени черноты внутренней поверхности коллектора равной 1. Именно разработка алгоритма вычисления этой величины и является одной из главных частей данной работы. Практическую целесообразность, достаточно высокую точность и полезность таких исследований определяют работы [1,2,3]. Данная разработка предназначена для расчета сравнительно коротких коллекторов, передающих сконцентрированную лучевую энергию от фокуса рефлектора в приемник лучей теплохранилища, когда фокусирующее устройство расположено на поверхности приемника лучей или вблизи от него.

Принятые допущения при составлении расчетной схемы:

- теплоизоляция системы не допускает потерь энергии во внешнюю среду,
- теплоемкость внутренних стенок коллектора пренебрежимо мала,
- степень черноты внутренней поверхности коллектора равна 1,
- справедливы законы линейной оптики и закон Ламберта.
- при расчёте теплообмена между двумя бесконечно малыми элементарными площадками предполагалось, что вся лучевая энергия площадки, обладающей более высокой температурой, сосредоточена в центральной точке этой площадки (в

случае, когда элементарная площадка может рассматриваться как прямоугольник, эта точка является точкой пересечения диагоналей).

Расчетная схема представлена на рис 1.

Коллектор - это прямолинейная тонкостенная труба диаметром  $D$ . В сечении 1-1 находится перегородка с отверстием для ввода лучей. Диаметр этого расположенного в центре трубы входного отверстия –  $d$ . Угловой диаметр вводимого в данное отверстие равномерного лучевого потока мощностью  $q$  равен  $\beta$ . Ось этого лучевого потока совпадает с осью трубы – коллектора. Направленные тепловых лучей, схематично, по-

казано на рисунке стрелками. В выходном отверстии (11–11) поддерживается постоянная температура –  $T_0$ . Принимаем еще одно допущение: будем считать, что поступающий в коллектор лучевой поток мощностью  $q$  является частью точечного источника расположенного на оси коллектора с удалением от сечения 1 – 1 на расстояние  $(d/2)/\tan(\beta/2)$ .

Требуется разрешить осесимметричную задачу по определению функции распределения температуры по длине трубы – коллектора и определить долю лучевой энергии, теряемой (выходящей) через входное отверстие.

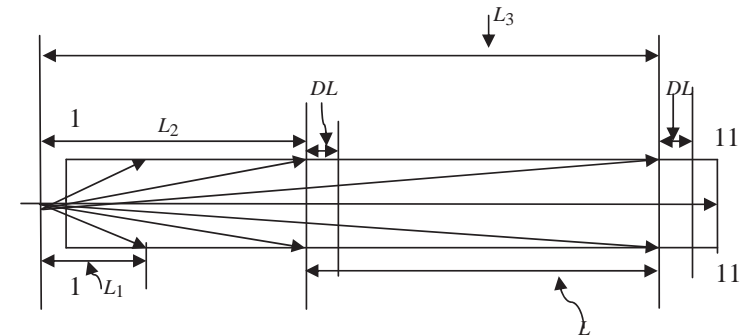


Рис.1

Решение задачи выполняется в 4 этапа.

На первом этапе – определяется величина потерь энергии через входное отверстие ( $w_0$ ) при нулевом значении  $q$ . Для случая  $D \gg d$  получен тривиальный результат – эти потери определяет закон Стефана – Больцмана, и они равны:

$$w_0 = 5,67 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot T_0^4 \cdot 10^{-8} / 4 \text{Вт}, \quad (0)$$

где  $d$  измеряется метрами.

Второй этап – это определение интенсивности распределения поступающей энергии по длине трубы (на её стенку) и количества энергии, непосредственно поступающей в сечение 11-11.

