

Н. Б. РЕКАНТ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ СТАНЦИИ НА ОПЫТНОМ ОТРАЖАТЕЛЕ

Как сообщалось в [1] в Энергетическом институте АН СССР разработана схема солнечной тепловой станции (СТС), основанная на принципе концентрации лучистой энергии, отраженной от многих плоских отражателей на один общий гелиокотел. На рис. 1 показана схема СТС. Принятая методика расчета оптической части станции основана на геометрических построениях. В связи с этим появилась необходимость построить и испытать отражатель станции в натуральную величину, для исследования интегрального коэффициента отражения отражателя в целом и потерь в атмосфере на рассеяние и поглощение при передаче лучистой энергии на различные расстояния. Опыт-

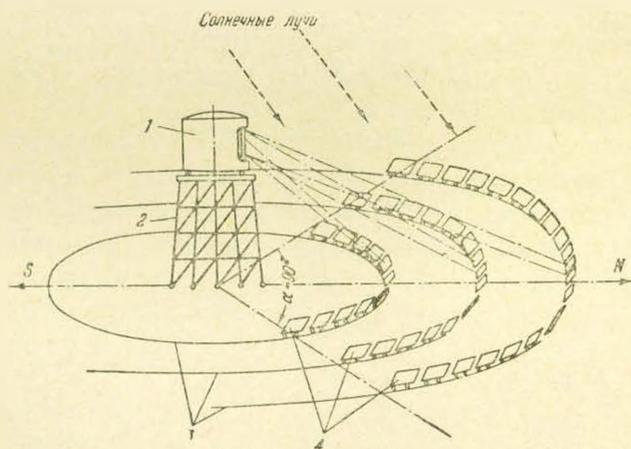


Рис. 1. Схема солнечной тепловой станции. 1. Паровой котел; 2—башня; 3—рельсовые пути; 4—отражатели.

ный отражатель был спроектирован республиканским проектным институтом при Совете Министров Армянской ССР. Изготовление и монтаж отражателя производились на заводах г. Еревана.

Отражатель в собранном виде показан на рис. 2. Габаритные размеры отражателя равны  $3 \times 5$  м<sup>2</sup>. Отражающая поверхность образована 28-ю плоскими стеклянными зеркалами, размером 750×720. Каждое отдельное зеркало крепилось к стальной рамке. Последняя присое-

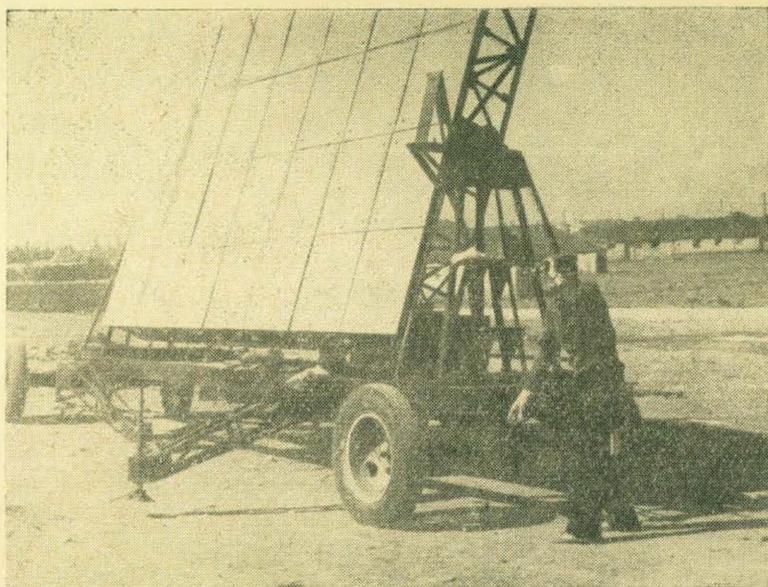


Рис. 2. Опытный отражатель.

д нягласі к каркасу чатырма юстировочнымі болтамі, позволяючымі рэгуляваць становішча зеркала. Прыёмнікам адражэннай радыяцыі служыў плоскі экран, памерам  $5 \times 9 \text{ м}^2$ , вярчальны вакол мачты, заделанай у бетонны фундамент. Паверхня экрана была разбіта на 81 клетку.

Іспытання адражателя праводзіліся ў Эчмядзіне на тэрыторыі колхоза ім. Микояна. Юстировка адражателя, т. е. прывядзенне ўсех адначасных зеркал у адну плоскасць, праймавалася метадам паслядоўнага наложения адначасных выяваў. Вначале ўсе зеркала на адражателе былі пакрыты слоём мела. Очишчаючы паадрэдка па адным зеркалу, яго паварачвалі з дапамогай юстировочных болтаў да тых пар, пака цэнтр выяваў ад гэтага зеркала не пападаў на адрэдкаванае месца экрана.