Очевидно, что расстояние от сечения 1-1 до точки пересечения крайнего луча со стенкой коллектора равно –  $((D - d/2)/\tan(\beta/2))$ . Доля поступающей энергии ( $dw$ ) на участок внутренней поверхности коллектора,

расположенный между двумя сечениями, которые удалены одно от другого на расстояние -  $l$  будет равна:

$$dw = q^* \cdot (1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}) / (1 - 1/(1 + (D/l_2)^2)^{1/2}) - (1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}) / (1 - 1/(1 + (D/l_3)^2)^{1/2}), \quad (1)$$

Из (1), в частности, следует, что доля прямой лучевой энергии ( $Dw_{11-11}$ ), поступившей через входное отверстие, которая, не касаясь стенок коллектора, выходит через сечение 11-11, составляет:

$$Dw_{11-11} = q^* \cdot (1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}) / (1 - 1/(1 + (D/l_2)^2)^{1/2}) - (1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}) / (1 - 1/(1 + (D/L + (d/2)/\text{tg}(\beta/2))^2)^{1/2}), \quad (2)$$

где  $L$  длина коллектора.

Третий этап – определение характеристики взаимного лучевого теплообмена между участками внутренней поверхности трубы в зоне действия уравнения (1), взаимодействия этого участка с поверхностью торцевого участка (сечение 1-1), с поверхностью участка  $l_1$  и входным отверстием.

Для составления уравнения теплового равновесия, рассматриваем теплообмен между двумя одинаковыми элементарными кольцами внутренней поверхности (Рис.1). Расстояние между центрами этих колец –  $l$ .

На кольцо с более высокой температурой (кольцо, расположенное на рисунке слева) выбираем элементарную площадку второго порядка малости, с размерами –

$dl * r * d\varphi$ , где  $\varphi$  - угловая координата точки на внутренней поверхности коллектора,  $r = D/2$ . Считаем, что средняя линия данной элементарной площадки совпадает с нижней линией образующей цилинд-

рической поверхности коллектора, которая находится в плоскости рисунка. Для этой линии  $\varphi=0$ . На втором кольце выбираем элементарную площадку таких же размеров. Координаты центра этой площадки –  $(l, r, \varphi)$ . Причем,  $\varphi$  может принимать любое значение в диапазоне от нуля до  $\pi$ . На основании изложенных выше допущений можем считать, что передача тепловой мощности от первой элементарной площадки ко второй за счет лучеиспускания, в соответствии с законом Стефана – Больцмана и законом Ламберта, будет определяться равенством:

$$dW = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) * \sin(\varphi/2) * \tan(\varphi/4) * \sin\theta * dl * r * d\varphi / (2 * \pi * R^2), \quad (3)$$

где:  $R = (l^2 + (2 * r * \sin(\varphi/2))^2)^{1/2}$ ,  $\sin\theta = 2 * r * \sin(\varphi/2) / R$ ,  $T_1$  и  $T_2$ , соответственно температуры первого и второго участка в градусах Кельвина.

Интегрирование правой части уравнения (3) по  $\varphi$  в пределах от нуля до  $\pi$  дает значение мощности, которую передает элементарная площадка половине элементарного кольца, принимающего эту энергию. В полученном после интегрирования выражении величины  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $r$ ,  $l$  и  $dl$  – постоянные. Поэтому интегрирование этого выражения (после его удваивания) по всему элементарному кольцу даст значение элементарной мощности ( $Dw$ ), которую это кольцо передает другому аналогичному элементарному кольцу, находящемуся от него на расстоянии  $l$ .

$$Dw = 4 * 5,67 * 10^{-8} * (T_1^4 - T_2^4) * \left( \int_0^\pi \frac{\sin^2(\varphi/2) * \tan(\varphi/4) * D\varphi}{(L^2 + (4R^2 \sin^2(\varphi/2))^2)^{3/2}} \right) \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает и теплообмен между элементарными площадками рассмотренного участка с аналогичными элементарными кольцами участка  $l_1$ . Но в этом случае (при использовании численных методов получения результатов) следует выяснять: какое из рассматриваемых элементарных колец, которые обмениваются между собой энергией, имеет большую температуру.

Теплообмен рассматриваемого участка с торцевым участком (сечение 1-1) определяется выражением, которое получается в результате установления теплообмена между элементарным кольцом внутренней поверхности коллектора и элементарной шайбой торцевой поверхности (ось симметрии шайбы совпадает с осью коллектора) и последующего интегрирования в границах внутренней поверхности коллектора.

Пусть внутренний радиус элементарной шайбы равен  $r_0$ , а её внешний радиус -  $r_0 + dr_0$ . На этой шайбе вырезаем элементарную площадку второго порядка малости --  $r_0 * d\varphi * dr_0$ . Координаты этой площадки –  $(0, r_0, \varphi)$ . Аналогично,  $\varphi$  может принимать любое значение в диапазоне от нуля до  $\pi$ . Как и в предыдущем случае, рассматриваем элементарную площадку элементарного кольца внутренней поверхности коллектора. Размер этой площадки –  $r * d\varphi * dl$ . Считаем, что средняя линия данной элементарной площадки совпадает с нижней линией образующей цилиндрической поверхности коллектора, которая находится в плоскости рисунка. Для этой линии  $\varphi=0$ . Координаты центра этой площадки –  $(l, r, 0)$ .

На основании изложенных выше допущений можем считать, что передача тепловой мощности от первой элементарной площадки ко второй  $Dw_T$  за счет лучеиспускания, в соответствии с законом Стефана – Больцмана и законом Ламберта, будет определяться равенством:

$$Dw_T = (5,67/2\pi) * 10^{-8} * (T_1^4 - T_2^4) * r^2 * dr_0 * d\varphi * dl * (H * \cos(\varphi) / G^3) \quad (6)$$

где:

$$G = \sqrt{l^2 + r_0^2 + R^2 - 2r_0 * R * \cos(\varphi)},$$

$$H = \sqrt{r_0^2 + R^2 - 2r_0 * R * \cos(\varphi)}.$$

Интегрирование данного выражения по элементарному кольцу дает следующее значение теплообмена между элементарной площадкой шайбы и элементарным кольцом:

$$D_T w = 5,67 * 10^{-8} * (T_1^4 - T_2^4) * r^2 * dr_0 * d\varphi * dl * \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi. \quad (7)$$

Теплообмен между элементарным кольцом и элементарной шайбой  $Dw$  определяет следующая зависимость:

$$Dw = 2 \pi * 5,67 * 10^{-8} * (T_1^4 - T_2^4) * r^2 * dr_0 * dl * \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi \quad (8)$$

Теплообмен между элементарным кольцом и площадью торца  $Dw_1$  определяет следующая зависимость:

$$Dw = 2 \pi * 5,67 * 10^{-8} * (T_1^4 - T_2^4) * r^2 * dr_0 * dl * \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi. \quad (9)$$

$$Dw = 2 \pi * 5,67 * 10^{-8} * r^2 * dl * \int_r^d (T_1^4 - T_2^4) * r_0 * \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi * dr_0 \quad (10)$$

Мощность теплообмена между торцевой площадкой и боковой стенкой коллектора  $Dw$  определяет следующее уравнение:

$$Dw = 2 \pi * 5,67 * 10^{-8} * r^2. \quad (11)$$



$$\int_0^L \int_r^d (T_1^4 - T_2^4) * R_0 * \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi * dr * dl$$

Уравнение (11) позволяет определить и мощность лучей, которые исходят из боковой стенки и проходят (потери) через входное отверстие. Только, в этом случае интегрирование по  $r$ , осуществляется не в пределах от  $r$  до  $d$ , а в пределах от  $d$  до нуля. Кроме того значение  $T_2$ , в данном случае, можно положить равным нулю.

Четвертый этап.

В уравнении (4)  $T$  является искомой функцией от  $l$ . Для её определения можно использовать уравнение баланса энергии:

$$q = q_1 + q_2, \quad (12)$$

где:  $q_1$  – мощность, теряемая через входное отверстие,  $q_2$  – мощность лучевого потока, проходящего через сечение 11 – 11. А для этого необходимо определить закономерности лучевого теплообмена участка  $l_1$  с остальными участками внутренней поверхности коллектора. Эти вычисления можно выполнить, по приведенной методике, используя уравнения (3) – (11).