Ва ўрамя іспытанняў, адражатель ўстаўляўся на розных адстанках ад экрана, а імянна 50, 100, 150, 217, 258 і 373 м. Адначасна, з дапамогай тэодоліта адрэдкавалася напраўленне прамой, саўдзянаючай цэнтр адражателя з цэнтрам экрана, т. е. напраўленне адражэннага луча. Непадвільнасць выяваў на экране падтрымлівалася медленнаў вярчальнем рукоўяток зенітальнага і азімутальнага прыводаў адражателя.

Ізмерення інтэнсіўнасці падаючай сонечнай радыяцыі і інтэнсіўнасці адражэннай радыяцыі ў плоскасці выяваў праймаваліся дзвума аднатыпнымі пратаріраванымі акцінаметрамі, з пачцінаметрамі класа 0,1. Для ўдаўства ізмерення адражэннай радыяцыі, на экране было зроблена спецыяльнае прысаўбавленне, з дапамогай ко-

торого оптическая ось актинометра устанавливалась параллельно отраженным лучам.

Во время испытаний отражателя, через каждые 5 минут, замерялась прямая солнечная радиация. В различных точках экрана измерялась отраженная радиация. При расстояниях от отражателя до экрана  $< 250$  м каждая клетка дополнительно разбивалась на четыре части, в центре которых и проводились замеры. При больших расстояниях замеры производились только в центрах больших клеток. При расстояниях до 150 м положение изображения на экране можно было хорошо контролировать невооруженным глазом. При больших расстояниях приходилось пользоваться полевым биноклем. Во время испытаний тележка не передвигалась по круговому пути, а вращалась вокруг некоторой вертикальной оси. Вследствие этого, в процессе испытания был практически исследован весь диапазон действительных положений отражателя в поезде с тем различием, что плоскость экрана оставалась все время нормальной к отраженным лучам.

Зная положение отражателя и значение прямой солнечной радиации, можно определить энергию упавшую на отражатель.

$$Q_{пад} i = E_{иср} F_3, \quad (1)$$

$E_{иср}$  — средняя за время испытания прямая солнечная радиация на перпендикулярную поверхность ккал/м<sup>2</sup> час;

$i$  — угол между падающим лучем и нормалью к отражателю;

$F_3 = 15$  м<sup>2</sup> — площадь отражателя;

$i$  определяется из соотношения

$$\cos 2i = \cos \alpha \cosh, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — угол между горизонтальными проекциями прямого и отраженного лучей;

$h$  — высота стояния солнца, определяемая по известному уравнению;

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \varphi \cos \delta \cos kt; \quad (3)$$

$\varphi$  — широта местности (для Эчмиадзина  $\varphi = 40^\circ 11'$ );

$\delta$  — склонение солнца;

$kt$  — часовой угол, исчисленный в среднесолнечное время с учетом уравнения времени.

Для вычисления  $\alpha$  приходилось определять азимут солнца  $a$  по уравнению

$$\sin a = \frac{\sin \delta \sin kt}{\cosh}. \quad (4)$$

Графическое изображение хода лучей показано на рис. 3.

Для каждой серии испытаний, продолжительностью от 30 мин. до 1 часа, принималось среднее значение  $\cos i$  за данное время. Суммирование результатов замеров интенсивности радиации, по клеткам экрана, дает общую энергию, упавшую на экран равную:

$$Q_0 = f_{кл} \Sigma E_{отр. ср} \quad (5)$$

где  $E_{отр. ср}$  — интенсивность отраженной радиации в каждой клетке экрана, приведенная к средней за время испытания падающей радиации и выраженная в ккал/м<sup>2</sup> час;

$f_{кл}$  — площадь клетки экрана.

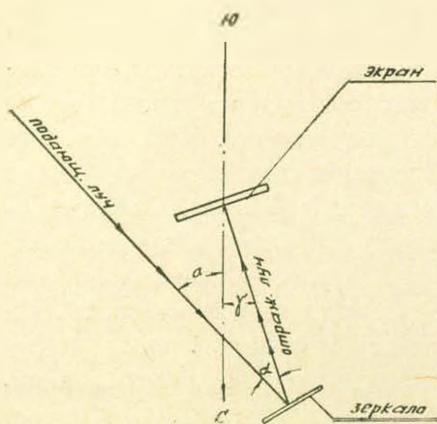


Рис. 3. Ход прямого и отраженного лучей.

$$\text{Отношение } \frac{Q_0}{Q_{пад i}} = R_0 \quad (6)$$

дает интегральный коэффициент отражения для всего отражателя.