В заключение приводим описание предлагаемой конструкции теплохранилища. Схема теплохранилища (разрез через центр теплохранилища) представлена на рисунке 2.

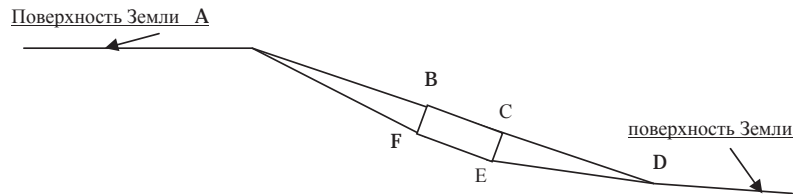


Рисунок 2

На рисунке точками ABCDEF обозначена линия границы теплохранилища, на которой находится теплоизоляция. Прямоугольник BCEF – это ядро теплохранилища, в котором сосредоточена раскаленная масса. Линия AFED – граница земной поверхности с теплохранилищем. На внешней стороне круга, диаметром которого является линия AD, размещены рефлекторы, от неподвижного фокуса которых, лучи поступают во внутреннюю часть (полость) теплохранилища по коллекторам. Расчету транспортной способности которых

посвящалась предыдущая часть данной статьи. Полостью является (за исключением ядра) вся внутренняя часть теплохранилища. Вся внутренняя поверхность полости имеет высокий коэффициент отражения. Благодаря этому и увеличивающейся (в направлении ядра) высоте полости, попавшие в полость лучи достигают ядра. Внутри ядра может находиться парогенератор, режим работы которого регулируется мобильной теплоизоляцией размещенной между ядром и парогенератором. Мобильная теплоизоляция находится и меж-

ду ядром и полостью. Эта теплоизоляция включается при снижении температуры полости ниже температуры ядра. Форму полости поддерживают легкие внутренние конструкции, внешняя поверхность которых имеет теплоизоляцию, а внутренняя часть снабжена системой охлаждения проточной водой. Указанная мера ( в высокотемпературной среде) повышает прочность конструкции и исключает температурные деформации.

Оценим эффективность нашей системы. Допустим диаметр AD равен 2000м, среднесуточное поступление солнечной энергии - 200Вт/м<sup>2</sup>. При выполнении наших условий мощность электростанции, совмещенной с теплохранилищем, будет определяться формулой:

$$W = \pi * q * D^2 * K_1 * K_2 * K_3 / 4.$$

Где  $q$  – среднесуточное поступление солнечной энергии на 1 м<sup>2</sup> поверхности круга (в нашем случае  $q = 200 \text{Вт/м}^2$ ),  $D$  – диаметр круга (в нашем случае  $D = 2000 \text{м}$ ),  $K_1$  – отношение площади живого сечения лучевого потока, которую перехватили рефлекторы, к площади живого сечения лучевого потока поступающего на площадь круга (принимаяем  $K_1 = 0,9$ ),  $K_2$  – коэффициент полезного действия рассматриваемой системы (в нашем случае  $K_2 = 0,75$ ),  $K_3$  – КПД электростанции. Назначить КПД можно, опираясь на опыт атомной энергетики. Где КПД = 0,3 при рабочей температуре пара 700°С. В нашем случае, можно обеспечить (с сохранением уровня безопасности) более высокий уровень рабочей температуры. Поэтому считаем возможным заложить в будущий проект

КПД = 0,35. Таким образом, для нашего случая

$$W = 3,14159 * 200 \text{Вт/м}^2 * (2000 \text{м})^2 * 0,9 * 0,75 * 0,35 / 4 = 148,44 \text{МВт}.$$

Причем, эта энергия ценна не только чистотой энергетического источника. Она ещё обладает хорошим свойством мобильности перехода на требуемый режим (в силу простоты регулирования мощности – управление мобильной изоляцией). Разумеется, гидроаккумулирующие станции значительно превосходят по этому показателю наш вариант, но они потребляют энергию, а мы будем её только производить.

#### Задачи дальнейших исследований

- практическая апробация и усовершенствование существующих технологий ввода сконцентрированного лучевого потока в малое отверстие с обеспечением заданного направления вхождения лучей;
- вывод базовых уравнений для определения потерь энергии из входного отверстия для произвольного значения степени черноты внутренней поверхности коллектора;
- разработка компьютерных программ для численного решения задач по определению оптимальных параметров коллекторов
- проведение аналогичных теоретических исследований для коллектора с увеличивающимся (по направлению хода лучей) диаметром.
- выполнение исследований по определению капитальных затрат на изготовление необходимого оборудования и строительство данной системы.

**Выводы**

Основными факторами, обеспечивающими эффективность коллекторов, является высокое значение отражающей способности внутренней поверхности этих коллекторов и их оптимальный продольный профиль (форма внутренней поверхности).

**Литература.**

1. Грищенко Ю. И. Оптико-механические и структурно фазовые поверхности гелиоустройств / Ю. И. Грищенко. – К. : Наукова думка, 1987.
2. Грищенко Ю. И. Регулирование оптических параметров воздействием окружающей среды / Ю. И. Грищенко. – К. : Наукова Думка. 1988.
3. Кикоин И.А. Таблицы физических величин. Атомиздат. М. 1976.

Предложенная технология может оказаться конкурентноспособной и заслуживает более полного исследования. Во всяком случае, авторы намерены продолжать оговоренные выше исследования.

УДК 504:620.9

**К ВОПРОСУ О ЛЕЕРНОЙ  
ЭНЕРГЕТИКЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ  
ВЕТРЫ БОЛЬШИХ ВЫСОТ**

Лапшин Ю.С.

Экологическая академия последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины.

Ул. Митрополита Василя Липковского, 35, 03035, г. Киев

deabgd@mail.ru

Работа является продолжением серии статей по разработке новых ветроэнергетических технологий совместно сотрудниками академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины, СП «Ланко» и Национального кременчугского университета. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (5000м) с помощью воздушного змея/аэростата. Ожидается высокая эффективность этих технологий для случаев, когда среднегодовая скорость ветра приземного слоя (высота – до 10м) не превышает 5м/с, что особенно актуально для большей части территории Украины. Отражены исследования по определению параметров леера равнопрочного сечения, сформулирована математическая задача установления параметров леера, гарантирующих надежность его работы. Вывод дифференциального уравнения, отражает напряженное состояние леера. Приводятся результаты расчетов по определению веса леера для некоторых вариантов конструкции. *Ключевые слова:* леер, крыло-аэростат, ветросиловая установка, система управления состоянием конструкции.

*До питання про леєрні енергетичні, використовуються вітри великій висоті. Лапшин Ю.С.* Робота є продовженням серії статей з розробки нових вітроенергетичних технологій спільно співробітниками Кадем післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України, СП «Ланко» та Національного кременчугського університету. Суть цих технологій - використання енергії вітру великих висот (5000м) за допомогою повітряного зм'я / аеростата. Очікується висока ефективність цих технологій для випадків, коли середньорічна швидкість вітру приземного шару. (Висота - до 10м) не перевищує 5м / с, що особливо актуально для більшої частини території України. Відображені дослідження з визначення параметрів леєра равнопрочного перетину, сформульована математична задача встановлення параметрів леєра, що гарантують надійність його роботи. Висновок диференціального рівняння, відображає напружений стан леєра. Наводяться результати розрахунків по визначенню ваги леєра для деяких варіантів конструкції. *Ключові слова:* леєр, крило-аеростат, вітросилова установка, система управління станом конструкції.

*On the leyerni power, high altitude winds used. Lapshin Y.S.* The work is a continuation of a series of articles on the development of new wind energy technology co Kadem staff and postgraduate education department of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, JSC "links" and Kremenchug National University. The essence of these technologies - wind energy high altitudes (5000m) via a kite / balloon. Is a high efficiency of these technologies where average annual wind speed of the surface layer. (Height - up to 10m) is less than 5m / s, which is very important for most of the territory of Ukraine. Displayed study to determine the parameters of Leers full strength intersection formulated mate-matic task settings to be Leers, guaranteeing