Из партии зеркал, установленных на отражатель, были вырезаны образцы, условно названные «эталонными» и по принятой в ЭНИН-е методике [2] определен средний коэффициент отражения  $R_э$  при нормальном падении лучей. Этот коэффициент оказался равным  $0,68 \pm 0,005$ .

В таблице 1 приведены результаты определения интегрального коэффициента отражения отражателя  $R_0$  при различных расстояниях до экрана.

Таблица 1

Расстояние до экрана $M$	Средний интегральный коэффициент отражения для отражателя $R_0$	Средний коэффициент отражения эталонного зеркала $R_э$
50	0,692	0,680
100	0,691	
150	0,680	
217	0,670	
258	0,672	
373	0,679	

Для наглядного графического изображения распределения энергии при отражении были построены кривые равной интенсивности.

Пользуясь кривыми равной интенсивности, можно определить площадь изображения  $F_{п}$ , среднюю и максимальную концентрации отраженной радиации в плоскости экрана —  $C_{ср}$ ;  $C_{max}$ .

В табл. 2 даны эти величины.

Анализируя данные табл. 2 можно установить, что распределение отраженной энергии имеет максимум интенсивности в центре изображения. С увеличением расстояния до экрана изображение больше приближается к кругу и распределение энергии более равномерное. Средняя и максимальная концентрация отраженной энергии уменьшаются с увеличением расстояния до экрана.

Имея размер изображения на экране, положение в пространстве отражателя, а также высоту солнца можно определить среднюю угловую ошибку оптической системы.

Таблица 2

Расстояние до экрана $\mu$	$F_{\Pi}$ $\mu^2$	$C_{\text{ср}} = \frac{F_3 \cos i R_0}{F_{\Pi}}$	$C_{\text{max}} = \frac{E_{\text{отр. max}}}{E_{\text{лср}}}$
50	21,8	0,447	1,18
100	29,6	0,330	0,94
150	37,5	0,242	0,70
217	48,0	0,158	0,53
258	70,0	0,135	0,48
373	100,0	0,085	0,27

При этом было принято, что середина отражателя и середина изображения находятся в одной горизонтальной плоскости и отраженный от центра зеркала луч нормален к экрану. По нашим подсчетам максимальная величина угловой ошибки  $\varphi = 1^\circ$ .

Результаты исследований, проведенных с опытным отражателем, показали, что примененная методика измерения радиации, отраженной от группы зеркал удаленных от плоскости замера, позволяет решить вопрос о характере передачи лучистой энергии на расстояния порядка 300—400  $\mu$ ; передача лучистой энергии солнца от полированных стеклянных зеркал происходит без практически заметных потерь в атмосфере; угловая ошибка отражателя в целом может быть принята  $\varphi \approx 1^\circ$ . Размер изображения на экране получается достаточно близким к расчетному.

### Ն. Բ. ՌԵԿԱՆՏ

ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ԿԱՅԱՆԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ  
ՓՈՐՁՆԱԿԱՆ ԱՆԴՐԱԴԱՐՁԻՉԻ ՎՐԱ

### Ա մ փ ո փ ու մ

Փորձնական անդրադարձիչի վրա կատարված հետազոտության արդյունքները ցույց են տալիս, որ չափման հարթությունից հեռու գտնվող հայելիների խմբից անդրադարձվող ճառագայթման չափման համար օգտագործված մեթոդիկան թույլ է տալիս լուծելու 300—400 մ հեռավորության վրա ճառագայթաչին էներգիայի հաղորդման բնութագրի հարցը:

Հղված ապակե հայելիներից արևային ճառագայթաչին էներգիայի հաղորդումը միջուրտում տեղի է ունենում գործնականորեն աննկատելի կորուստներով: Անդրադարձիչի անկյունային սխալը ամբողջությամբ վերցված կարելի է ընդունել  $\varphi \approx 1^\circ$ : Էլիբանի վրա պատկերի չափը ստացվում է հաշվայինին բավականաչափ մոտ:

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баум В. А., Апариси Р. Р. и Гарф Б. А., Солнечные установки большой мощности. „Журн. Теплоэнергетика“, № 6, 1956.
2. Гарф Б.А., Бороздина М. С. и Рекант Н.Б., Исследование отражающих поверхностей солнечных установок. Сб. тр. „Использование солнечной энергии“, М., 1957.